

پژوهش‌های حبوبات ایران

ISSN (print): 2980-793X
ISSN (online): 2783-5367

نشریه علمی - دوفصلنامه
دانشگاه کشاورزی و دانشگاه فردوسی مشهد

سال (دوره) ۱۶، شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۴ - شماره پیاپی: ۳۱



با همکاری



انجمن فیزیولوژی گیاهی ایران



دانشگاه صنعتی امیرکبیر



دانشگاه تربیت مدرس



دانشگاه شهید باهنر کرمان



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان



واحد علوم و تحقیقات



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایلام

- تأثیر کم آبیاری بر عملکرد و صفات مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های امیدبخش لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط اقلیمی استان زنجان ۳
سیده سودابه شبیری، علی اکبر اسدی
- تأثیر کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و روش‌های مهار علف‌های هرز بر عملکرد و نسبت برابری زمین ۲۳
سارا سادات مؤذنی، ابراهیم ایزدی دربندی، کمال حاج محمدنیا قالی باف
- بررسی تغییرات جمعیت و تعیین پیک شب پره غلاف‌خوار (*Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) در مزارع لوبیا *Phaseolus vulgaris* Linnaeus توسط تله‌های فرمونی ۳۹
صدیقه اشتری
- ارزیابی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی در اراضی شالیزاری ۵۷
محمد ربیعی، سجاد شاکرکوهی
- کارایی مدیریت شیمیایی علف‌های هرز پهن برگ نخود (*Cicer arietinum* L.) پاییزه ۷۳
مژگان ویسی، مهدی مین باشی معینی، سپیده حاتمی، محمد صالح منصوری
- بررسی اثر پرایم بذر با سولفات روی، بر فتوسنتز و اجزای عملکرد دو رقم لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم آبی ۹۷
سارا رئیسی بیدکانی، محمد جواد زارع
- بررسی تأثیر آرایش کاشت و کاربرد علف کش بر جمعیت علف‌های هرز و عملکرد نخود ۱۱۹
حسین نجفی، سهیلا پورحیدر غفاری، غلامرضا قهرمانیان، آژنگ جاهدی
- پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris*) با استفاده از آماره‌های ناپارامتری و روش چند متغیره تجزیه AMMI ۱۳۳
امین نامداری، پیام پزشکیپور، محمد برزعلی، اصغر مهربان، امیر میرزایی، مصطفی حق پناه
- بررسی مقایسه ای ارزش زراعی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) رقم نگین متقاضی تجاری شدن ۱۴۷
بابک درویشی، سامان شیدائی، محمدرضا جزایری نوش-آبادی، مصطفی شاکری
- ارزیابی صفات مختلف برخی ژنوتیپ‌های لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط آب‌وهوایی ایلام ۱۶۵
فاطمه کمری، زهرا طهماسبی
- بررسی پاسخ نخود (*Cicer arietinum* L.) دیم به سطوح مختلف کود نیتروژن در مناطق سردسیر ۱۷۹
یاسر عظیم‌زاده، آرش محمدزاده، حمید حسینیان خوشرو، غلامرضا قهرمانیان
- کمی‌سازی اثرات پرایمینگ بذر با پتاسیم سیلیکات بر صفات جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تنش شوری با استفاده از مدل‌های تجربی ۱۹۵
قیس فهد حسین، علی حاتمی، علیرضا تاب، نبیل رحیم لهمود، سمیه حاجی‌نیا

پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی-دوفصلنامه

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

با مجوز شماره ۸۸/۶۱۲۴ مورخ ۱۳۸۸/۰۸/۲۵ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
و درجه علمی پژوهشی به شماره ۳/۱۱/۳۷۸۵ مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۱۷ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
(بر اساس مصوبه وزارت عتف، از سال ۱۳۹۸، تمامی نشریات دارای درجه «علمی-پژوهشی»، به نشریه «علمی» تغییر نام یافتند).
* این نشریه، از اول تیرماه سال ۱۳۸۹، به‌طور منظم و در قالب دوفصلنامه، منتشر می‌شود. *

سال (دوره) ۱۶، شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۴ - شماره پایانی: ۳۱

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول: دکتر محمد کافی
سر دبیر: دکتر احمد نظامی
مدیر اجرایی: مهندس حسن پُرسا
هیأت تحریریه:

دکتر احمد ارزانی
دکتر هادی استوان
دکتر علیرضا افشاری‌فر
دکتر علی ایزدی دربندی
دکتر نادرعلی بابائیان جلودار
دکتر عبدالرضا باقری
دکتر سیدحسین صباغ‌پور
دکتر محمد کافی
دکتر سرالله گالشی
دکتر محمد گلوی
دکتر علی گنجعلی
دکتر ناصر مجنون حسینی
دکتر حسین معصومی
دکتر سعید ملک‌زاده شفارودی
دکتر احمد نظامی

استاد ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه صنعتی اصفهان)
استاد حشره‌شناسی (دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز)
استاد بیماری‌های گیاهی (دانشگاه شیراز)
دانشیار ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک (دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان)
استاد ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری)
استاد ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد اصلاح نباتات (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان)
استاد فیزیولوژی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد زراعت (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)
استاد زراعت (دانشگاه زابل)
استاد فیزیولوژی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد زراعت و اصلاح نباتات (پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران)
استاد گیاه‌پزشکی (دانشگاه شهید باهنر کرمان)
استاد ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

ویراستار: مهندس حسن پُرسا (ویراستار علمی)
دکتر محمد بنایان اول (ویراستار چکیده مبسوط انگلیسی)
همکاران این شماره: دکتر فهیمه فیضی

این نشریه در قالب تفاهم‌نامه همکاری میان دانشگاه فردوسی مشهد با دانشگاه‌های صنعتی اصفهان، تربیت مدرس، شهید باهنر کرمان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد شیراز و علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و با هدف گسترش همکاری‌های علمی و پژوهشی منتشر می‌شود.

برخی از پایگاه‌هایی که این نشریه در آن‌ها نمایه می‌شود:



نشانی:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دفتر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴، تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۳ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۷۸۷-۴۲۰ (۰۵۱)
پست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir
تارنما: <http://ijpr.um.ac.ir>

مندرجات

صفحه	مقالات پژوهشی
۳	تأثیر کم آبیاری بر عملکرد و صفات مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های امیدبخش لوبیا چیتی (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) در شرایط اقلیمی استان زنجان سیده سودابه شبیری، علی اکبر اسدی
۲۳	تأثیر کشت مخلوط کنجد (<i>Sesamum indicum</i> L.) و لوبیا (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) و روش‌های مهار علف‌های هرز بر عملکرد و نسبت برابری زمین سارا سادات مؤذنی، ابراهیم ایزدی دربندی، کمال حاج محمدنیا قالی باف
۳۹	بررسی تغییرات جمعیت و تعیین پیک شب‌پره غلاف‌خوار (<i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera:Noctuidae) در مزارع لوبیا <i>Phaseolus vulgaris</i> Linnaeus توسط تله‌های فرمونی صدیقه اشتری
۵۷	ارزیابی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد باقلا (<i>Vicia faba</i> L.) تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی در اراضی شالیزاری محمد ربیعی، سجاد شاکرکوهی
۷۳	کارآیی مدیریت شیمیایی علف‌های هرز پهن‌برگ نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.) پاییزه مژگان ویسی، مهدی مین‌باشی معینی، سپیده حاتمی، محمد صالح منصوری
۹۷	بررسی اثر پرایم بذر با سولفات روی، بر فتوسنتز و اجزای عملکرد دو رقم لوبیا چشم‌بلبلی (<i>Vigna unguiculata</i> L.) تحت تنش کم‌آبی سارا رئیسی بیدکانی، محمد جواد زارع
۱۱۹	بررسی تأثیر آرایش کاشت و کاربرد علف‌کش بر جمعیت علف‌های هرز و عملکرد نخود حسین نجفی، سهیلا پورحیدر غفاری، غلامرضا قهرمانیان، آژنگ جاهدی
۱۳۳	پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس (<i>Lens culinaris</i>) با استفاده از آماره‌های ناپارامتری و روش چند متغیره تجزیه AMMI امین نامداری، پیام پزشکپور، محمد برزعلی، اصغر مهربان، امیر میرزایی، مصطفی حق پناه
۱۴۷	بررسی مقایسه‌ای ارزش زراعی لوبیا چیتی (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) رقم نگین متقاضی تجاری شدن بابک درویشی، سامان شیدائی، محمدرضا جزایری نوش‌آبادی، مصطفی شاکری
۱۶۵	ارزیابی صفات مختلف برخی ژنوتیپ‌های لوبیا (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) در شرایط آب‌وهوایی ایلام فاطمه کمری، زهرا طهماسبی
۱۷۹	بررسی پاسخ نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.) دیم به سطوح مختلف کود نیتروژن در مناطق سردسیر یاسر عظیم‌زاده، آرش محمدزاده، حمید حسینیان خوشرو، غلامرضا قهرمانیان
۱۹۵	کمّی‌سازی اثرات پرایمینگ بذر با پتاسیم سیلیکات بر صفات جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد باقلا (<i>Vicia faba</i> L.) تحت تنش شوری با استفاده از مدل‌های تجربی قیس فهد حسین، علی حاتمی، علیرضا تاب، نبیل رحیم لهماود، سمیه حاجی‌نیا



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86391.1079>

The Effect of Deficit Irrigation on Yield and Its Related Traits in Promising Chiti Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes under Zanzan Province Climatic Condition

Seyedeh Soudabeh Shobeiri¹, Ali Akbar Asadi^{1*}

Received: 22-01-2024

Revised: 21-02-2024

Accepted: 04-04-2024

Available Online: 12-11-2024

Cite this article:

Shobeiri, S. S., & Asadi, A. A. (2025). The effect of deficit irrigation on yield and its related traits in promising chiti bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under Zanzan province Climatic condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 1-19. (In Persian with English Abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86391.1079>

Introduction

Given that successive droughts, particularly recent ones, have impacted most regions of Iran, drought stress is recognized as one of the major challenges for crop production in the country's arid and semi-arid regions. Beans grow in a wide range of areas that are subject to seasonal droughts and wide fluctuations in soil moisture in different years. Nevertheless, drought stress causes a significant decrease in bean seed yield, and the amount of yield decrease is different depending on the time, stress intensity and studied genotype. Due to environmental conditions in areas where bean cultivation is common, water deficit may occur more than once during the crop growth cycle. In addition, when a dry period (two to three weeks) occurs, especially during flowering, yield reduction will be significant. Drought-adapted cultivars in beans require less water for irrigation and thus help conserve water resources. Despite the desire of farmers to maximize the use of irrigation to increase production in dry and semi-arid conditions, even in the absence of water restrictions, excessive irrigation is not logical; therefore, in such a situation, the efficiency of water consumption in the farm should be optimized. Deficit irrigation is an optimization strategy that purposefully allows the plant to tolerate some degree of deficit irrigation and reduced yield. Several studies show that lack of irrigation causes a significant decrease in the number of seeds, seed weight, number of fertile pods, number of seeds in pod, seed yield, biological yield and harvest index. Of the two main components of seed yield (seed number and seed weight), seed number shows higher sensitivity to water deficit. In this regard, in this research, it has been tried to evaluate the effects of drought stress on yield and yield components in 16 genotypes and cultivars of chiti beans and determine the genotypes with optimal yield under water limitation conditions.

Materials and Methods

In order to investigate the effects of deficit irrigation on some phenological and yield traits of chiti beans, 14 promising chiti bean genotypes obtained from breeding programs along with Sadri and Kosha control cultivars, in two consecutive crop years from 2022 to 2023, at Kheirabad Zanzan Research Station, in two conditions normal irrigation (irrigation cycle of 5 days) and deficit irrigation (irrigation cycle of 9 days) were investigated. The experiment was performed at both conditions and in both years, as basic of complete randomized blocks design with 3 replications. Combined variance analysis and mean comparisons were performed and simple correlation coefficients between traits and stepwise regression analysis of traits affecting grain yield in both irrigation conditions were calculated.

Results and Discussion

Variance analysis showed that there was a significant difference between the 5 and 9 day irrigation cycles in the number of plants per plot and the number of pods per plant at the 1% level, and in the plant height and yield at the 5% level. There was significant difference between genotypes in terms of all the studied traits (except the number of plants in plot) at the probability level of 1%. Irrigation cycle of 9 days decreased plant height, seed yield and its components including number of pods per plant, number of seeds per pod and 100 seed weight. G8, G10, G14 and G15 genotypes had the highest and G13 and G2 genotypes had the lowest seed yield. Correlation analysis showed that in irrigation cycles of 5 and 9 days, there is the highest relationship between seed yield and the number of pods per plant. On the

1- Zanzan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanzan, Iran

* Corresponding Author: asadipm@gmail.com



other hand, in the 5-day irrigation cycle, the number of pods per plant, the number of seeds per pod, and the 100 seed weight, and in the 9-day irrigation cycle, only the number of pods per plant were included in the regression model and had the greatest impact on seed yield.

Conclusions

The number of pods per plant, the number of seeds per pod and the 100 seed are considered the most important components affecting seed yield and by justifying the large amount of changes in seed yield, they can be used as important traits to improve bean yield in breeding programs in different conditions. Therefore, G8 genotype with the highest number of pods per plant and high weight of 100 seeds can be introduced as a favorable genotype for cultivation in dry conditions.

Keywords: Bean, Correlation analysis, Irrigation cycle, Regression analysis



تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و صفات مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های امیدبخش لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط اقلیمی استان زنجان

سیده سودابه شبیری^۱، علی اکبر اسدی^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۶

چکیده

جهت بررسی اثرات کم‌آبیاری بر برخی از صفات فنولوژیک و زراعی لوبیا چیتی و انتخاب ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب در شرایط محدودیت آبی، ۱۴ ژنوتیپ امیدبخش لوبیا چیتی حاصل از برنامه‌های اصلاحی در دو سال زراعی متوالی ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ به همراه ارقام شاهد صدری و کوشا در ایستگاه تحقیقات خیرآباد زنجان در دو شرایط آبیاری نرمال (دور آبیاری پنج روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری نه روز) مورد بررسی قرار گرفتند. بین دوره‌های آبیاری پنج و نه روز، در صفات تعداد بوته در کرت و تعداد غلاف در گیاه در سطح یک درصد و در صفات ارتفاع بوته و عملکرد در سطح پنج درصد و بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر تمامی صفات مورد مطالعه (به جز تعداد بوته در کرت) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. دور آبیاری نه روز باعث کاهش ارتفاع گیاه، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه شد. ژنوتیپ‌های G8، G10، G14 و G15 دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های G2 و G13 دارای کمترین عملکرد بودند. تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه مهم‌ترین اجزاء مؤثر بر عملکرد دانه بودند و با توجه میزان زیادی از تغییرات موجود در عملکرد، می‌توانند برای بهبود عملکرد لوبیا در برنامه‌های اصلاحی جهت شرایط مختلف محیطی قابل توجه باشند. ژنوتیپ G8 با دارا بودن بیشترین تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه بالا می‌تواند به عنوان ژنوتیپ مطلوب جهت کشت در شرایط نرمال و کم‌آبیاری معرفی شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیون، تجزیه همبستگی، دور آبیاری، لوبیا

مقدمه

نوسانات گسترده رطوبت خاک در سال‌های مختلف قرار دارند، رشد می‌کند (Pessarakli, 2001). تنش رطوبتی در نواحی خشک با میزان بارش سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر، نیمه‌خشک با میزان بارش سالانه ۲۵۰-۵۰۰ میلی‌متر و یا مناطق نیمه‌مرطوب با میزان بارش سالانه ۱۵۰۰-۵۰۰ میلی‌متر رخ می‌دهد (Stephens, 1994). در این مناطق، هر جا که تولید لوبیا به الگوهای نامنظم توزیع بارش بستگی داشته باشد، کمبود آب ممکن است بیش از یک بار در طول چرخه رشد محصول رخ دهد. شدت و طول مدت تنش، تعیین‌کننده درجه کاهش عملکرد نسبت به پتانسیل محصول است. علاوه بر این، هنگامی که یک دوره خشکی (دو تا سه هفته) مخصوصاً در زمان گل‌دهی اتفاق افتد، کاهش عملکرد قابل توجه خواهد بود. ارقام سازگار به خشکی در لوبیا، جهت آبیاری به آب کم‌تری نیاز دارند و در نتیجه، به حفاظت از منابع طبیعی کمک می‌کنند. تنش رطوبتی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه لوبیا می‌شود و مقدار کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد مطالعه متفاوت است (Frahm et al., 2004). جرمن و تران

لوبیا یکی از منابع تأمین پروتئین گیاهی در تغذیه مردم کشور بوده و در مناطق مختلف استان زنجان نیز کشت می‌شود. سطح زیر کشت لوبیا در استان زنجان در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ حدود ۱۲۱۰۵ هکتار، میزان تولید آن حدود ۳۴۵۱۱ کیلوگرم با متوسط عملکرد ۲۸۵۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Agricultural statistics for the year 2018-2019). به دلیل ارزش غذایی لوبیا به‌ویژه پروتئین بالای آن (۲۳-۱۸ درصد)، ارزش اقتصادی و مزیت نسبی آن در صادرات، توجه به اصلاح این گیاه و تولید ارقام برتر از اهمیت زیادی برخوردار است (Dorri et al., 2017).

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید لوبیا در سراسر جهان می‌باشد (Teran & Sing, 2002). باین حال، لوبیا در بخش وسیعی از مناطقی که در معرض خشکی‌های فصلی و

۱- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

(asadipm@gmail.com)

*- نویسنده مسئول:

کشت گیاهان و ژنوتیپ‌های متحمل می‌تواند بسیار مؤثر باشد (Vafabakhsh et al., 2012). هرچند کشاورزان تمایل دارند که از حداکثر آب برای آبیاری جهت افزایش تولید استفاده کنند، در شرایط آب‌وهوایی خشک و نیمه‌خشک، حتی در شرایط عدم محدودیت آب نیز آبیاری زیاد منطقی نیست؛ بنابراین در چنین شرایطی باید کارایی مصرف آب را در مزرعه بهینه کرد (Moutonnet, 2002). کم‌آبیاری یک راهبرد بهینه‌سازی است. در این روش، به گیاه به‌صورت هدفمند اجازه داده می‌شود تا در جاتی از کم‌آبی و کاهش عملکرد را تحمل کند (English & Raja, 1996). کم‌آبیاری به‌عنوان روشی برای بهینه کردن افزایش مصرف آب و کاهش هزینه، همراه با تحمل تنش متوسط آب، بدون و یا با کاهش جزئی در عملکرد و کیفیت گیاه، در مناطق خشک و نیمه‌خشک پذیرفته شده است (Ghorbanli et al., 2013) و می‌تواند جهت دستیابی به تولید بیشتر در محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد استفاده قرار گیرد (Habibi et al., 2006). در بررسی اثر کم‌آبیاری بر ژنوتیپ‌های لوبیا مشخص شد که تعداد و وزن دانه، تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت کاهش معنی‌داری در شرایط کم‌آبیاری نشان می‌دهند، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در رژیم آبیاری تأمین ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، از ژنوتیپ C.O.S.16 به دست آمد، درحالی‌که این ژنوتیپ در شرایط تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی، موفق به تولید دانه نشد و در این سطح آبیاری ژنوتیپ KS21486 بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. همچنین نتایج نشان داد که از دو جزء اصلی عملکرد دانه (تعداد دانه و وزن دانه)، تعداد دانه حساسیت بالاتری به کمبود آب داشت و در اثر کاهش میزان آب آبیاری با شدت بیشتری نسبت به وزن دانه کاهش نشان داد. در اثر کاهش میزان آب، عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک با شدت بیشتری کاهش یافت و به تبع آن، شاخص برداشت ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز کمتر شد (Karimzadeh et al., 2017).

یکی از راهکارهای کاهش هزینه تولید لوبیا در کشور، مصرف بهینه آب است و با توجه به اینکه استان زنجان جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده و با مشکل کمبود آب به‌خصوص در فصل تابستان مواجه است، می‌توان با انتخاب مناسب‌ترین دور آبیاری در زراعت لوبیا گام مؤثری در جهت استفاده بهینه از منابع آبی موجود برداشت. در همین راستا، در این تحقیق کوشش شده است که اثرات تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزاء عملکرد در ۱۶ لاین و رقم لوبیا چیتی ارزیابی و

(German & Teran, 2006) بیان داشته‌اند که خشکی باعث کاهش عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن دانه لوبیا می‌شود. ارقامی که بیشترین عملکرد را تحت شرایط تنش داشتند، دارای بیشترین تعداد غلاف و دانه در بوته بودند. علت تفاوت عملکرد دانه ارقام تحت شرایط تنش، بیشتر ناشی از مقاومت در توزیع مواد خشک در شرایط تنش بود. تنش کم‌آبی، عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، زیست‌توده اندام هوایی، روز تا پر شدن دانه و رسیدگی، شاخص برداشت، طول دوره پر شدن دانه، هدایت روزنه‌ای و محتوای آب نسبی برگ را به‌طور معنی‌داری در لوبیا کاهش می‌دهد (Ramirez-Vallejo & Kelly, 1998). تنش خشکی متوسط تا شدید می‌تواند زیست‌توده، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد روز تا رسیدگی، شاخص برداشت، عملکرد دانه و وزن دانه لوبیا را کاهش دهد (Ramirez-Vallejo & Kelly, 1998). با بررسی آبیاری محدود بر روند رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاچیتی مشخص شد که با تشدید کمبود آب، عملکرد دانه به‌طور چشمگیری کاهش خواهد یافت و در این راستا، با افزایش شدت تنش، درصد پوشش سبز، سرعت رشد محصول، تولید ماده خشک و سرعت رشد نسبی نیز کاهش می‌یابند (Khoshvaghti et al., 2008). همچنین در تحقیقی دیگر با بررسی تنش خشکی در ارقام لوبیا چیتی مشخص شد که مراحل گل‌دهی، غلاف‌بندی و پر شدن دانه، بیشترین واکنش را به تنش خشکی نشان دادند و تنش در مرحله غلاف‌بندی باعث کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به سایر مراحل شد (Faramarzi et al., 2008). از طرف دیگر، تنش خفیف خشکی در هر دو مرحله رویشی و زایشی موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود و عملکرد دانه حاصل از شرایط تنش در مرحله رویشی، کمتر از عملکرد دانه حاصل از شرایط تنش در مرحله زایشی به رطوبت وابسته بود (Nasirzadeh et al., 2008). کمبود آب باعث عدم تکامل ساختارهای زایشی یا ریزش آن‌ها در لوبیا شده و تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته را کاهش می‌دهد (Singh, 2007).

با توجه به اینکه خشک‌سالی‌های متوالی به‌ویژه خشک‌سالی‌های اخیر اغلب مناطق ایران را تحت تأثیر قرار داده است، تنش خشکی به‌عنوان یکی از چالش‌های تولید گیاهان زراعی در کشور و حتی دیگر مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان شناخته شده است (Ebadi et al., 2016). ایران با متوسط بارندگی سالیانه ۲۶۰ میلی‌متر جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب شده و نیمی از اراضی قابل کشت کشور در این مناطق قرار دارند و زراعت لوبیا در این مناطق می‌تواند با محدودیت آب مواجه شود. بنابراین، استفاده از روش‌هایی برای استفاده درست از منابع آب موجود ازجمله استفاده از روش‌های کم‌آبیاری و

عملکرد در هکتار اندازه‌گیری شد. در صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف میانگین پنج بوته در نظر گرفته شد.

با استفاده از آزمون‌های بارتلت و F ماکس هارتلی، یکنواختی واریانس خطای آزمایشی ارزیابی گردید. برای این منظور، تجزیه واریانس ساده صفات در هر سال و هر دور آبیاری به‌صورت جداگانه انجام شد. در پایان دوره دوساله و به‌منظور بررسی اثر متقابل سال $\times$ ژنوتیپ، تجزیه واریانس مرکب بر روی داده‌ها انجام شد. میانگین صفات توسط آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار LSD در سطح پنج درصد مقایسه شدند. از تحلیل کوواریانس برای حذف اثر متغیر مداخله‌گر (تعداد بوته) استفاده شد تا عملکرد دانه با دقت بیشتری برآورد شود. سپس ضرایب همبستگی ساده بین صفات و مدل رگرسیون گام‌به‌گام صفات مؤثر بر عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری محاسبه شدند. از عامل تورم واریانس VIF برای تعیین وجود چند هم‌خطی و ارزیابی ضعف یا قوت ضرایب رگرسیون استفاده شد. به‌منظور درک بهتر روابط بین صفات، ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تجزیه شدند (Dewey & Lu, 1959). تمام تجزیه‌های آماری توسط نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شدند.

نتایج و بحث

با استفاده از واریانس خطاهای آزمایشی محاسبه شده برای صفات مختلف در دوره‌های آبیاری پنج روز و نه روز و در دو سال، یکنواختی واریانس خطای آزمایشی ارزیابی گردید. برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، F ماکس هارتلی و برای صفات تعداد بوته در کرت، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد تست بارتلت معنی‌دار شدند. این دو تست برای بقیه صفات غیرمعنی‌دار بودند، بنابراین می‌توان داده‌های مربوط به دو دور آبیاری در دو سال مورد بررسی برای بقیه صفات را یکنواخت ارزیابی کرد (جدول ۴). بهتر است از چند آزمون برای تست غیریکنواختی واریانس‌ها استفاده کرد و در صورت معنی‌دار نبودن حتی یکی از روش‌ها نتیجه‌گیری شود که واریانس‌های اشتباه‌های درون تیماری یکنواخت می‌باشند (Valizadeh & Moghadam, 2010)؛ بنابراین برای صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد می‌توان یکنواختی واریانس‌های درون تیماری را در نظر گرفت.

ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب در شرایط محدودیت آب تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات کم‌آبیاری بر روی برخی از صفات فنولوژیک و زراعی لوبیا چیتی، ۱۴ ژنوتیپ امیدبخش لوبیا چیتی حاصل از برنامه‌های اصلاحی (جدول ۱) در دو سال زراعی متوالی ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ به همراه ارقام رایج منطقه (صدری و کوشا) در ایستگاه تحقیقات خیرآباد زنجان در دو شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری مورد بررسی قرار گرفتند. اعمال کم‌آبیاری پس از استقرار کامل گیاهچه و در مرحله سومین سه برگ‌های لوبیا صورت گرفت. در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری، دور آبیاری براساس پنج روز و نه روز یک بار بود. آزمایش‌ها در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم پائیزه و بهاره، دیسک و استفاده از لولر بود. قبل از کاشت برای مبارزه با علف‌های هرز از سم ترفلان به‌میزان دو لیتر در هکتار استفاده شد. کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) قبل از کاشت به زمین آزمایش داده شد. بر این اساس، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۸۰ کیلوگرم در هکتار پتاس از منبع سولفات پتاسیم قبل کاشت، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در دو مرحله و در نهایت، اسید هیومیک به‌میزان ۴ کیلوگرم در هکتار همراه با آب آبیاری استفاده شد. بذور ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی (تهیه شده از ایستگاه تحقیقات حبوبات خمین) قبل از کاشت با سم قارچ‌کش کاربوکسین تیرام با دز دو در هزار ضدعفونی شدند. شرایط دمایی و میزان بارندگی در طی دو سال مورد بررسی در جدول ۳ نشان داده شده است. بذور هر ژنوتیپ در یک کرت شامل چهار ردیف به‌طول چهار متر با فواصل بین ردیف ۵۰ و فواصل بوته در روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. در طول مرحله رشد، علاوه‌بر مراقبت‌های زراعی معمول از قبیل وجین علف‌های هرز و سم‌پاشی علیه آفت کنه (پروپارزیت به‌میزان دو لیتر در هکتار طی دو مرحله)، یادداشت‌برداری‌های لازم از صفاتی مانند تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدن، فرم بوته، تعداد بوته در کرت، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف انجام گردید. پس از برداشت محصول، وزن ۱۰۰ دانه و

جدول ۱- ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی مورد مطالعه در دو شرایط نرمال و کم‌آبیاری

Table 1- Chiti bean genotypes studied under normal and low irrigation conditions

کد Code	ژنوتیپ Genotype	منشأ ژنوتیپ Genotype origin
G1	KS21500	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G2	KS21538	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G3	KS21565	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G4	KS21563	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G5	KS21597	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G6	KS21600	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G7	KS21601	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G8	KS21606	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G9	KS21607	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G10	KS21492	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G11	KS21255	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G12	KS21184	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G13	TAYLOR	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G14	KS21495	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G15	Sadri (Check)	مرکز زنجان Zanjan
G16	Kosha (Check)	مرکز زنجان Zanjan

جدول ۲- مشخصات خاک مزرعه محل اجرای آزمایش

Table 2- Specifications of the soil of the field where the experiment was carried out

درصد اشباع	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	واکنش گل اشباع	مواد خنثی شونده (%)	کربن آلی Organic carbon	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت Texture
Saturation percentage	Electrical conduction (dS.m ⁻¹)	Saturated mud reaction	Neutralizing substances (%)		Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
46	0.61	7.4	4.7	0.54	34	46	20	Silty loam

جدول ۳- شرایط دمایی و میزان بارندگی در طی دو سال انجام آزمایش در طول دوره رشد

Table 3- Temperature and rainfall during the two years of the experiment during the growth period

	سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
	Years	April	May	June	July	August	September
دما	2021-2022	8.8	12.5	28.6	16.5	23.5	18.9
Temperature	2022-2023	9.9	13.7	29.9	16.9	25.4	21.7
بارندگی	2021-2022	14.2	30.9	3.1	0	13.4	0
Rain	2022-2023	36.5	53.3	15.7	1.8	13.2	0.1

جدول ۴- واریانس خطاهای آزمایشی در دوره‌های مختلف آبیاری در دو سال زراعی و آزمون‌های F_{max} هارتلی و بارتلت برای ارزیابی یکنواختی واریانس‌ها

Table 4- Variance of experimental errors in different irrigation cycle in two crop years and F_{max} Hartley and Bartlett's tests to evaluate the uniformity of variances

وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	تعداد بوته در کرت	ارتفاع بوته	روز تا رسیدن	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	سال	دور آبیاری
100-seed weight	Yield	Seed per pod	Pod per Plant	Plant per plot	Plant height	Days to maturity	Days to 50% flowering	Years	Irrigation Cycles
5.73	375629.4	0.28	1.08	429.15	86.82	24.4	0.92	2021-2022	دور آبیاری پنج روز
4.56	216975.8	0.168	1.17	316.93	90.94	22.91	0.77	2022-2023	5-DIC
5.29	290793.9	0.24	1.76	362.17	45.01	36.06	0.73	2021-2022	دور آبیاری نه روز
3.42	282658.4	0.22	1.47	275.68	51.7	43.24	1.2	2022-2023	9-DIC
1.67	1.73	1.67	1.37	1.55	2.01	1.89	18.89**		ماکس هارتلی F_{max} Hartley
15.88**	8.31*	2.08	5.19	7.68*	2.59	3.55	1.64		تست بارتلت Bartlett's test

5-DIC: دور آبیاری پنج روز، 9-DIC: دور آبیاری نه روز

5-DIC: 5-day Irrigation Cycle, 9-DIC: 9-day Irrigation Cycle

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد

** and *: significant at the level of 1% and 5%, respectively

است (Mohammadi et al., 2017). وجود تنوع بالای برای کلیه صفات مورد مطالعه در بین ژنوتیپ‌های لوبیا و مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، اطلاعات ارزشمندی را درباره اثرات مختلف محیط بر عملکرد و ارزیابی پایداری عملکرد ارقام لوبیا فراهم می‌کند (Becker & Leon, 1988). اثرات متقابل دوگانه ژنوتیپ × سال برای اکثر صفات (به جز تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سال‌های آزمایش بود. معنی‌دار بودن اثرات متقابل دوگانه ژنوتیپ × سال، نشان‌دهنده ناپایداری صفات ژنوتیپ‌های مختلف در سال‌های مختلف است. به عنوان مثال، معنی‌دار بودن ژنوتیپ در سال برای صفت ارتفاع بوته نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مختلف در سال‌های مختلف ارتفاع یکسانی را ندارند که با توجه به شرایط مختلف اقلیمی (از قبیل میزان بارش، پراکندگی بارش، دمای هوا و ...) در سال‌های مختلف،

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۵) نشان داد که بین دوره‌های آبیاری پنج و نه روز در صفات تعداد بوته در کرت و تعداد غلاف در گیاه در سطح یک درصد و در صفات ارتفاع بوته و عملکرد در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. لازم به ذکر است که آزمون F بر مبنای امید ریاضی با در نظر گرفتن ژنوتیپ به عنوان عامل ثابت و دوره‌های آبیاری و سال به عنوان عامل متغیر انجام گرفت. بین سال‌های مورد مطالعه از نظر صفات تعداد روز تا رسیدگی و عملکرد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۵). بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر تمامی صفات مورد مطالعه (به جز تعداد بوته در کرت) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. معنی‌دار شدن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها بیانگر تنوع ژنتیکی بالا در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد نظر می‌باشد. تفاوت معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها و ارقام برای بیشتر صفات عملکردی و زراعی در ژنوتیپ‌های لوبیا گزارش شده

منطقی به نظر می‌رسد. بنابراین، به نتایج حاصل از اثرات متقابل ژنوتیپ در سال اشاره نشده است.

تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدن

دور آبیاری نه روز، به ترتیب باعث افزایش دو و سه روز در تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدن شد، ولی این اختلافات معنی‌دار نبود (جدول ۶). همچنین شرایط اقلیمی سال دوم باعث کاهش معنی‌دار و شش روزه در تعداد روز تا رسیدن شد (جدول ۷). ژنوتیپ‌های G1, G2, G3, G4 دارای کمترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و ژنوتیپ‌های G9, G1, G5 و G2 دارای کمترین تعداد روز تا رسیدن بودند (جدول ۸). البته با توجه به میانگین‌ها مشاهده می‌شود که اکثر ژنوتیپ‌ها اختلاف چندانی از نظر طول دوره گل‌دهی تا رسیدن نداشتند، ولی در برخی دیگر مانند G13 و G9 این وضعیت متفاوت است، به صورتی که علی‌رغم تعداد روز تا گل‌دهی کمتر، متوسط‌ترس (G13) و یا با تعداد روز تا گل‌دهی متوسط، زودرس (G9) بودند. از طرف دیگر، ژنوتیپ‌های G11 و G12 با ۱۱۳ روز تا رسیدن، دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند. مرحله بحرانی و حساس رشد به کمبود رطوبت، گل‌دهی و اوایل غلاف‌بندی است که به ترتیب ۴۰ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۶۰ درصد از فصل رشد را در بر می‌گیرد. در دوره‌های قبل از گل‌دهی و پس از رسیدگی غلاف‌ها، لوبیا نسبتاً به خشکی متحمل است. در این زمان‌ها لوبیا می‌تواند ۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش آب خاک را بدون تأثیر قابل توجه بر عملکرد تحمل کند، ولی در طول گل‌دهی و نمو غلاف‌ها، رطوبت خاک در منطقه ریشه نباید بیش از ۵۰ درصد (ترجیحاً ۴۰ درصد) تخلیه شود تا از کاهش عملکرد جلوگیری گردد (Salehi, 2015).

ارتفاع بوته

دور آبیاری نه روز باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد (جدول ۶). کاهش ارتفاع بوته لوبیا چیتی در اثر شرایط تنش خشکی در آزمایش‌های دیگری نیز تأیید شده است (Hasheme-Jazi & Danesh, 2004). به دلیل اینکه در شرایط تنش خشکی، فشار تورژسانس سلول‌های ساقه که در حال ازدیاد طول می‌باشند، کاهش می‌یابد و از طرفی، تولید مواد اصلی فتوسنتز نیز کم می‌شود، لذا طول میان‌گره‌های ساقه و در نتیجه، ارتفاع بوته تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Emam & Nycnejad, 2004). افزایش ارتفاع بوته لوبیا چیتی در شرایطی که منجر به ایجاد تعداد شاخه‌های فرعی بیش‌تر شده و تعداد بیش‌تری

غلاف و دانه در غلاف تولید شود، ارزشمند است. علت آن، کاهش رقابت درون و برون گونه‌ای برای استفاده از آب و مواد غذایی ذکر شده است (Mohammadi et al., 2005). بین سال‌های مورد مطالعه نیز تفاوتی از نظر ارتفاع بوته مشاهده نشد (جدول ۷). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز ژنوتیپ‌های G1, G2, G3, G4 دارای کمترین میزان ارتفاع بودند و از نظر تیپ رشدی می‌توان این ژنوتیپ‌ها را به عنوان ژنوتیپ‌های تیپ ۱ معرفی کرد (جدول ۸).

تعداد غلاف در بوته

دور آبیاری نه روز باعث کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته شد، به طوری که میانگین تعداد غلاف از ۱۰/۸۸ در دور آبیاری پنج روز به ۸/۲۱ در دور آبیاری نه روز کاهش یافت (جدول ۶). به طور کلی، می‌توان بیان کرد که تنش آبی می‌تواند موجب کاهش تعداد غلاف در بوته در گیاه لوبیا شود (Bonanno & Mack, 1983). تعداد غلاف یکی از مهم‌ترین اجزاء عملکرد دانه در تعیین عملکرد لوبیا است که به صورت ژنتیکی بوده است، ولی تحت تأثیر شرایط محیطی به ویژه گرما و خشکی نیز قرار می‌گیرد (Salehi, 2015). در نخود به حساسیت تعداد غلاف در بوته نسبت به تنش خشکی اشاره شده است. کاهش فراهمی مواد فتوسنتزی یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته است، زیرا تعداد غلاف در تنش خشکی بحرانی بوده و عاملی مهم برای کاهش عملکرد دانه خواهد بود (Singh et al., 1987). از طرف دیگر، کاهش میزان آب آبیاری با افزایش ریزش در غلاف‌ها نیز همراه خواهد بود که در سویا (*Glycin max* L.) و لوبیا گزاش شده است و می‌تواند سبب کاهش تعداد غلاف در بوته شود. این ریزش می‌تواند به کاهش پتانسیل آب و افزایش تجمع در اندام‌های زایشی نسبت داده شود (Salehi, 2015). قابل ذکر است که تعداد غلاف در گیاه می‌تواند علاوه بر اثر مستقیم، به طور غیرمستقیم و از طریق تعداد دانه در بوته بر عملکرد تأثیر بگذارد. در تحقیقی دیگر مشخص شد که اعمال تنش خشکی بعد از شروع مرحله تشکیل غلاف با کاهش تشکیل و همچنین افزایش ریزش غلاف‌ها در بدو تشکیل دانه در گیاه نخود همراه است (Behboudian et al., 2001). بین سال‌های مورد مطالعه نیز اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد غلاف در بوته مشاهده نشد (جدول ۷). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز بیشترین تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ‌های G8, G15, G7 و G4 و کمترین تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ‌های G2, G13, G16 و G11 مشاهده شد (جدول ۸).

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب صفات لوبیا چیتی در دوره‌های آبیاری و سال‌های مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مورد نظر
Table 5- Combined analysis of variance for chiti bean genotypes studied traits in different irrigation regimes during experimental years

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares							
		روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد بوته در کرت Plant per plot	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	عملکرد دانه Seed yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight
دور آبیاری Irrigation cycle	1	97.75	1131.02	3579.4*	23320.1**	344**	2.76	21808618.1*	545.4
سال Year	1	128.4	5440**	10.55	800.33	8.76	3.26	32927078.9**	561.7
دور آبیاری × سال Irrigation cycle × year	1	0.13	36.75	112.6	6.75	10.55	0.63	608963.4	75.25
خطای ۱ Error1	8	0.88	53.48	94.6	708.26	3.71	0.068	586888.45	3.56
ژنوتیپ Genotype	15	219.93**	505.1**	9630**	1629.07	43.54**	2.12**	2468597.4**	207.4**
ژنوتیپ × دور آبیاری Genotype × irrigation cycle	15	0.62	9.63	8831	398.12	2.08	0.055	111804.4	2.01
ژنوتیپ × سال Genotype × year	15	39.02**	141**	242.3**	2620.2**	11.63	0.33	883364.6*	22.6**
ژنوتیپ × دور آبیاری × سال Genotype × irrigation cycle × year	15	0.907	22.07	29.66	194.4	4.89	0.13	883364.6	3.73
خطای ۲ Error2	120	0.96	31.4	143.57	346.16	3.802	0.23	291514.4	5.31
ضریب تغییرات CV (%)		2.12	5.56	19.06	8.67	20.42	9.34	21.5	5.5

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد
** and *: significant at the level of 1% and 5%, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی تحت شرایط دوره‌های آبیاری مختلف

Table 6- Mean comparisons of studied traits of chiti beans genotypes under different irrigation cycles

وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد دانه	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	تعداد بوته در کرت	ارتفاع بوته	روز تا رسیدن گل‌دهی	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	دور آبیاری
100-seed weight	Seed yield	Seed per pod	Pod per plant	Plant per plot	Plant height	Days to maturity	Days to 50% flowering	Irrigation cycles
43.61 ^a	2851.4 ^a	5.24 ^a	10.88 ^a	225.5 ^a	67.2 ^a	98.26 ^a	45.08 ^a	دور آبیاری پنج روز 5-DIC
40.24 ^a	2177.4 ^b	5 ^a	8.21 ^b	202.7 ^b	58.86 ^b	101.11 ^a	46.95 ^a	دور آبیاری نه روز 9-DIC

5-DIC: 5-day Irrigation Cycle, 9-DIC: 9-day Irrigation Cycle

5-DIC: 5-day Irrigation Cycle, 9-DIC: 9-day Irrigation Cycle

در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

In each column, the numbers with common letters do not have a significant difference at the 1% level based on LSD test

5-DIC: 5-day Irrigation Cycle, 9-DIC: 9-day Irrigation Cycle

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سال در صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی

Table 7- Comparison of means of the crop years in chiti bean cultivars on the investigated traits

وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	تعداد بوته در کرت	ارتفاع بوته	روز تا رسیدن گل‌دهی	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	سال
100-grain weight	Yield	Seed per pod	Pod per plant	Plant per plot	Plant height	Days to maturity	Days to 50% flowering	Years
43.63 ^a	2928.5 ^a	5.25 ^a	9.76 ^a	216.5 ^a	63.11 ^a	106 ^a	46.72 ^{a*}	2022-2023
40.22 ^a	2100.3 ^b	4.99 ^a	9.32 ^a	211.7 ^a	62.64 ^a	95.4 ^b	45.3 ^a	2021-2022

* در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

* In each column, the numbers with common letters do not have a significant difference at the 1% level based on LSD test

تعداد دانه در غلاف

بین دو دور آبیاری از نظر تعداد دانه در غلاف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در شرایط مختلف محیطی، تعداد دانه در غلاف باثبات‌ترین جزء عملکرد در حبوبات محسوب می‌شود، زیرا در یک ژنوتیپ معین تعداد سلول‌های تخم در همه تخمدان‌ها تقریباً برابر است (Koocheki & Banayane Avval, 1994). باین‌حال، بروز تنش خشکی موجب کاهش تولید ماده خشک در گیاه شده و متعاقب آن تعدادی از دانه‌های تولید شده، سقط می‌گردد. هرچند، اختلاف کم این شاخص در تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد که تعداد دانه در غلاف بیشتر تحت تأثیر ژنوتیپ می‌باشد و کم‌آبیاری تأثیر چندانی بر آن ندارد. این نتایج در نخود (*Cicer arietinum* L.) (Ghasemi Golezani et al., 1997) و لوبیا (Boutraa & Sanders, 2001) نیز گزارش شده است. البته ممکن است تنش شدید خشکی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف نیز شود. تنش‌های محیطی از طریق ایجاد محدودیت در تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه‌ها،

تعداد دانه در غلاف را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Mendham & Salisbury, 1995). تعداد دانه در غلاف از اجزاء مهم عملکرد دانه در لوبیا است که به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود، ولی تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد (Salehi, 2015). از نظر این صفت بین دو سال مورد مطالعه نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). بیشترین تعداد دانه در غلاف در ژنوتیپ‌های G2، G1، G16 و G5 و کمترین تعداد دانه در غلاف در ژنوتیپ G9 مشاهده شد (جدول ۸).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای صفت عملکرد دانه نشان می‌دهد (جدول ۵) که بین دوره‌های آبیاری، سال‌ها و ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. از طرف دیگر، تفاوت موجود بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت تعداد بوته در کرت (علی‌رغم معنی‌دار نبودن)، یکسان نبودن تعداد بوته موجود در هر واحد آزمایشی را نشان می‌دهد و حاکی از آن است که تفاوت ژنوتیپ‌های

عملکرد دانه، شاخص برداشت نیز در تیمارهای تحت تنش کاهش می‌یابد (Gebeyehu, 2006). افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و نیز دوام آن باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی، باعث افزایش تولید ماده خشک شده می‌شود (Bayat et al., 2010b). مقایسه بین میانگین عملکرد تعدیل شده ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که ژنوتیپ‌های G8، G10، G14 و G15 دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های G13 و G2 دارای کمترین عملکرد دانه بودند (جدول ۱۰). با توجه به اجزاء عملکرد ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا مشخص می‌شود که این ژنوتیپ‌ها دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته و تاحدودی وزن ۱۰۰ دانه بالاتر نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها هستند. ارقام لوبیا از نظر مقدار تجمع ماده خشک در شرایط تنش خشکی، تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند (Rosales-Serna et al., 2004). ارقام مقاوم به خشکی ممکن است بازده بالاتری در تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به سمت دانه‌ها داشته باشند (Samper & Adams, 1985). در آزمایشی روی چهار رقم لوبیا مشخص شد که کم‌آبی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و محتوای آب نسبی برگ را کاهش می‌دهد و البته شدت این کاهش در همه ارقام یکسان نیست (Rosales-Serna et al., 2002). در همین زمینه، تفاوت‌های ژنوتیپی زیادی در مقاومت به خشکی در لوبیا گزارش شده است (Abebe et al., 1998).

وزن ۱۰۰ دانه

تجزیه کوواریانس نشان داد که تنها اثر ژنوتیپ معنی‌دار بوده و متغیر کمکی (کواریت) معنی‌دار نیست (جدول ۹). مقایسه‌های میانگین نشان داد که دور آبیاری ۳ نه روز باعث کاهش غیرمعنی‌دار در وزن ۱۰۰ دانه شد (۴۳/۶۱ گرم در شرایط دور آبیاری پنج روز در مقابل ۴۰/۲۴ گرم در دور آبیاری ۳ نه روز). وزن ۱۰۰ دانه از اجزاء مهم عملکرد دانه در لوبیا است که به صورت ژنتیکی کنترل می‌شود، ولی تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد (Salehi, 2015). تنش خشکی با تحت تأثیر قرار دادن درجه باز شدن روزنه‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کلونین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش دهد (Pessarakli, 2001) و از این راه، به طور مستقیم موجب کاهش وزن ۱۰۰ دانه (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) شود (Sylspur et al., 2006). بنابراین، کاهش وزن ۱۰۰ دانه در تیمار تنش خشکی را می‌توان به تسریع پیری گیاه و کاهش ظرفیت فتوسنتزی (Salehi, 2015) و پدید آمدن دانه‌های چروکیده با وزن کمتر مربوط دانست. البته در این بررسی،

آزمایشی در برخی از صفات مانند عملکرد دانه و وزن ۱۰۰ دانه، ممکن است علاوه بر پتانسیل ذاتی هر ژنوتیپ، تحت تأثیر تعداد بوته در کرت (تراکم) نیز قرار بگیرد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تغییر در تراکم در کشت لوبیا در وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد مؤثر است (Faraji et al., 2010). میانگین تعداد بوته در کرت نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین تعداد بوته در کرت، به ترتیب به ژنوتیپ‌های G15 با ۲۴۰ بوته و G12 با ۱۹۳ بوته در واحد کرت تعلق داشت. بنابراین، از تجزیه کوواریانس که مدل ادغام شده آنوا (ANOVA) و روش‌های رگرسیونی برای متغیرهای پیوسته است، برای تصحیح مقادیر عملکرد دانه استفاده شد (جدول ۹). تجزیه کوواریانس نشان داد که علاوه بر اثرات دور آبیاری، سال و ژنوتیپ، متغیر کمکی (کواریت) نیز در تجزیه مرکب صفت عملکرد معنی‌دار است (جدول ۹). مقایسه‌های میانگین نشان داد که دور آبیاری ۳ نه روز باعث کاهش عملکرد شد، به طوری که در دور آبیاری ۳ نه روز، کاهشی در حدود ۲۰ درصد در عملکرد دانه وجود داشت (۲۷۵۷/۲۵ در مقابل ۲۲۷۱/۵۲ کیلوگرم). خشکی سبب کاهش در اندازه برگ‌ها، وزن خشک اندام هوایی، شاخص سطح برگ، تعداد برگچه، متوسط سطح برگ و فشار تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌شود. کاهش آماس سلولی اولین اثر خشکی است که موجب می‌شود سرعت رشد محصول و اندازه نهایی آن کاهش یافته و به دنبال آن، سرعت رشد و نمو، رشد ساقه و برگ در اثر کم شدن مقدار واحدهای فتوسنتزکننده، تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن به بخش‌های مختلف کم شده و در نهایت، عملکرد کاهش یابد (Hu et al., 2013). در شرایط کم‌آبی به دلیل آسیب دیدن فرایندهای فیزیولوژیک (فتوسنتز)، تولید گیاه کم می‌شود. کاهش ساخت مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای، به همراه ریزش گل‌ها در اثر تنش کمبود آب، کاهش تعداد غلاف و نابرابری تعداد بیشتری از غلاف‌های تشکیل شده را به دنبال خواهد داشت (Wakrim et al., 2005). دلیل احتمالی دیگر می‌تواند این باشد که در پایان دوره رشد به دلیل کمبود آب قابل دسترس، قدرت انتقال مواد پرورده به دانه کاهش یافته و منجر به افت عملکرد دانه می‌شود. عدم تشکیل دانه یا کاهش شدید آن در تیمارهای کم‌آبیاری شدید در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (Bayat et al., 2010a). علاوه بر تولید ماده خشک، تسهیم مواد پرورده بین اندام مختلف گیاه از نظر عملکرد اقتصادی بسیار مهم است (Chaves et al., 2003) به نظر می‌رسد که در شرایط کم‌آبیاری، عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک با شدت بیشتری کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش شاخص برداشت می‌شود. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که به دلیل تأثیرگذاری خشکی بر

خشکی باعث کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌شود (Lesznyak et al., 2008). به نظر می‌رسد که در شرایط کمبود آب، ابتدا تعداد دانه و در مرحله بعد وزن دانه کاهش می‌یابد، این نتایج توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Karimzadeh et al., 2017). علت این موضوع می‌تواند کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی باشد که باعث کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و باعث کاهش وزن ۱۰۰ دانه در تیمارهای تحت تنش شده باشد (Wakrim et al., 2005). مقایسه بین میانگین‌های تعدیل شده ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که ژنوتیپ‌های G8، G11، G13 و G16 دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های G3، G4 و G7 دارای کمترین وزن ۱۰۰ دانه بودند (جدول ۸).

تسریع پیری در شرایط دور آبیاری نه روز مشاهده نشد، به‌طوری که مدت زمان رسیدن در دور آبیاری پنج روز ۹۸ و در دور آبیاری نه روز ۱۰۱ روز بود (اختلاف غیرمعنی‌دار) که این مغایر با نتایج محققان دیگر است؛ به‌طور کلی، کمبود آب در مراحل رویشی و زایشی همراه با افزایش تراکم به‌علت افزایش رقابت برای آب و مواد غذایی باعث کاهش وزن ۱۰۰ دانه می‌شود. علت این موضوع می‌تواند کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی باشد که موجب کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و باعث تقلیل وزن ۱۰۰ دانه می‌گردد. تأمین آب مورد نیاز و دمای بهینه در حین دوره گل‌دهی باعث حصول عملکرد بالا در گیاه لوبیا می‌گردد. در گیاه نخود فرنگی معلوم شده است که در طی دوره گل‌دهی، تنش

جدول ۸- مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی از نظر صفات مورد مطالعه

Table 8- Comparison of means between chiti bean genotypes in terms of studied traits

ژنوتیپ Genotype	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد بوته در کرت Plant per plot	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	عملکرد دانه (کیلوگرم) Seed yield (kg)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-seed weight (g)
G1	40.58 ^{f*}	93.33 ^{de}	39.92 ^g	206.17 ^{gh}	7.25 ^c	5.67 ^{ab}	2458.1 ^{ad}	41.83 ^{ab}
G2	41.75 ^f	95.58 ^{ce}	37.33 ^g	200.50 ^h	7.08 ^c	5.83 ^a	2084.3 ^{bd}	43.10 ^{ab}
G3	43.92 ^{df}	99.25 ^{ce}	40.92 ^g	219.83 ^d	10.25 ^{ac}	5.17 ^{ce}	2526.5 ^{ad}	34.04 ^d
G4	44.08 ^{df}	98.58 ^{ce}	41.92 ^g	213.5 ^{ef}	11.25 ^{ab}	5.00 ^{de}	2520.7 ^{ad}	34.42 ^{cd}
G5	45.75 ^{af}	95.50 ^{ce}	63.0 ^{ef}	231.67 ^b	8.42 ^{bc}	5.50 ^{ad}	2716.0 ^{ac}	43.67 ^{ab}
G6	40.58 ^f	96.58 ^{ce}	44.92 ^{fg}	211.17 ^{fg}	10.00 ^{ac}	5.08 ^{ce}	2509.6 ^{ad}	43.54 ^{ab}
G7	50.92 ^{ad}	105.50 ^{ad}	50.83 ^{eg}	205.75 ^{gh}	11.50 ^{ab}	5.25 ^{be}	2701.1 ^{ac}	34.29 ^{cd}
G8	46.67 ^{af}	99.25 ^{ce}	57.42 ^{eg}	224.83 ^c	12.50 ^a	5.17 ^{ce}	3372.5 ^a	45.58 ^a
G9	44.42 ^{df}	92.75 ^e	43.75 ^g	220.75 ^{cd}	10.17 ^{ac}	4.08 ^f	2427.4 ^{ad}	44.58 ^{ab}
G10	45.92 ^{af}	107.33 ^{ac}	55.58 ^{eg}	218.42 ^{de}	11.17 ^{ab}	4.75 ^e	3042.0 ^{ab}	42.80 ^{ab}
G11	52.33 ^a	113.67 ^{ac}	110.58 ^{ab}	201.75 ^h	7.67 ^c	4.92 ^e	2234.8 ^{bd}	46.32 ^a
G12	51.83 ^{ab}	113.42 ^{ac}	124.50 ^a	193.58 ⁱ	8.42 ^{bc}	5.00 ^{de}	2022.9 ^{cd}	43.76 ^{ab}
G13	40.42 ^f	98.25 ^{ce}	36.33 ^g	209.25 ^{fg}	7.33 ^c	4.83 ^e	1527.6 ^d	45.03 ^a
G14	51.25 ^{ac}	101.42 ^{be}	95.67 ^{bc}	218.17 ^{de}	10.08 ^{ac}	5.25 ^{bce}	2851.8 ^{ac}	43.48 ^{ab}
G15	49.17 ^{ae}	104.25 ^{ae}	96.83 ^{bc}	240.33 ^a	12.33 ^a	4.83 ^e	3048.2 ^{ab}	39.10 ^{bc}
G16	46.67 ^{af}	96.33 ^{ce}	66.58 ^{ce}	210.17 ^{fg}	7.33 ^c	5.58 ^{ac}	2186.9 ^{bd}	45.33 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

* In each column, the numbers with common letters do not have a significant difference at the 1% level based on LSD test

جدول ۹- تجزیه کوواریانس عملکرد دانه و وزن ۱۰۰ دانه در دوره‌های آبیاری و سال‌های مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 9- Covariance analysis of grain yield and 100 seed weight in irrigation cycles and studied years in studied traits genotypes.

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares	
		عملکرد Yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight
دور آبیاری Irrigation cycle	1	21808618.13*	545.4
سال Year	1	32927078.76**	561.7
دور آبیاری × سال Irrigation cycle × year	1	608963.38	75.25
خطای ۱ Error1	8	586888.45	3.56
ژنوتیپ Genotype	15	2468597.39**	207.39**
ژنوتیپ × دور آبیاری Genotype × irrigation cycle	15	111804.44	2.01
ژنوتیپ × سال Genotype × year	15	883364.58**	22.58**
ژنوتیپ × دور آبیاری × سال Genotype × irrigation cycle × year	15	88635.87	3.72
کوواریت Covariate	1	3032450.5**	9.51
خطای ۲ Error2	119	268481	5.28
ضریب تغییرات CV (%)		18.6	6.71

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

** and *: significant at the level of 1 and 5 percent, respectively

تجزیه همبستگی و رگرسیون

بررسی همبستگی بین صفات مورد بررسی در این تحقیق نشان داد که ارتفاع بوته در هر دو دور آبیاری پنج و نه روز با صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدن همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. همچنین عملکرد دانه نیز در هر دو دور آبیاری پنج روز و نه روز همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد با تعداد غلاف در بوته نشان داد. از طرف دیگر، در هر دو دور آبیاری، تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه همبستگی منفی غیرمعنی‌دار نشان داد (جدول ۱۱). نتایج حاصل با نتایج پژوهش‌های دیگر نیز تا حدودی مطابقت دارد

(Azizi et al., 2001). همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف، وزن غلاف، تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در غلاف توسط امینی (Amini, 1998) گزارش شده است. در ماش (*Vigna radiata* L.) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با روز تا گل‌دهی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت گزارش شده است (Kumar et al., 2002). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در لوبیا صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه نقش مهمی در تعیین عملکرد بوته داشته و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی آن مورد توجه باشند (Liebman et al., 1995).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی از نظر صفات وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه (تصحیح شده)
Table 10- Average comparison between chiti bean genotypes in terms of traits of weight of 100 seeds and grain yield (corrected average)

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه Grain yield (kg.h ⁻¹)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-grain weight (g)
G1	2529.1 ^{abcd*}	41.7 ^{ab}
G2	2153.85 ^{bcd}	42.98 ^{ab}
G3	2480.75 ^{abcd}	34.12 ^d
G4	2529.03 ^{abcd}	34.4 ^{cd}
G5	2569.15 ^{abc}	43.93 ^{ab}
G6	2537.88 ^{abcd}	43.49 ^{ab}
G7	2775.66 ^{abc}	34.16 ^{cd}
G8	3284.03 ^a	45.73 ^a
G9	2373.84 ^{abcd}	44.67 ^{ab}
G10	3008.36 ^{ab}	42.86 ^{ab}
G11	2343.51 ^{bcd}	46.12 ^a
G12	2201.45 ^{cd}	43.44 ^{ab}
G13	1572.26 ^d	44.95 ^a
G14	2820.32 ^{abc}	43.53 ^{ab}
G15	2828.27 ^{ab}	39.49 ^{bc}
G16	2223.76 ^{bcd}	45.27 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

* In each column, the numbers with common letters do not have a significant difference at the 1% level based on LSD test

جدول ۱۱- ضرایب همبستگی بین عملکرد و صفات اندازه‌گیری شده در دوره‌های آبیاری پنج و نه روز
Table 11- Correlation coefficients between yield and traits measured in irrigation cycles of 5 and 9 days

صفات Traits	شرایط Conditions	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف دربوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	عملکرد دانه Seed yield
روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	5-DIC	-					
	9-DIC	-					
روز تا رسیدن Days to maturity	5-DIC	0.77**	-				
	9-DIC	0.74**	-				
ارتفاع بوته Plant height	5-DIC	0.84**	0.75**	-			
	9-DIC	0.82**	0.76**	-			
تعداد غلاف دربوته Pod per plant	5-DIC	0.29	0.13	-0.03	-		
	9-DIC	0.26	0.14	0.01	-		
تعداد دانه در غلاف Seed per pod	5-DIC	-0.16	-0.23	-0.14	-0.44	-	
	9-DIC	0.07	-0.21	-0.08	-0.4	-	
عملکرد دانه Seed yield	5-DIC	0.27	0.03	0.08	0.72**	0.01	-
	9-DIC	0.31	0.03	0.06	0.83**	-0.12	-
وزن ۱۰۰ دانه 100 Seedweight	5-DIC	0.02	0.03	0.31	-0.52*	-0.07	-0.03
	9-DIC	-0.02	-0.05	0.24	-0.375	-0.05	-0.17

5-DIC: دور آبیاری پنج روز، 9-DIC: دور آبیاری نه روز

5-DIC: 5-day Irrigation Cycle, 9-DIC: 9-day Irrigation Cycle

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد

** and *: significant at the level of 1% and 5%, respectively

عملکرد دانه ندارد (جدول ۱۳). در لوبیا سفید، نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که صفات تعداد روز تا پر شدن غلاف، تعداد روز تا رسیدگی دانه، طول بلندترین غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و طول ریشه اصلی بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشتند (Safapour et al., 2009). در بررسی ۲۵۰ نمونه از کلکسیون لوبیا قرمز بانک ژن گیاهی ملی ایران از لحاظ صفات مختلف با انجام تجزیه رگرسیون مشاهده شد که صفات وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف ۹۷/۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه تک بوته را توجیه کرده و بیشترین اثر مستقیم را بر آن داشتند (Rahimi Chegeni et al., 2017). در بررسی روابط میان صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا سفید، قرمز و چیتی با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام، تعداد غلاف در ساقه‌های فرعی مهم‌ترین جزء مؤثر در تغییرات عملکرد بود و تعداد غلاف در ساقه اصلی، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد دانه در غلاف در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (Azizi et al., 2001).

جهت تفکیک نقش اجزاء تشکیل‌دهنده صفت عملکرد، از روش رگرسیون گام‌به‌گام استفاده گردید. در این روش، متغیر عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. تجزیه رگرسیون در هر دو دور آبیاری نشان داد که تجزیه رگرسیون معنی‌دار بوده و صفات بر روی عملکرد دانه تأثیر دارند. در هر دو دور آبیاری برای هر یک از متغیرهای مستقل وارد شده به مدل رگرسیونی، فاکتور تورم واریانس (VIF) محاسبه و معلوم گردید که بین متغیرهای مستقل، هم‌خطی وجود ندارد. نتایج نشان داد که در دور آبیاری پنج روز (جدول ۱۲) صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه در مدل رگرسیونی وارد شده و معنی‌دار هستند. از طرف دیگر، با توجه به ضریب رگرسیون استاندارد شده می‌توان دریافت که صفت تعداد غلاف در بوته دارای بیشترین تأثیر مثبت بر عملکرد دانه است. در مقابل، در شرایط دور آبیاری نه روز، تنها صفت تعداد غلاف در بوته وارد مدل شده و معنی‌دار است و صفات دیگر تأثیر چندانی بر

جدول ۱۲- رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه، به‌عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در دور آبیاری پنج روز
Table 12- Results of stepwise regression for grain yield, as dependent variable, and other traits as independent variable in 5 days irrigation cycles

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares	ضریب تبیین تعدیل شده R ² Adjust
رگرسیون Regression	3	904883.41**	0.707
باقی‌مانده Residual	12	69190.57	
صفات وارد شده به مدل Attributes entered into the model	ضریب رگرسیون Regression coefficient	ضریب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficient	عامل تورم واریانس Variance inflation factor
مقدار ثابت Constant	-5580.3±1891.5	-	-
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	280.71**±46.01	1.197	1.97
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pods	599.8**±18.9	0.557	1.445
وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	51.21*±19.8	0.459	1.61

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

** and *: Significant at the probability level of 1% and 5%, respectively

جدول ۱۳- رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه، به‌عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در دور آبیاری نُه روز

Table 13- Results of stepwise regression for grain yield, as dependent variable, and other traits as independent variable in 9 days irrigation cycles

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares	ضریب تبیین تعدیل شده R ² Adjust
رگرسیون Regression	1	2017348.62**	0.67
باقی‌مانده Residual	14	63479.9	
صفات وارد شده به مدل Attributes entered into the model	ضریب رگرسیون Regression coefficient	ضریب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficient	عامل تورم واریانس Variance inflation factor
مقدار ثابت Constant	521.69±300.38	-	
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	280.71**±35.78	0.833	1

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

** and *: Significant at the probability level of 1 and 5%, respectively

نتیجه‌گیری

کشت لوبیا در کشور به‌عنوان یک زراعت تابستانه تابع محدودیت‌های مختلف اقلیمی و اکولوژیکی است، به‌طوری‌که تولید این محصول با حداقل مصرف نهاده‌هایی چون آب می‌تواند ارزش اقتصادی این محصول را در مقایسه با سایر محصولات تابستانه حفظ نماید. با توجه به نتایج این بررسی می‌توان دریافت که دور آبیاری نُه روز باعث کاهش ارتفاع گیاه، عملکرد دانه و اجزاء آن شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه می‌شود. بنابراین، عملکرد دانه گیاه لوبیا چیتی به‌شدت به کمبود آب حساس می‌باشد. در دوره‌های آبیاری پنج و نه روز بیشترین ارتباط عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته مشاهده شد. بالین‌حال، در دور آبیاری پنج روز، صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه و در دور آبیاری نُه روز، تنها صفت تعداد غلاف در بوته وارد مدل

شده و بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشتند. ازاین‌رو این صفات مهم‌ترین اجزاء مؤثر بر عملکرد دانه در این شرایط محسوب می‌شوند و با توجه میزان زیادی از تغییرات موجود در عملکرد دانه می‌توانند برای بهبود عملکرد دانه لوبیا در برنامه‌های اصلاحی جهت شرایط مختلف محیطی به‌عنوان مبنا برای انتخاب قابل توجه باشند.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح پژوهشی انجام یافته با کد مصوب ۴۷-۴-۰۳-۱۵-۰۲۴۶ در سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی می‌باشد. بدینوسیله از تمامی همکارانی که در طول مدت انجام این طرح همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

- Abebe, A., Brick, M. A., & Kirkby, R. (1998). Comparison of selection indices to identify productive dry bean lines under diverse environmental conditions. *Field Crops Research*, 58, 15-23. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00082-3)
- Agricultural statistics for the year 2018-2019: Crops (1): Information and Communication Technology Center of the Ministry of Agricultural Jihad.
- Amini, A. (1998). Investigating the genetic and geographical diversity of 576 bean cultivars of Karaj Faculty of Agriculture Gene Bank using multivariate statistical methods. M.Sc. Thesis in Agriculture, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.
- Azizi, F., Rezaei, A., & Mirmohammadi Maybodi, S. A. M. (2001). Genetic and phenotypic variability and factor analysis for morphological traits in genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources-Water and Soil Science*, 5, 127-141. (In Persian with English Abstract)

- Bayat, A. A., Ahmadvand, G., & Dorri, H. (2010a). The effect of water stress on the yield and yield components of spotted beans genotypes. *Journal of Agronomical Sciences of Iran*, 45, 42-45. (In Persian with English Abstract)
- Bayat, A. A. Sepehri, A., Ahmadvand, G., & Dorri, H. R. (2010b). Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12(1), 42-54. (In Persian with English Abstract). <http://dx.doi.org/20.1001.1.15625540.1389.12.1.4.1>
- Behboudian, M. H., Turner Ma, Q. N. C., & Palta, J. A. (2001). Reactions of chickpea to water stress: Yield and seed composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1288-1291. <https://doi.org/10.1002/jsfa.939>
- Becker, H. C. & Leon, J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101, 1-25. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1988.tb00261.x>
- Bonanno, A. R. & Mack, H. J. (1983). Yield components and pod quality of snap bean grown under differential irrigation. *Journal of American Society Horticultural Science*, 108, 837-844. <https://doi.org/10.21273/jashs.108.5.832>
- Boutraa, T., & Sanders, F. E. (2001). Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187(4), 251-257. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2001.00525.x>
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30(3), 239-264. <https://doi.org/10.1071/fp02076>
- Dewey, D. R., & Lu, K. H. (1959). A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agronomy Journal*, 51, 515-518. <https://doi.org/10.2134/agronj1959.00021962005100090002x>
- Dorri, H. R., Ghanbari, A. A., Lak, M. R., & Bani Jamali, M. (2017). Guide to beans. First volume. Publication of Agricultural Education, Karaj, Iran. 124 p.
- Ebadi, M., Majnoon Hosseini, N., & Chai Chi, M. (2016). Effect of root fungus and humic compounds on yield and yield components of single cross 704 maize under low irrigation conditions. *Journal of Crop Science*, 47(2), 174-165. <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2016.58851>
- Emam, Y., & Nycnejad, M. (2004). Introduction on Plant Physiology. Shiraz University Press, Shiraz, Iran. 571 p.
- English, M., & Raja, S. N. (1996). Review perspective on deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 32, 1-14. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(96\)01255-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(96)01255-3)
- Faraji, H., Gholizadeh, S., Owliaee, H. R., & Azimi Gandomani, M. (2010). Effect of plant density on grain yield of three spotted bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars in Yasouj condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, 1(1), 43-50. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/IJPR.V1I1.6338>
- Faramarzi, A., Jamshidi, S., & Salehi, M. (2008). Study of drought stress at different growth stages on yield and yield components of three chitti bean cultivars. Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj, Iran. p. 465. (In Persian)
- Frahm, M. A., Rosas, J. C., Mayek-Pérez, N., López-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J. A., & Kelly, J. D. (2004). Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. *Euphytica*, 136(2), 223-232. <https://doi.org/10.1023/b:euph.0000030671.03694.bb>
- Ghasemi Golezani, K., Movvahedi, M., Rahimzadeh Khoei, F., & Moghaddam, M. (1997). Effect of water deficit on growth and yield of two pea cultivars in different densities. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 7(3-4), 17-42. (In Persian with English Abstract)
- Ghorbanli, M., Gafarabad, M., Amirkian, T., & Mamaghani, B. A. (2013). Investigation on proline, total protein, chlorophyll ascorbate and dehydroascorbate changes under drought stress in Akria and Mobil tomato cultivars. *Iran Journal of Plant Physiology*, 3, 651-658. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.30495/IJPP.2013.540675>
- Gebeyehu, S. (2006). Physiological response to drought stress of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes differing in drought resistance. Cuvillier Verlag, Gottingen, Germany. <http://dx.doi.org/10.22029/jlupub-16880>
- German, C., & Teran, H. (2006). Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. *Crop Science*, 46, 2111-2120. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.01.0029>
- Habibi, G., Ghanadha, M., Soohani, A., & Dorri, H. R. (2006). Study of seed yield with some important agronomic traits relationships in red common bean by different methods statistics at limited irrigation condition. *Agricultural Science*, 13(3), 1-13. (In Persian with English Abstract)
- Hasheme-Jazi, S. M., & Danesh, A. (2004). Effect of row spacing and plant distances in row on grain yield and yield component in pinto bean cv. Talash. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 2, 154-162. (In Persian with English Abstract)

- Hu, Y. Y., Zhang, Y. L., Yi, X. P., Zhan, D. X., Luo, H. H., Chow, W. S., & Zhang, W. F. (2013). The relative contribution of non-foliar organs of cotton to yield and related physiological characteristics under water deficit. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(5), 975-989. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60568-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60568-7)
- Karimzadeh, H., Nezami, A., Kafi, M., & Tadayon, M. (2017). Effects of deficit irrigation on yield and yield components of pinto bean genotypes in Shahrekord. *Iranian Journal of Pulses Research*, 8(1), 113-126. <https://doi.org/10.22067/ijpr.v8i1.49118>
- Khoshvaghti, H., Ghasemi-Golozani, K., Zehtab-Salmasi, S., & Alyari, H. (2008). Effect of limited water on growth, cover canopy and seed yield of chitti bean cultivars. Paper Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj, Iran. p. 464-465. (In Persian)
- Koocheki, A., & Banayane Avval, M. (1994). The physiology of crop yield. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Kumar, J., Singh, H., Singh, T., Tonk, D. S., & Lal, R. (2002). Correlation and path coefficient analysis of yield and its components in summer moong (*Vigna radiate* L. Wilczek). *Crop Research*, 24, 374-377.
- Lesznyak, M., Hunyadi Borbely, E., & Csajbok, J. (2008). The role of nutrient-water-supply and the cultivation in the yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Cereal Research Communications*, 36, 1079-1082. <https://doi.org/10.1556/crc.35.2007.2.141>
- Liebman, M., Corson, A., Rowe R. J., & Halteman, W. A. (1995). Dry bean response to nitrogen fertilizer in two tillage and residue management system. *Agronomy Journal*, 87, 538-546. <https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700030024x>
- Mendham, N. J., & Salisbury, P. A. (1995). Physiology. Crop development. Growth and yield In: D. Kimbers & D. I. Mc Greagor (Eds). CAB international, 11-67.
- Mohammadi, A., Bihamta, M. R., & Dorri, H. (2017). Determination of phenotypic correlation coefficients and causality analysis of some traits of broad bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under non-stress and drought stress conditions. *Journal of Agriculture, Water, Soil and Plant Research*, 8(2), 135-144. (In Persian with English Abstract)
- Mohammadi, G., Javanshir, A., Khooie, F., Mohamadi, R., & Zehtab Salmasi, S. (2005). Critical period of weed interference in chickpea. *Weed Research*, 45(1), 57-63. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00431.x>
- Moutonnet, P. (2002). Yield response factors of field crops to deficit irrigation. FAO Irrigation and Drainage; pp. 22. Rome, Italy. <http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3655E/Y3655E00.HTM>
- Nasirzadeh, L., Majnoon-Hossaini, N., & Ahmadi, A. (2008). Effect of water stress and nitrogen fertilizer on yield in D81083 common bean cultivar. Paper Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj, Iran. p. 469. (In Persian)
- Pessarakli, M. (2001). Handbook of Plant and Crop Physiology. Second Edition, Marcel Dekker Inc., New York, p. 997. <https://doi.org/10.1201/9781003093640>
- Rahimi Chegeni, A., Bihamta, M. R., & Khodarahmi, M. (2017). Evaluation of different characteristics of wheat genotypes under drought stress using multivariate statistical. *Journal of Crop Breeding*, 9, 147-155. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.29252/jcb.9.21.147>
- Ramirez-Vallejo, P., & Kelly, J. D. (1998). Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99, 127-136. <https://doi.org/10.1023/A:1018353200015>
- Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J. A., Trejo-Lo'pez, C., Soritz-Cereceres, J. & Kelly, J. D. (2004). Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stresses common bean cultivars. *Field Crops Research*, 85, 203-211. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00161-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00161-8)
- Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J. A., Trejo-López, C., Ortiz-Cereceres, J., & Kelly, J. D. (2002). Yield and phenological adjustment in four drought-stressed common bean cultivars. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, 45, 198-199.
- Safapour, M., Khagani, S., Amirabadi, M., Teymouri, M., & Bazyan, M. K. (2009). Statistical analysis of the effect of water stress on phenological and agronomical traits of white bean genotypes. *The New Agricultural Findings*, 4, 367-378. (In Persian with English Abstract)
- Salehi, F. (2015). Principles of breeding and cultivation of common bean. Agricultural and Natural Resources Research Education Publication. 265 p.
- Samper, C., & Adams, M. W. (1985). Geometric mean of stress and control yield as a selection criterion for drought tolerance. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, 28, 53-54.
- Singh, S. H. (2007). Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. *Agronomy Journal*, 99, 1919-1225. <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0301>

- Singh, D. P., Singh, P., Sharma, H. C., & Turner, N. C. (1987). Influence of water deficit on the water relations, canopy gas exchange and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research*, 16, 231-241. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(87\)90062-1](https://doi.org/10.1016/0378-4290(87)90062-1)
- Stephens, D. B. (1994). A perspective on diffuse natural recharge mechanism in areas of low precipitation. *Soil Science Society of American Journal*, 58, 40-48. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800010006x>
- Sylspur, M., Jaafari, P., & Mollahosseiny, H. (2006). Effect of drought stress and plant density on yield and some agronomy traits of corn (*Zea mays*). *Journal of Agricultural Sciences*, 2, 13-24. <https://doi.org/10.4236/as.2014.52016>
- Teran, H., & Singh, S. P. (2002). Comparison of sources and lines selected for drought on resistance in common bean. *Crop Science*, 42, 46-51. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.6400>
- Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., & Koocheki, A. (2012). Effect of drought stress on yield and radiation use efficiency of rape seed (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Crop Research*, 6(1), 193-204. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/GSC.V6I1.1191>
- Valizadeh, M., & Moghadam, M. (2010). *Experimental Designs in Agriculture*. Fourth Ed. Privar Publishers, Iran.
- Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B., & Serraj, R. (2005). Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106(2-3), 275-287. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.019>



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.87219.1086>

The Effect of Mixed Cropping of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Weed Control Methods on Yield and Land Equation Ratio

Sara Sadat Moazeni¹, Ebrahim Izadi Darbanhi^{1*}, Kamal Hajmohammadnia Ghalibaf¹

Received: 15-06-2024

Revised: 11-10-2024

Accepted: 21-12-2024

Available Online: 21-12-2024

Cite this article:

Moazeni, S. S., Izadi Darbanhi, E., & Hajmohammadnia Ghalibaf, K. (2025). The effect of mixed cropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and weed control methods on yield and land equation ratio. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 21-35. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.87219.1086>

Introduction

Mixed cropping is one of the components of sustainable agriculture, if done correctly and the appropriate plant species are selected, it increases yield, improves economic efficiency, preserves natural resources, increases the efficiency of resource use in organic farming and it can be useful in pest, diseases and weeds control. Mixed cropping of oilseeds and legumes is a type of mixed cropping systems that increases the performance of the mixed components, reduces the need for nitrogen fertilizer compared to pure cultivation, increases the efficiency of the consumption of nutrients and water, and causes disruption of specific host diseases. According to the fact that the two plants, bean and sesame have an acceptable time of simultaneous cultivation, therefore it seems that the Mixed cropping of these two plants can achieve the benefits of a mixed cultivation system and increase the productivity of production in the management of weeds. Based on the conducted research, the mixture of oilseeds and legumes increases the performance of the components of the mixture, and on the other hand, due to the potential of nitrogen biofixation in legumes, it reduces the need for nitrogen fertilizer compared to their pure cultivation and significantly suppresses facilitate weeding. The present study was conducted in order to investigate the weed control methods on yield and land equation ratio under the influence of mixed cropping bean and sesame.

Materials and Methods

This experiment was conducted as a 6×3 factorial in the form of a randomized complete block design with three replications during 2019-2020 in a farm of Hossein Abad village at Shirvan- Iran. The treatments included different ratios of sesame: bean at 6 levels (100:0, 25:100, 50:100, 75:100, 100:100 and 0:100) at the optimum bean and sesame density (40 pl. m⁻²) and weed control methods in three levels including the use of trifluralin herbicide (960 a.i ha⁻¹) mixed with the soil surface two weeks before planting, and hand weeding 35 and 55 days after planting (DAP). Irrigation was done by drip irrigation every week until seed filling stage. When the sesame seeds were at the physiological ripening stage and the pods of the bean plant were yellow, harvesting was done from an area of one square meter on 24 September. After drying the harvested plants in the open air, their biomass and seed yield were measured and the land equation ratio (LER) was determined.

Results and Discussion

The results showed that in all bean and sesame mixed cropping ratios, especially the 75:100 ratio, hand weeding treatments had a higher LER compared to the trifluralin herbicide application treatment. The highest bean grain yield (336.16 g.m⁻²) and biomass (953.68 g.m⁻²) and the highest sesame grain yield (252.68 g.m⁻²) and biomass (average 860.88 g.m⁻²) were observed in pure bean sesame cultivation + use of trifluralin. However, in all bean and sesame mixed cropping treatments, LER was higher than monoculture treatments.

1- Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

* Corresponding Author: e-izadi@um.ac.ir



The highest LER (1.80) was observed in the hand weeding treatment 55 days after planting in the 75:100 (sesame:bean) mixed cropping ratio. Therefore, the aforementioned treatment can be useful and recommended in weed management as well as increasing yield and biomass in bean and sesame mixed cropping systems.

Conclusions

According to the results of this research, mixed cropping of sesame and beans with a ratio of 75:100 (sesame:bean) + 55 DAP can be useful and recommended in this mixed cropping system and its weed management in Shirvan-Iran conditions. However, in pure cultivation of beans and sesame, the use of trifluralin has better results.

Keywords: Biomass, Manual weeding, Pre-plant herbicide, Relative yield, Seed yield, Trifluralin



تأثیر کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و روش‌های مهار علف‌های هرز بر عملکرد و نسبت برابری زمین

سارا سادات مؤذنی^۱، ابراهیم ایزدی دربندی^{۱*}، کمال حاج محمدنیا قالی باف^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

چکیده

به‌منظور بررسی کارایی برخی روش‌های مهار علف‌های هرز در نظام‌های تک‌کشتی و مخلوط کنجد و لوبیا چیتی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای در روستای حسین‌آباد واقع در ۱۲ کیلومتری شهرستان شیروان طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی لوبیا چیتی: کنجد (۱۰۰:۰، ۱۰۰:۱۰۰، ۷۵:۱۰۰، ۵۰:۱۰۰، ۲۵:۱۰۰ و ۰:۱۰۰) و روش‌های مهار علف‌های هرز، شامل کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین (۹۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) به‌صورت مخلوط با خاک دو هفته قبل از کاشت و وجین علف‌های هرز ۳۵ و ۵۵ روز پس از کاشت بودند. نتایج نشان داد که در تمام نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد به‌ویژه نسبت ۷۵:۱۰۰، تیمارهای وجین دستی دارای نسبت برابری زمین بیشتری در مقایسه با تیمار کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین بودند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، بیشترین عملکرد دانه (۳۳۶/۱۶ گرم در مترمربع) و زیست‌توده (۹۵۳/۶۸ گرم در مترمربع) لوبیا در کشت خالص لوبیا و استفاده از علف‌کش تری‌فلورالین به‌دست آمد. همچنین بیشترین عملکرد دانه (۲۵۲/۶۸ گرم در مترمربع) و زیست‌توده (میانگین ۸۶۰/۸۸ گرم در مترمربع) کنجد مربوط به تیمار کشت خالص کنجد و استفاده از تری‌فلورالین بود. در تمامی تیمارهای کشت مخلوط لوبیا و کنجد، نسبت برابری زمین بیشتر از تک‌کشتی لوبیا و کنجد بود. بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۸۰) مربوط به تیمار وجین دستی ۵۵ روز پس از کاشت در نسبت کشت مخلوط ۷۵:۱۰۰ (لوبیا:کنجد) مشاهده شد. بنابراین، تیمار مذکور می‌تواند در مدیریت علف‌های هرز و همچنین افزایش عملکرد و زیست‌توده در نظام‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد مفید و قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: تری‌فلورالین، زیست‌توده، علف‌کش پیش کاشت، عملکرد دانه، عملکرد نسبی، وجین دستی

مقدمه

منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی و آب و اختلال در چرخه آفات و بیماری‌ها می‌شود (Dowling et al., 2021). با توجه به افزایش چشمگیر تقاضای جهانی برای دانه‌های روغنی و حبوبات در ۵۰ سال گذشته، گرایش به کشت مخلوط حبوبات و دانه‌های روغنی در دهه گذشته افزایش یافته است (Chalmers, 2017; Dowling et al., 2021). بااین‌حال، حبوبات گیاهانی حساس به علف‌های هرز هستند و یکی از مشکلات مهم در تولید حبوبات به‌ویژه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در سراسر جهان از جمله ایران، حضور علف‌های هرز هستند که براساس گزارش‌های موجود، بسته به تراکم و فلور علف‌های هرز منجر به تلفات تا ۹۰ درصدی عملکرد دانه آن با توجه به شرایط بوم‌شناختی می‌شوند (Ahmadi et al., 2005).

کشت مخلوط یکی از مهم‌ترین اجزای کشاورزی پایدار است که مزایایی از جمله مهار بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز، کاهش مصرف نهاده‌هایی از جمله سموم و کودهای شیمیایی، بهبود حاصلخیزی خاک و بازده اقتصادی و نسبت بهره‌وری زمین را به همراه دارد. بااین‌حال، این نظام کشت دارای محدودیت‌هایی مانند رقابت بین گونه‌ای برای منابع محدود و اثرات دگرآسیب اجزای کشت، مدیریت مکانیزاسیون مزرعه و به‌ویژه در زمان برداشت می‌باشد (Maitra et al., 2019; Stomph et al., 2020). در این ارتباط، کشت مخلوط دانه‌های روغنی و حبوبات از مهم‌ترین نظام‌های کشت مخلوط محسوب می‌شود که با توجه به نقش حبوبات در تثبیت زیستی نیتروژن، ضمن افزایش عملکرد اجزای مخلوط، نیاز به کود نیتروژن را کاهش داده و

۱- گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(e-izadi@um.ac.ir)
(*)- نویسنده مسئول:

روش‌های مهار علف‌های هرز در این نظام کشت انجام شده است، این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی و روش‌های مهار علف‌های هرز کنجد و لوبیا در شرایط زراعی شیروان انجام شد.

مواد و روش‌ها

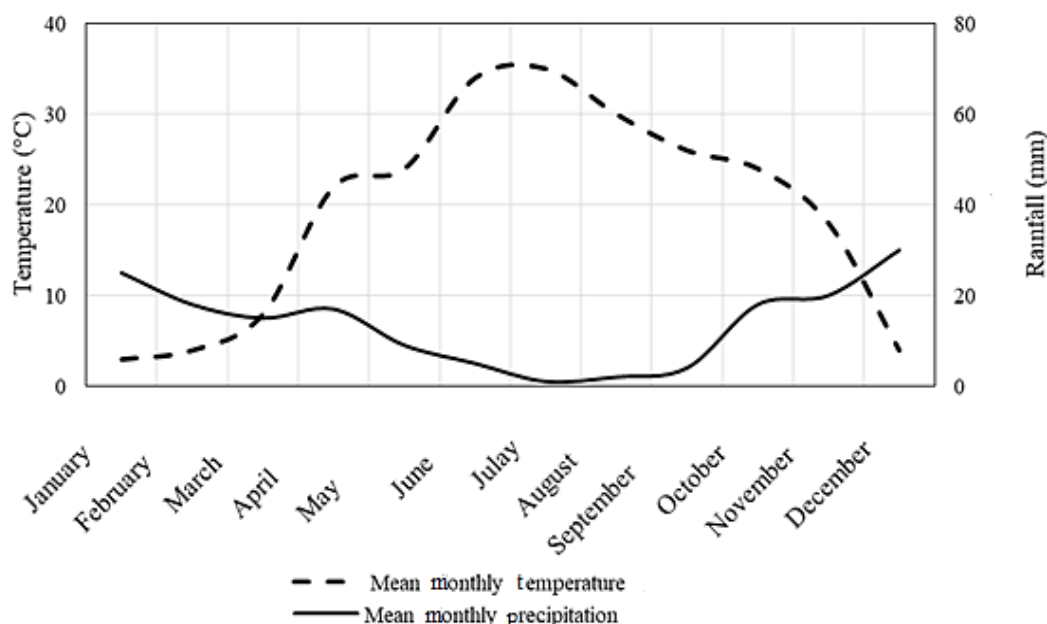
به‌منظور بررسی تأثیر کشت مخلوط و روش‌های مهار علف‌های هرز لوبیاچیتی رقم کوشا و کنجد رقم اولتان بر عملکرد و نسبت برابری زمین، آزمایشی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه‌ای در روستای حسین‌آباد واقع در بخش مرکزی شهرستان شیروان خراسان شمالی و در ۱۲ کیلومتری این شهرستان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۶۷ متر از سطح دریا اجرا شد. بافت خاک مزرعه مورد آزمایش از نوع لوم رسی بود. آب‌وهوای منطقه براساس روش آمبرژه، سرد و خشک گزارش شده است (شکل ۱).

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد که تیمارهای مورد بررسی در آن شامل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی لوبیا چیتی:کنجد (۱۰۰:۰، ۱۰۰:۱۰۰، ۷۵:۱۰۰، ۵۰:۱۰۰، ۲۵:۱۰۰ و ۰:۱۰۰) در تراکم بهینه لوبیا و کنجد (۴۰ بوته در مترمربع) (Hosseinzadeh et al., 2021) و روش‌های مهار علف‌های هرز در سه سطح شامل کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین به‌مقدار ۹۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار دو هفته قبل از کاشت به‌صورت مخلوط با خاک و وجین دستی علف‌های هرز به‌ترتیب ۳۵ و ۵۵ روز پس از کاشت بودند. برای این منظور، پس از انتخاب آماده‌سازی زمین (گاواهن در آذرماه ۱۳۹۹ و دیسک و لولر در اسفندماه ۱۳۹۹) در زمینی به مساحت ۸۳۲ مترمربع اقدام به کشت لوبیاچیتی و کنجد روی ردیف‌هایی به فواصل ۵۰ سانتی‌متر در تاریخ ۲۴ اردیبهشت ۱۴۰۰ شد. لوبیا چیتی در طرفین پشته‌ها (خط داغاب) به‌فاصله ۱۰ سانتی‌متری و کنجد در وسط پشته‌ها در عمق دو تا پنج سانتی‌متری خاک و با توجه به نسبت کشت آن در فاصله دو تا پنج سانتی‌متر از هم به‌صورت دستی کشت شد. ابعاد کرت‌های آزمایش سه در سه متر و فاصله آن‌ها یک ردیف نکاشت (۵۰ سانتی‌متر) بود. پس از تثبیت گیاهان در مرحله سه چهار برگی، طی دو یا سه نوبت نسبت به تنک کردن و تعیین تراکم مورد نظر در هر یک از تیمارهای کشت مخلوط اقدام شد.

دلنه‌های روغنی نیز به‌دلیل داشتن اسیدهای چرب با کیفیت بالا همراه با ویتامین‌های محلول در روغن، بعد از غلات دومین منبع غذایی در جهان هستند و یکی از مهم‌ترین منابع انرژی می‌باشند (Raza et al., 2020). در این بین، کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی است که به‌دلیل روغن دانه با کیفیت بالا، ارزش زیادی دارد و وجود اسیدهای چرب غیراشباع روغن آن برای سلامتی انسان، جایگاه ویژه‌ای را در بین دانه‌های روغنی به خود اختصاص داده است. با توجه به سازگاری این گیاه به‌ویژه به مناطق خشک و نیمه‌خشک در بیشتر مناطق جهان، کشت‌وکار می‌شود (Oyinloye et al., 2016). براساس گزارش‌های موجود، در ایران در سال ۲۰۲۰، متوسط عملکرد کنجد ۶۹۰/۵ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (FAO, 2020).

با توجه به اینکه دو گیاه لوبیا و کنجد از نظر زمان کشت همزمانی قابل قبولی دارند، لذا به نظر می‌رسد که کشت مخلوط این دو گیاه می‌تواند ضمن دستیابی به سودمندی‌های یک نظام کشت مخلوط و افزایش بهره‌وری تولید، در مدیریت علف‌های هرز نیز مؤثر باشد. براساس پژوهش‌های انجام‌شده، مخلوط دانه‌های روغنی و حبوبات، عملکرد اجزای مخلوط را افزایش داده و از طرفی، با توجه به پتانسیل تثبیت زیستی نیتروژن در حبوبات، نیاز به کود نیتروژن را در مقایسه با کشت خالص آن‌ها کاهش داده و به‌طور معنی‌داری سرکوب علف‌های هرز را تسهیل می‌کنند (Dowling et al., 2021) با وجود سابقه کشت دو گیاه مذکور در ایران، مطالعات در خصوص بررسی کشت مخلوط آن‌ها محدود است. در مطالعه‌ای که روی اثر تراکم گیاه پوششی ماش بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد و مهار علف‌های هرز در کشت مخلوط آن با کنجد انجام شد، نتایج نشان داد که در کشت خالص کنجد، تداخل علف‌های هرز منجر به کاهش ۵۷ درصدی عملکرد دانه کنجد شد (Mehdipour et al., 2019).

براساس مطالعات انجام‌شده روی عملکرد دانه، علف‌های هرز می‌توانند عملکرد کنجد را تا بیش از ۶۵ درصد کاهش دهند و برای دستیابی به عملکرد دانه مناسب در کنجد، یک دوره بیشتر از ۵۰ روز عاری از علف‌های هرز ضروری می‌باشد (Grichar et al., 2011). از این‌رو در مناطق لوبیاکاری، مهار علف‌های هرز توسط روش‌های زراعی (همچون تناوب زراعی و کشت مخلوط)، مکانیکی (استفاده از کولتیوار) و شیمیایی (علف‌کش‌های تری‌فلورالین، پاراکوات و بنتازون) یکی از مهم‌ترین اولویت‌های به‌زراعی برای بهبود عملکرد لوبیا می‌باشد (Bagheri et al., 1997). با توجه به اینکه مطالعات اندکی در خصوص بررسی برهم‌کنش کشت مخلوط کنجد و لوبیا و



شکل ۱- منحنی آمبروترمیک ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهرستان شیروان
Fig. 1- Ambrothermic curve of synoptic weather station - Shirvan

نتایج و بحث

عملکرد دانه و زیست توده لوبیا

اثر متقابل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط لوبیا و کنجد و روش‌های مهار علف‌های هرز بر عملکرد دانه و زیست توده لوبیا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). براساس مقایسه میانگین داده‌ها، در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط لوبیا و کنجد، بیشترین عملکرد دانه لوبیا (۳۳۶/۱۶ گرم در مترمربع) از کشت خالص لوبیا (۰:۱۰۰) و با کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین حاصل شد که اختلاف آماری معنی‌داری با کشت مخلوط با نسبت‌های ۲۵:۱۰۰، ۵۰:۱۰۰ و ۷۵:۱۰۰ لوبیا و کنجد نداشت. همچنین کمترین میزان عملکرد دانه لوبیا در نسبت کشت مخلوط ۱۰۰:۱۰۰ و در شرایط وجین ۳۵ روز پس از کاشت به دست آمد و اختلاف آماری معنی‌داری با سایر نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد در این شرایط نداشت (شکل ۲). با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین زیست توده (۹۵۳/۶۸ گرم در مترمربع) لوبیا در شرایط کشت خالص لوبیا و با کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین به دست آمد. همچنین کمترین میزان زیست توده لوبیا در کشت مخلوط لوبیا و کنجد با نسبت ۱۰۰:۱۰۰ و به ترتیب در شرایط وجین ۳۵ و ۵۵ روز بعد از کاشت حاصل شد. در بین تیمارهای وجین دستی، بیشترین عملکرد دانه و زیست توده لوبیا در نسبت کشت مخلوط ۵۰:۱۰۰ و وجین ۵۵ روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل ۳). به نظر

کشت به صورت آبی و آبیاری به روش نشتی در هر هفته تا مرحله پر شدن دانه‌ها انجام شد. هنگامی که دانه‌های کنجد در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و غلاف‌های گیاه لوبیا زرد رنگ بود، برداشت از سطحی به مساحت یک مترمربع در تاریخ ۲۴ شهریور انجام شد.

پس از خشکاندن بوته‌های برداشت شده اجزای کشت مخلوط در هوای آزاد، زیست توده و عملکرد دانه آن‌ها اندازه‌گیری و عملکرد نسبی آن‌ها تعیین شد و به منظور تعیین نسبت برابری زمین از معادله ۱ استفاده شد.

معادله (۱)

$$LER = (LERa + LERb) = \left\{ \left(\frac{Yab}{Yaa} \right) + \left(\frac{Yba}{Ybb} \right) \right\}$$

که در آن، LER: نسبت برابری زمین، Yab: زیست توده یا عملکرد دانه گونه a در کشت مخلوط، Yba: زیست توده یا عملکرد دانه گونه b در کشت مخلوط، Yaa و Ybb: به ترتیب زیست توده یا عملکرد دانه گونه a و b در کشت خالص می‌باشند. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS (نسخه ۹/۴) و SPSS انجام شد. همچنین نمودارها و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۱۳) ترسیم شدند و مقایسات میانگین از طریق آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

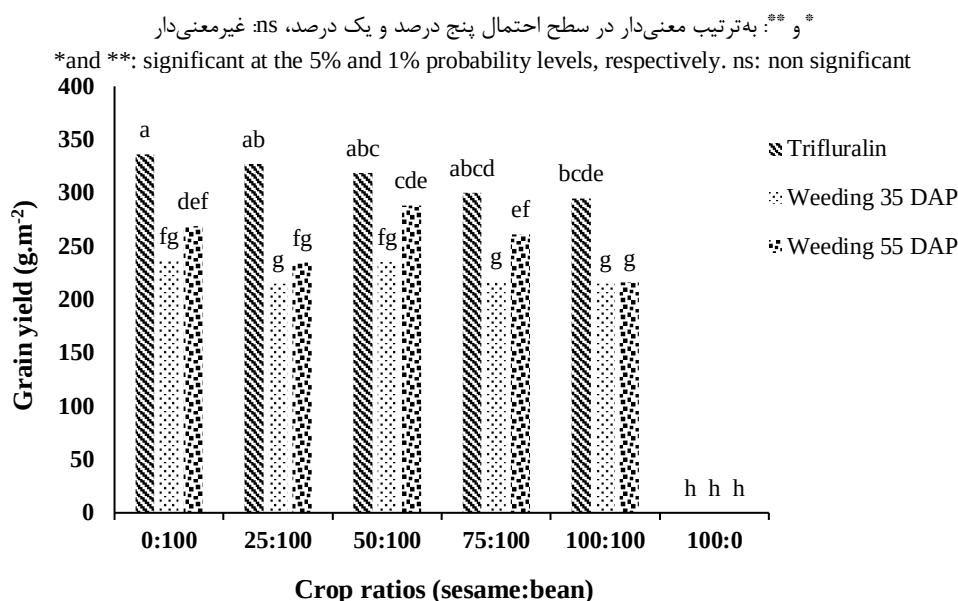
بیشتر بودن عملکرد دانه و زیست‌توده در کشت خالص لوبیا و کنجد می‌تواند به دلیل عدم رقابت بین گونه‌ای در گیاهان لوبیا با کنجد باشد که باعث استفاده بهتر از منابع محیطی مثل فضا، نور و عناصر محیطی توسط لوبیا و در نتیجه، بهبود رشد و عملکرد آن شده است. از طرفی، در اوایل دوره رشد با مهار مؤثر علف‌های هرز توسط علف‌کش تری‌فلورالین، رشد لوبیا بهبود یافته است و گیاه توانسته است که به‌طور مؤثرتری از منابع محیطی استفاده کند، در نتیجه گیاهان برای ادامه رشد قوی‌تر شده‌اند که این به نوبه خود منجر به تولید عملکرد دانه و زیست‌توده بالا در لوبیا شده است. به‌طور کلی، لوبیا به دلیل رشد نسبتاً آهسته در اوایل دوره رشد در رقابت با علف‌های هرز حساس است (Heydari et al., 2018) و با افزایش مدت تداخل علف‌های هرز در مزرعه، عملکرد دانه لوبیا کاهش می‌یابد (Aghaalkhani et al., 2005). همچنین، مشخص شده است که لوبیا به تنهایی توانایی رقابت مؤثر با علف‌های هرز را ندارد و برای مهار علف‌های هرز لوبیا بهتر است از علف‌کش تری‌فلورالین پیش از کاشت استفاده شود و پس از سبز شدن لوبیا نیز دو مرحله وجین انجام گردد (Sadehipour & Ghaffari Khaliq, 2013). از این‌رو، در لوبیا مهار علف‌های هرز در اوایل دوره رشد جهت دستیابی به عملکرد بالا ضروری می‌باشد.

می‌رسد که در نسبت‌های مختلف کشت و وجین ۳۵ و ۵۵ روز بعد از کاشت، با افزایش نسبت کشت کنجد در کشت مخلوط، عملکرد دانه و زیست‌توده لوبیا به علت وجود رقابت بین گونه‌ای (کنجد و علف هرز) کاهش یافته است (شکل ۲، شکل ۳). هرچند که این روند برای عملکرد دانه در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نمود کمتری داشت، با این وجود با افزایش نسبت کشت کنجد به لوبیا، عملکرد دانه در تمامی روش‌های مهار علف‌های هرز کاهش یافت. همسو با این نتایج، حسین‌زاده و همکاران (Hosseinzadeh et al., 2021) با بررسی کشت مخلوط کنجد و لوبیا چشم‌بلبلی، بیشترین تعداد غلاف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را در کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی عاری از علف هرز گزارش کردند. براساس گزارش آن‌ها، با افزایش تراکم در کشت مخلوط کنجد و لوبیا، هم در شرایط وجین و هم در شرایط بدون وجین، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه لوبیا کاهش یافت و علت کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط را تراکم و جمعیت کم لوبیا چشم‌بلبلی و افزایش رقابت بین گونه‌ای کنجد با آن عنوان کردند. براساس نتایج این تحقیق، ارتفاع زیاد کنجد که مانع رسیدن نور کافی به گیاه لوبیا چشم‌بلبلی شد، منجر به کاهش عملکرد آن شد، به‌طوری‌که عملکرد در کشت خالص بدون وجین بیشتر از نسبت‌های کشت مخلوط وجین گزارش شده بود (Hosseinzadeh et al., 2021).

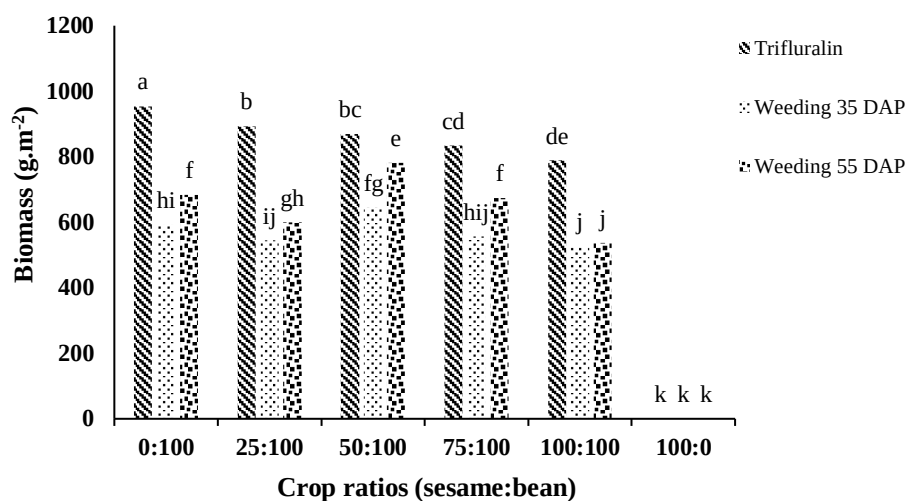
جدول ۱- تجزیه واریانس زیست‌توده و عملکرد دانه لوبیا و کنجد تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

Table 1- Analysis of variance of bean and sesame grain yield and biomass affected by the experimental treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		لوبیا Bean		کنجد Sesame	
		عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass
تکرار Replication	2	804.75 ^{ns}	2638.41 ^{ns}	160.70*	1296.18 ^{ns}
نسبت کشت مخلوط Mixed cropping ratio (MR)	5	27361.18**	289502.27**	29124.76**	437825.53**
روش‌های مهار علف‌های هرز Weed control methods (WCM)	2	106721.06**	756021.49**	48327.46**	560390.88**
نسبت کشت مخلوط × روش‌های مهار علف‌های هرز MR × WCM	10	1617.54**	16911.97**	1730.16**	21067.60**
خطا Error	34	521.36	826.55	47.83	771.52
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	10.37	4.94	4.61	5.47



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا حاصل از اثر متقابل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط لوبیا و کنجد و روش‌های مهار علف‌های هرز
Fig. 2- Mean comparison of bean seed yield obtained from the interaction of mixed cropping ratio and weed control methods
ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند
Columns with at least one letter in common do not have a significant difference at the 5% probability level based on the LSD test



شکل ۳- مقایسه میانگین زیست‌توده لوبیا حاصل از اثر متقابل نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد و روش‌های مهار علف‌های هرز
Fig. 3- Mean comparison of bean biomass obtained from the interaction of mixed cropping ratio and weed control methods
ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند
Columns with at least one letter in common do not have a significant difference at the 5% probability level based on the LSD test

مترمربع) و زیست‌توده (۸۶۰/۸۸ گرم در مترمربع) کنجد در کشت خالص کنجد (۱۰۰:۰) و استفاده از علف‌کش تریفلورالین به دست آمد و کمترین عملکرد دانه کنجد (۱۳۱/۹ گرم در مترمربع) مربوط به کشت خالص کنجد و در شرایط وجین ۵۵ روز بعد از کاشت بود. از سوی دیگر، کمترین زیست‌توده کنجد (۴۴۷/۰۳ گرم در مترمربع) در کشت خالص کنجد در شرایط

عملکرد دانه و زیست‌توده کنجد

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، اثر متقابل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط لوبیا و کنجد و روش‌های مهار علف‌های هرز بر عملکرد دانه و زیست‌توده کنجد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسات میانگین داده‌های آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۵۲/۶۸ گرم در

جبران ناپذیری به گیاه زراعی کنجد وارد می‌شود (Khajehpour, 2004). در این راستا، گزارش شده است که کوتاه بودن دوره عاری از علف‌های هرز از طریق افزایش رقابت علف‌های هرز و کاهش دسترسی کنجد به منابع محیطی مانند آب منجر به کاهش اجزای عملکرد (تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه) و در نهایت، کاهش عملکرد دانه کنجد شد (Bahador et al., 2019). با توجه به کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین در مرحله پیش از کاشت و انجام وجین‌های دستی در ۳۵ و ۵۵ روز پس از کاشت، رشد کنجد بهبود یافت و توانست به‌طور مؤثرتری از منابع محیطی استفاده کند، در نتیجه گیاهان کنجد برای ادامه رشد قوی‌تر شده‌اند که این به نوبه خود باعث افزایش عملکرد دانه در کنجد در این مطالعه شد. براساس گزارش‌های موجود، علف‌کش تری‌فلورالین با کاهش جمعیت علف‌های هرز موجب افزایش زیست‌توده و عملکرد دانه کنجد شده است (Mamnooe et al., 2012; Akbia et al., 2020; Grichar et al., 2011) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت.

شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط لوبیا و کنجد

عملکرد نسبی لوبیا

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها اثر اصلی نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد بر عملکرد نسبی لوبیا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد بر عملکرد نسبی لوبیا نشان داد که بیشترین مقدار این صفت (۱/۰۱) در نسبت کشت مخلوط ۵۰:۱۰۰ لوبیا و کنجد به دست آمد و اختلاف معنی‌داری با کشت خالص لوبیا نداشت و در سایر نسبت‌های کشت مخلوط، همگی کمتر از یک بودند، به‌طوری که کمترین مقدار عملکرد نسبی لوبیا با میانگین ۰/۸۷ مربوط به نسبت کشت مخلوط ۱۰۰:۱۰۰ لوبیا و کنجد بود (شکل ۶).

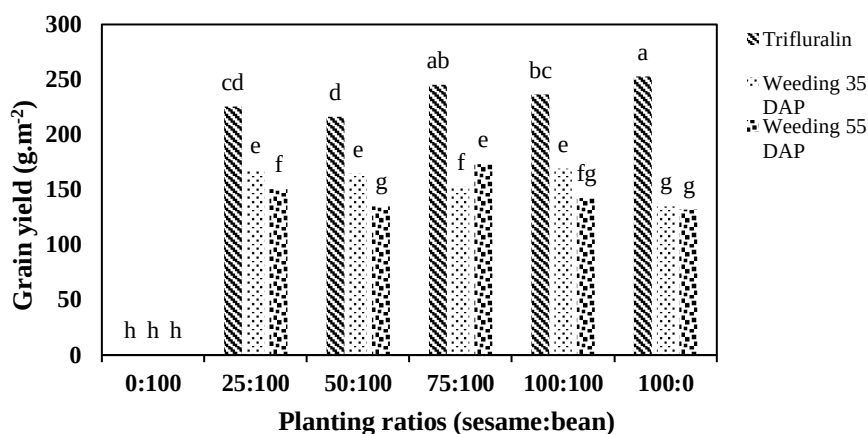
عملکرد نسبی کنجد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان از تأثیر معنی‌دار اثرات متقابل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی کنجد و لوبیا و روش‌های مهار علف‌های هرز بر عملکرد نسبی کنجد در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین عملکرد نسبی کنجد (۱/۳۱) در تیمار وجین دستی ۵۵ روز پس از کاشت در نسبت کشت مخلوط ۷۵:۱۰۰ کنجد و لوبیا حاصل شد و کمترین عملکرد نسبی کنجد (۰/۸۶) مربوط به تیمار کاربرد علف‌کش

وجین ۳۵ روز پس از کاشت حاصل شد. همچنین، در بین تیمارهای وجین دستی، بیشترین عملکرد دانه و زیست‌توده کنجد در نسبت کشت مخلوط ۷۵:۱۰۰ و وجین ۵۵ روز پس از کاشت مشاهده شد، با این وجود با کاهش نسبت‌های کاشت کنجد از ۱۰۰ به ۲۵ درصد، عملکرد دانه آن تحت تأثیر قرار نرفته است. این مهم می‌تواند به‌دلیل بوته‌های با رشد بیشتر و زیست‌توده بالاتر در تراکم‌های کمتر آن باشد که در تطابق با قانون ثبات نهایی عملکرد می‌باشد. براساس این قانون، عملکرد حاصل از واحد سطح ثابت بوده و می‌تواند از طریق گیاهان با تراکم بیشتر اما با عملکرد کمتر و یا با تراکم گیاهی کمتر اما عملکرد و زیست‌توده بیشتر حاصل شود (شکل ۴، شکل ۵). به نظر می‌رسد که افزایش تراکم کنجد در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط لوبیا و کنجد، منجر به افزایش رقابت بین گونه‌ای با لوبیا و در نتیجه، کاهش عملکرد دانه آن شده است. همچنین با افزایش تراکم گیاهی، به‌دلیل رقابت بین بوته‌ای و کاهش سهم هر گیاه در استفاده از نور، فضا و عناصر غذایی از تعداد شاخه فرعی، اجزای عملکرد مثل تعداد دانه در بوته و در نتیجه عملکرد دانه در گیاه کنجد کاسته می‌شود. از طرفی دیگر، به تعویق افتادن وجین دستی تا ۵۵ روز پس از کاشت باعث افزایش تراکم علف‌های هرز و فشار بیشتر بر بوته‌های کنجد و در نهایت، کاهش عملکرد آن شده است. بنابراین، استفاده از علف‌کش تری‌فلورالین در شرایط کشت خالص کنجد و در ابتدای فصل رشد روی مهار علف‌های هرز موفق‌تر عمل کرده و از این جهت باعث افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده کنجد شده است. در این راستا، رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2018) و حیدری و همکاران (Heydari et al., 2018) نیز نشان دادند که افزایش تراکم گیاهی کنجد به بیش از تراکم مطلوب، کاهش عملکرد آن را به همراه داشته است. مطابق با نتایج تحقیق حاضر، کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین پیش از کاشت برای مهار علف‌های هرز در گیاهان زراعی مهمی مثل کنجد، سویا (*Glycin max* L.)، نخود (*Cicer arietinum* L.)، لوبیا، کلزا (*Phaseolus vulgaris* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در سراسر جهان ثبت شده است (Grichar et al., 2011; Mamnooe et al., 2012; Fernandes et al., 2013; Karimmojeni et al., 2015; Chaudhari et al., 2019; Daneshvari et al., 2021). از این‌رو، در کنجد مهار علف‌های هرز در اوایل دوره رشد جهت دستیابی به عملکرد بالا ضروری می‌باشد (Grichar et al., 2011). به نظر می‌رسد که رشد کنجد در مراحل اولیه دوره رشد نسبت به علف‌های هرز کندتر می‌باشد و از این‌رو به علف‌های هرز حساسیت دارد. لذا در صورت عدم مهار علف‌های هرز در اوایل استقرار گیاه، خسارات

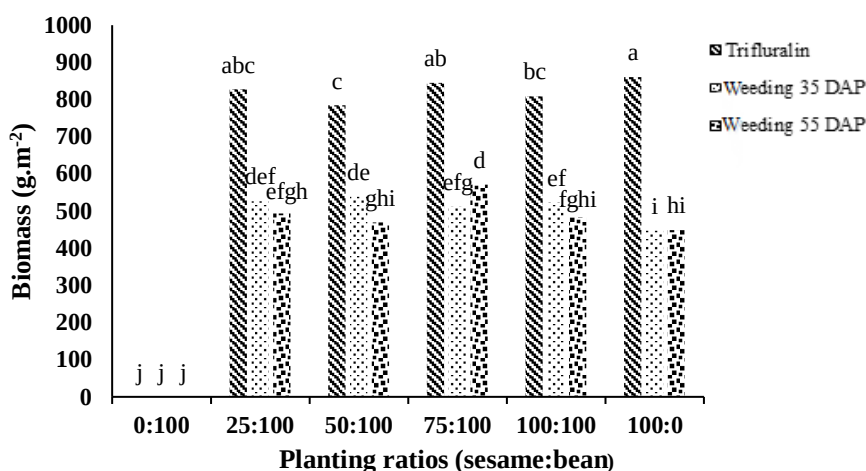
درصد کنجد + ۱۰۰ درصد لوبیا، عملکرد نسبی کنجد بیشتر از عملکرد نسبی لوبیا بود. این محققان همچنین گزارش کردند که در شرایط وجین، بیشترین عملکرد نسبی کنجد از نسبت ۵۰ درصد کنجد + ۱۰۰ درصد لوبیا و بیشترین عملکرد نسبی لوبیا از نسبت ۱۰۰ درصد کنجد + ۵۰ درصد لوبیا به دست آمد. آن‌ها نشان دادند که در شرایط وجین، هنگامی که تراکم لوبیا ثابت بود و تراکم کنجد از ۵۰ درصد به ۱۰۰ درصد افزایش یافت، عملکرد نسبی کنجد براساس عملکرد دانه کاهش یافت، درحالی‌که عملکرد نسبی کنجد براساس عملکرد بیولوژیک افزایش یافت.

تری‌فلورالین در نسبت کشت مخلوط ۵۰:۱۰۰ کنجد و لوبیا بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار علف‌کش کاربرد تری‌فلورالین در نسبت کشت مخلوط ۲۵:۱۰۰ کنجد و لوبیا نداشت (شکل ۷). این نتیجه نشان‌دهنده کارایی ضعیف تری‌فلورالین در بهبود عملکرد نسبی کنجد بود که می‌تواند ناشی از کارایی ضعیف این علف‌کش در مهار علف‌های هرز با گذشت زمان طولانی از مصرف آن و تجزیه احتمالی آن باشد. خسروی و همکاران (Khosravi et al., 2021) نیز گزارش کردند که در شرایط وجین و نسبت‌های کشت ۱۰۰ درصد کنجد + ۱۰۰ درصد لوبیا و ۵۰



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه کنجد حاصل از اثر متقابل نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد و روش‌های مهار علف‌های هرز
Fig. 4- Mean comparison of sesame seed yield obtained from the interaction of mixed cropping ratio and weed control methods

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند
Columns with at least one letter in common do not have a significant difference at the 5% probability level based on the LSD test



شکل ۵- مقایسه میانگین زیست‌توده کنجد حاصل از اثر متقابل نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد و روش‌های مهار علف‌های هرز
Fig. 5- Mean comparison of sesame biomass obtained from the effect of the interaction of mixed cropping ratio and weed control methods

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند
Columns with at least one letter in common do not have a significant difference at the 5% probability level based on the LSD test

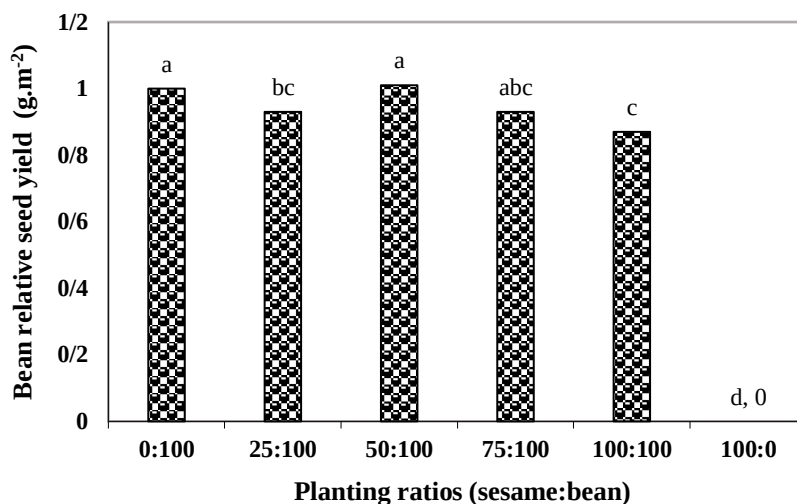
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مربوط به شاخص‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت و روش‌های مهار علف‌های هرز

Table 2- Analysis of variance of traits related to mixed cropping indices of bean and sesame under different ratios of mixed cropping and weed control methods

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares		
		عملکرد نسبی لوبیا	عملکرد نسبی کنجد	نسبت برابری زمین Land equation ratio (LER)
		Relative yield of bean	Relative yield of sesame	
تکرار Replication	2	0.068**	0.0001 ^{ns}	0.07**
نسبت کشت مخلوط Mixed cropping ratio (MR)	5	0.001 ^{ns}	0.1942**	0.21**
روش‌های مهار علف‌های هرز Weed control methods (WCM)	2	1.374**	1.7404**	1.83**
نسبت کشت مخلوط × روش‌های مهار علف‌های هرز MR × WCM	10	0.007 ^{ns}	0.0334**	0.04**
خطا Error	34	0.007	0.0013	0.01
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	10.37	4.01	6.21

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد؛ ns، غیرمعنی‌دار

* and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively. ns: non significant

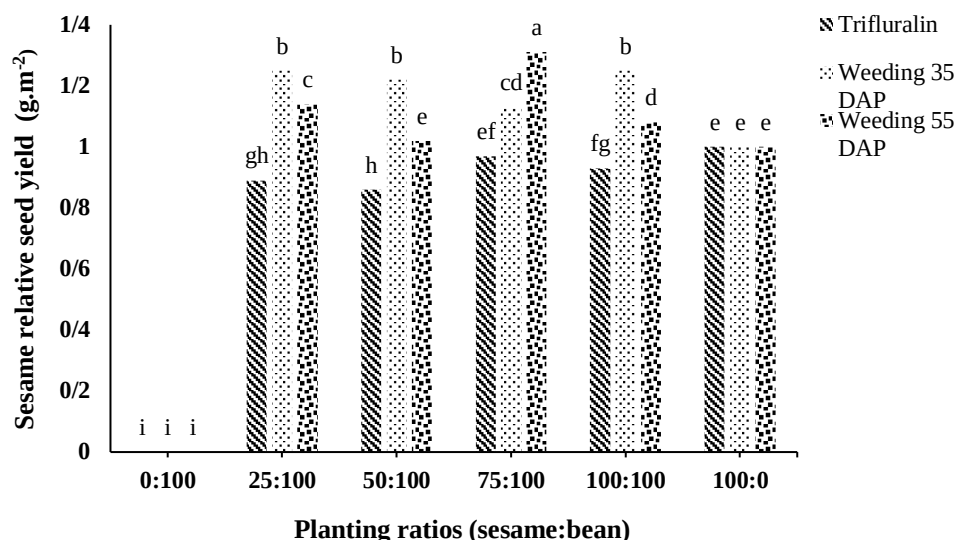


شکل ۶- اثر نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد بر عملکرد نسبی لوبیا

Fig. 6- Effect of mixed cropping ratios of bean and sesame on relative yield of bean

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند

Columns with at least one letter in common do not have a significant difference at the 5% probability level based on the LSD test.



شکل ۷- اثر متقابل نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد و روش‌های مهار علف‌های هرز بر عملکرد نسبی کنجد

Fig. 7- Effect of the interaction of mixed cropping ratios of bean and sesame and weed control methods on relative yield of sesame

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

Columns with at least one letter in common do not have a significant difference at the 5% probability level based on the LSD test

مخلوط با لوبیا و فرآیند تثبیت نیتروژن توسط آن، اثر مثبت پذیرفته است و منجر به رشد و عملکرد بیشتر در کنجد شده است. در همین زمینه، قلی‌پور و شریفی (Gholipour & Sharifi, 2016) با مطالعه کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان، بیشترین عملکرد نسبی را در دانه آفتابگردان به‌ویژه در نسبت ۲۵ لوبیا / ۷۵ آفتابگردان گزارش کردند. در مطالعه کشت مخلوط کنجد و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)، عملکرد نسبی کنجد از ۰/۷۹ تا ۰/۸۷ و عملکرد نسبی بادام زمینی از ۰/۵۴ تا ۰/۷۷ متغیر بود که بیانگر بیشتر بودن عملکرد نسبی کنجد نسبت به عملکرد نسبی بادام زمینی بود (Khan et al., 2017). مرادی و همکاران (Moradi et al., 2016) نیز با مطالعه کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.)، کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) و لوبیا چیتی بیان کردند که بالاترین عملکرد نسبی مربوط به ذرت و کمترین مقدار آن مربوط به لوبیا چیتی بود و علت آن راجه عملکرد کمتر لوبیا در اثر رقابت برون گونه‌ای برای منابع رشدی (مثل نور، آب و عناصر غذایی) و سرعت رشد بالاتر ذرت نسبت به لوبیاچیتی نسبت دادند. به‌طور کلی در مطالعه حاضر، کمتر بودن عملکرد نسبی لوبیا در کشت مخلوط با کنجد می‌تواند به دلیل غالبیت احتمالی کنجد بر لوبیا باشد که منجر به ایجاد رقابت برون گونه‌ای در لوبیا شده و عملکرد نسبی لوبیا را تحت تأثیر قرار داده است.

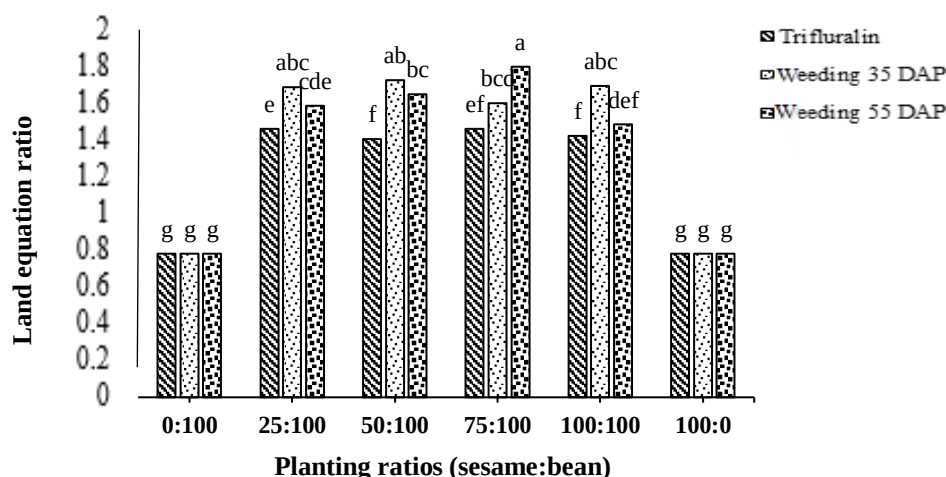
در این آزمایش با افزایش تراکم کنجد در کشت مخلوط با لوبیا، عملکرد نسبی لوبیا کاهش یافت، به‌طوری که در نسبت کشت مخلوط ۱۰۰:۱۰۰ لوبیا و کنجد، کمترین عملکرد نسبی لوبیا مشاهده شد، اما عملکرد نسبی کنجد افزایش یافت، به‌طوری که در تیمار وجین دستی ۵۵ روز پس از کاشت در نسبت کشت مخلوط ۷۵:۱۰۰ کنجد و لوبیا و تیمار وجین دستی ۳۵ روز پس از کاشت در نسبت کشت مخلوط ۱۰۰:۱۰۰ کنجد و لوبیا، بیشترین عملکرد نسبی کنجد حاصل شد. در این ارتباط، گزارش شده است که عملکرد نسبی تحت تأثیر تراکم و گونه گیاهی موجود در کشت مخلوط قرار دارد (Moradi et al., 2016). قلعه‌نویی و همکاران (Ghale Noyee et al., 2017) با بررسی کشت مخلوط افزایشی کنجد در لوبیا گزارش کردند که با افزایش تراکم کنجد، عملکرد نسبی کنجد به دلیل خاصیت تثبیت‌کنندگی نیتروژن توسط ریشه‌های لوبیا افزایش و عملکرد نسبی لوبیا نیز به علت افزایش رقابت بین گیاهان کاهش یافت. خان و همکاران (Khan et al., 2017) بیان کردند که عملکرد نسبی کنجد و بادام زمینی در الگوی کشت سه ردیف بادام زمینی در بین ردیف‌های کنجد بیشتر از الگوی کشت دو ردیف بادام زمینی بود.

عملکرد نسبی کنجد در تمام نسبت‌های کشت مخلوط بالاتر از لوبیا بود که می‌توان چنین استنباط کرد که در تیمارهای کشت مخلوط، گیاه کنجد غالب بوده و از کشت

نسبت برابری زمین

براساس نتایج این پژوهش، اثرات متقابل نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد و روش‌های مهار علف‌های هرز بر نسبت برابری زمین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد و روش‌های مهار علف‌های هرز بر نسبت برابری زمین نشان داد که بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۸۰) مربوط به تیمار وجین دستی ۵۵ روز پس از کاشت در نسبت کشت مخلوط ۷۵:۱۰۰ لوبیا و کنجد بود که اختلاف

معنی‌داری با تیمار وجین دستی ۳۵ روز پس از کاشت در نسبت کشت مخلوط ۵۰:۱۰۰ لوبیا و کنجد نداشت. همچنین کمترین نسبت برابری زمین با میانگین کمتر از یک مربوط به کشت‌های خالص لوبیا و کنجد بود. این در حالی بود که کاربرد روش‌های مختلف مهار علف‌های هرز (شامل علف کش تری‌فلورالین، وجین ۳۵ روز پس از کاشت و وجین ۵۵ روز پس از کاشت) در کشت خالص لوبیا و کنجد اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند. این نتایج نشان می‌دهد که نسبت برابری زمین در تمام تیمارهای کشت مخلوط لوبیا و کنجد بیشتر از شرایط تک‌کشتی بود (شکل ۸).



شکل ۸- اثر متقابل نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد و روش‌های مهار علف‌های هرز بر نسبت برابری زمین

Fig. 8- Effect of the interaction of mixed cropping ratios of bean and sesame and weed control methods on land equation ratio
ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

Columns with at least one letter in common do not have a significant difference at the 5% probability level based on the LSD test

درصد لوبیا در شرایط وجین دارای نسبت برابری زمین ۱/۱۵ بود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) با بررسی کشت مخلوط کنجد و ماش سبز اعلام کردند که نسبت برابری زمین برای تمامی تیمارهای کشت مخلوط همراه با مهار علف‌های هرز، بیشتر از یک بود. برتری عملکرد و بهره‌وری در کشت مخلوط ممکن است به دلیل مجموعه‌ای از اثرات عوامل متعدد نظیر بهره‌وری بهتر از رطوبت خاک، عناصر غذایی و تشعشع و مهار مؤثرتر علف‌های هرز باشد (Bigonah et al., 2013; Stomph et al., 2020).

نتیجه‌گیری

بالاترین عملکرد دانه و زیست‌توده لوبیا در نسبت کشت خالص لوبیا و کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین حاصل شد. کمترین عملکرد دانه و زیست‌توده لوبیا به علت وجود رقابت بین گونه‌ای

به نظر می‌رسد که کنجد در کشت مخلوط، از لوبیا به عنوان یک گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن، اثرات مثبت پذیرفته است و منجر به افزایش نسبت برابری زمین شده است. نسبت برابری زمین بیشتر از یک در نظام‌های کشت مخلوط، مزیت عملکرد کلی محصولات مخلوط را نسبت به محصولات تنها نشان می‌دهد (De la Fuente et al., 2014) و حاکی از کارایی و بهره‌وری بالای کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی است (Begna et al., 2021). اعتقاد بر این است که نسبت برابری زمین، شاخصی مناسب برای بررسی کارایی مصرف منابع مثل نور، عناصر غذایی و آب در کشت مخلوط است و هنگامی که مقدار آن بیشتر از یک می‌شود، بیانگر کاهش رقابت بین گونه‌ای و نیز سودمندی کشت مخلوط است (Maitra et al., 2019).

حسین‌زاده و همکاران (Hosseinzadeh et al., 2021)

نتیجه گرفتند که نسبت کشت مخلوط ۵۰ درصد کنجد + ۵۰

۳۵ روز پس از کاشت در نسبت کشت مخلوط ۵۰:۱۰۰ لوبیا و کنجد نداشت. کمترین نسبت برابری زمین با میانگین یک در تیمارهای کاربرد روش‌های مختلف مهار علف‌های هرز شامل کاربرد علف کش تری فلورالین، وجین ۳۵ و ۵۵ روز پس از کاشت در کشت خالص کنجد و کاربرد روش‌های مختلف مهار علف‌های هرز در کشت خالص لوبیا مشاهده شد. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، کشت مخلوط کنجد و لوبیا با نسبت ۱۰۰:۷۵ به همراه یک بار وجین علف‌های هرز در ۵۵ روز پس از کاشت قابل توصیه می‌باشد. با این وجود، آزمایش‌های تکمیلی و تکرار آن در سال‌ها و مکان‌های مختلف پیشنهاد می‌شود.

در نسبت کشت مخلوط ۱۰۰:۱۰۰ کنجد و لوبیا در شرایط وجین ۳۵ روز و ۵۵ روز بعد از کاشت به دست آمد. از سوی دیگر، بیشترین عملکرد دانه و زیست‌توده کنجد مربوط به کشت خالص کنجد و کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین بود و کمترین عملکرد دانه کنجد در کشت خالص کنجد و در شرایط وجین ۵۵ روز پس از کاشت حاصل شد. کمترین زیست‌توده کنجد در کشت خالص کنجد و در شرایط وجین ۳۵ روز پس از کاشت به دست آمد. در تمامی تیمارهای کشت مخلوط کنجد و لوبیا، نسبت برابری زمین بیشتر از تک کشتی‌های کنجد و لوبیا بود. بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۸۰) مربوط به تیمار وجین دستی ۵۵ روز پس از کاشت در نسبت کشت مخلوط ۷۵:۱۰۰ لوبیا و کنجد بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار وجین دستی

References

- Aghaalikhani, M., Yadavi, A., & Modares Sanavi, S. A. M. (2005). The critical period of weed control of colorado beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Lordegan. *Scientific Journal of Agriculture*, 28(1), 111-125. (In Persian). <https://sid.ir/paper/24795/fa>
- Ahmadi, A., Mohasel, M. R., Meybodi, M. B., & Rostami, M. (2005). Evaluation of the effect of critical period of weed competition on yield, yield components and morpho-physiological traits of bean, *Derakhshan Cultivar. Pests and Diseases of Plants*, 1, 31-49.
- Akbia, H., Elham, E., Abdolreza, S., & Zare, A. (2020). Evaluation of sowing method and soil applied herbicides on weed control and yield of sesame. *Journal of Crops Improvement*, 22(4), 543-556. <https://doi.org/10.22059/jci.2020.295527.2333>
- Bagheri, A., Zand, E., & Parsa, M. (1997). Pulses, The Challenges and Strategies. Jihad Daneshgahi of Press, 96 pp. (In Persian)
- Bahador, M., Moosavi, S. G. R., & Ramazani, S. H. R. (2019). Effect of weed free periods and crop density on morphological traits, yield, and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of plant production*, 33(2), 193-211. <https://doi.org/10.22067/jpp.v33i2.68641>
- Begna, S., Angadi, S., Mesbah, A., Umesh, R. M., & Stamm, M. (2021). Forage yield and quality of winter canola-pea mixed cropping system. *Sustainability* 13(4), 2122. <https://doi.org/10.3390/su13042122>
- Bigonah, R., Rizvani Moghaddam, P., & Jahan, M. (2013). The effect of intercropping on biological performance, nitrogen percentage and morphological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Iranian Agricultural Research*, 12, 369-377. (In Persian). <https://sid.ir/paper/356873/fa>
- Chalmers, S. (2017). Responses of pea and canola intercrops to nitrogen and phosphorus applications. In Westman Agricultural Diversification Organization 2017 Annual Report (pp. 127-136). Westman Agricultural Diversification Organization Manitoba.
- Chaudhari, S., Jennings, K. M., Culpepper, S., Batts, R. B., & Bellinder, R. (2019). Turnip tolerance to preplant incorporated Trifluralin. *Weed Technol*, 33, 123-127. <https://doi.org/10.1017/wet.2018.66>
- Daneshvari, G., Yousefi, A. R., Mohammadi, M., Banibairami, S., Shariati, P., Rahdar, A., & Kyzas, G. Z. (2021). Controlled-release formulations of trifluralin herbicide by interfacial polymerization as a tool for environmental hazards. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(6), 13866-13877. <https://doi.org/10.33263/BRIAC116.1386613877>
- De la Fuente, E. B., Suárez, S. A., Lenardis, A. E., & Poggio, S. L. (2014). Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems: evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 70, 47-52. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2014.05.002>
- Dowling, A., Sadras, V. O., Roberts, P., Doolette, A., Zhou, Y., & Denton, M. D. (2021). Legume-oilseed intercropping in mechanised broadacre agriculture—A review. *Field Crops Research*, 260, 107980. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107980>

- FAO. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Food and agricultural commodities production: Countries by commodity. Retrieved december 2021 from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Ghale Noyee, S., Koocheki, A., Naseri Poor Yazdi, M. T., & Jahan, M. (2017). Effect of different treatments of mixed and row intercropping on yield and yield components of sesame and bean. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15, 588-602. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v15i3.49345>
- Gholipour, M., & Sharifi, P. (2016). Yield and productivity indices of common bean and sunflower intercropping in different planting ratios. *Journal of Plant Ecophysiology*, 23, 127-137. (In Persian)
- Grichar, W. J., Dotray, P. A., & Langham, D. R. (2011). Weed Control and the Use of Herbicides in Sesame Production. In *Herbicides, Theory and Applications*, Edits. S. Soloneski and M. L. Iarramendly. Published by InTech. <https://doi.org/10.5772/12945>.
- Heydari, S., Movahhedi Dehnavi, M., & Yadavi, A. R. (2018). Response of yield and yield component of three sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions to density in rostan region, Fars province. *Plant Production Technology*, 9(2), 91-103. (In Persian). <https://doi.org/10.22084/ppt.2017.8276.1478>
- Hosseinzadeh, M., Hoseini, S. M. B., & Alizadeh, H. (2021). Study of sesame (*Sesamum indicum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping under weed control and non-control conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(3), 147-162. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.294043.654669>
- Karimmojeni, H., Yousefi, A. R., Kudsk, P., & Bazrafshan, A. H. (2015). Broadleaf weed control in winter-sown lentil (*Lens culinaris*). *Weed Technology*, 29, 56-62. <https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00184.1>
- Khajehpour, M. R. (2004). Industrial Crop. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. 571 pp. (In Persian).
- Khan, M., Sultana, N., Akhtar, S., Akter, N., & Zaman, M. (2017). Performance of intercropping groundnut with sesame. *Bangladesh Agronomy Journal*, 20(1), 99-105. <https://doi.org/10.3329/baj.v20i1.34888>
- Khosravi, M., Tavassoli, A., Piri, I., & Babaeian, M. (2021). Effect of weeds management on yield and nutrient content of sesame (*Sesamum indicum* L.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in intercropping. *Scientific Journal of Agricultural Research and Sustainable Production*, 31(4), 1-16. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/saps.2021.43874.2602>.
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Najib Nia, S., Lalehgani, B., & Porsa, H. (2015). Study of pulse crops biodiversity in agroecosystems of Iran. *Iranian Legumes Research*, 6(2), 19-30. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v1394i2.44408>
- Maitra, S., Palai, J. B., Manasa, P., & Kumar, D. P. (2019). Potential of intercropping system in sustaining crop productivity. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 12(1), 39-45. <https://doi.org/10.30954/0974-1712.03.2019.7>
- Mamnooie, E., Shimi, P., & Baghestani, M. A. (2012). Evaluation of various herbicide efficiency in weed control of sesame (*Sesamum indica*) in Jiroft and Kohnuj. *Iranian Journal of Weed Science*, 8, 1-12.
- Mehdipour, H., Abbasi, R., & Abbasian, A. (2019). Effect of mung bean (*Vigna radiata* L.) cover crop density on Seed yield and yield components of sesame (*Sesame indicum* L.) and weed control. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(2), 255-266. (In Persian)
- Moradi, P., Asghari, J., Abadi, M., & Samiezadeh, H. (2016). Evaluation of the beneficial effects of triple intercropping of maize (*Zea mays* L.), pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing*, 6(19), 177-189. (In Persian). <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.19.177>.
- Oyinloye, B. E., Ajiboye, B. O., Ojo, O. A., Nwozo, S. O., & Kappo, A. P. (2016). Cardioprotective and antioxidant influence of aqueous extracts from *Sesamum indicum* seeds on oxidative stress induced by cadmium in wistar rats. *Pharmacognosy Magazine*, 12(Suppl 2), S170. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.182155>
- Raza, A., Hafeez, M. B., Zahra, N., Shaikat, K., Umbreen, S., Tabassum, J., Charagh, S., Khan, R. S. A., & Hasanuzzaman, M. (2020). The plant family Brassicaceae: Introduction, biology, and importance. *The Plant Family Brassicaceae: Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses*, 1-43. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6345-4_1.
- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A. A., & Moradi, R. (2018). Investigating the effect of chemical and organic fertilizers on the yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in different planting densities. *Agricultural Ecology*, 2, 256-265. (In Persian). <https://sid.ir/paper/211135/fa>
- Sadeghipour, O., & Ghaffari Khaliq, H. (2013). The effect of weeding and different herbicides on bean weed control (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 4, 277-282. (In Persian). <https://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1381.4.4.5.2>

- Stomph, T., Dordas, C., Baranger, A., De Rijk, J., Dong, B., Evers, J., Gu, C., Li, L., Simon, J., & Jensen, E. S. (2020). Designing intercroops for high yield, yield stability and efficient use of resources: Are there principles? *Advances in Agronomy*, 160(1), 1-50. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.10.002>
- Fernandes, T. C., Pizano, M. A., & Marin-Morales, M. A., (2013). *Characterization, Modes of Action and Effects of Trifluralin: A Review*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/55169>



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.88977.1094>

Investigation of Population Changes and Determination of the Bean Pod Borer *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera:Noctuidae) Peak in Bean *Phaseolus vulgaris* Linnaeus Fields by Pheromone Traps

Sedighe Ashtari^{1*}

Received: 19-07-2024

Revised: 15-10-2024

Accepted: 10-11-2024

Available Online: 13-11-2024

Cite this article:

Ashtari, S. (2025). Investigation of population changes and determination of the bean pod borer *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera:Noctuidae) peak in bean *Phaseolus vulgaris* Linnaeus fields by pheromone traps. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 37-53. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.88977.1094>

Introduction

beans *Phaseolus vulgaris* Linnaeus, is one of the most important legumes cultivated in many countries around the world. According to statistics published by the Ministry of Agriculture, the cultivated area of beans in Iran is 91798 ha with an average yield of 2307 kg.ha⁻¹. In Markazi province, the cultivated area of beans is 13401 ha with an average yield of 2786 kg.ha⁻¹, making it one of the major bean-growing regions in the country. The bean pod borer, scientifically known as *Helicoverpa armigera* Hufn. (Lep.Noctuidae), is one of the important pests.

Materials and Methods

To address the damage caused by this pest to bean crops, a project was conducted to study changes in the population of adult insects and larvae over two years (2022 and 2023). In each of the two study areas (Milajerd and Khomein), two infected farms (approximately one hectare each) were selected (a total of 4 farms), and 3 delta traps were placed in each farm in a triangular pattern and 100 meters apart. To eliminate edge effects for trap installation, traps were placed 5 meters inside the field and then installed. Traps were placed at a height equal to the tallest part of the plant using wooden stakes. This height was maintained throughout the experiment. Traps were installed before flowering and collected prior to crop harvest. Insects caught in pheromone traps were collected and counted weekly. To monitor larvae, two additional infested farms (each approximately one hectare and different from the farms where traps were installed) were selected. From each farm, 30 plants were randomly chosen during mid-flowering, and the number of larvae was counted every two weeks until harvest. To assess the extent of damage, 30 plants were selected from each farm after crop maturation and before harvest. For each plant, all healthy and damaged pods were identified, and the number of holes per pod, the damaged seeds in each pod, and the total seeds per pod due to pest activity were counted. Finally, the percentage of infection was estimated.

Results and Discussion

The findings from the pheromone trap study showed that, over the two-year period, Khomein county had a higher pest population than Milajerd. In the first year in Khomein county, the peak population was observed on Mordad 1 (July 23) in all three traps across both fields. In the second year, on the seventh of Mordad (July 29), the peak population of night moths occurred in Khomein county. In Milajerd county, the peak of moth capture happened in the first and second years on the sixteenth of Mordad (August 7) and the eleventh of Mordad (August 2) respectively. Examination of larval populations indicated that the peak of larval (First and second instar larvae) populations also occurred two weeks after the peak of night moth capture. Since local red and white bean varieties are more cultivated in Khomein and Milajerd counties respectively, the contamination level of red beans in Khomein compared to white beans in Milajerd has been higher. Therefore, to prevent pest spread, it is recommended that in areas with high contamination, cultivation of local white bean varieties should be prioritized over local red bean varieties. The investigation of the distribution and damage level of bean pod borer in important bean-growing areas of Markazi province over two years in five bean-growing regions (Arak, Khomain, Shazand, Milajerd, and Khondab) showed that Khomain and Khondab had the highest and lowest

1- Plant Protection Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Arak, Iran

* Corresponding Author: aroja95@gmail.com



©2024 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

infestation rates, respectively. Red pods showed more sensitivity to this pest compared to green and white pods. In this study, the highest population of bean pod borer larvae was recorded in the mid-flowering stage (Ashtari et al., 2022). The results of this research align with findings on the sensitivity of red bean pods and the timing of bean pod borer population emergence. Studies have shown that the optimal timing for chemical control of chickpea pod borers is when the maximum number of small larvae appears, typically coinciding with the mid-flowering and early pod formation stages (Shafaghi et al., 2022).

Conclusions

Considering that the largest population of bean pod borer larvae was about two weeks after the peak of the flight, therefore, it is recommended that if the population of this pest is high and there is a need for chemical control, it should be done about two weeks after the peak of the flight. Also, in order to reduce the percentage of pollution, it is recommended that if possible, farmers prioritize the cultivation of white beans over Chiti and red beans.

Keywords: Control time, Markazi province, Peak flight

.

بررسی تغییرات جمعیت و تعیین پیک شب‌پره غلاف‌خوار *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) در مزارع لوبیا *Phaseolus vulgaris* Linnaeus توسط تله‌های فرمونی

صدیقه اشتری^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی پیک شب‌پره غلاف‌خوار لوبیا در هر یک از دو منطقه مورد بررسی (میلاجرد و خمین) در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ دو مزرعه آلوده (با وسعت تقریبی یک هکتار) انتخاب (در مجموع چهار مزرعه) و در هر مزرعه سه عدد تله دلتا به‌صورت مثلثی و به‌فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر قرار گرفت. نتایج بررسی تله‌های فرمونی نشان داد که در دو سال اجرای آزمایش، شهرستان خمین نسبت به میلاجرد از جمعیت بیشتری از آفت برخوردار بود. در شهرستان خمین در سال اول، اوج جمعیت در هر دو مزرعه در یکم مرداد (۲۳ جولای) در هر سه تله رخ داد. در سال دوم در تاریخ هفتم مرداد (۲۹ جولای)، اوج جمعیت شب‌پره‌ها در شهرستان خمین به‌وقوع پیوست. در شهرستان میلاجرد، اوج شکار شب‌پره‌ها در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب در تاریخ‌های شانزدهم مرداد (۷ آگوست) و یازدهم مرداد (۲ آگوست) رخ داد. بررسی جمعیت لاروها نشان داد که اوج جمعیت لاروها (سن یک و دو) نیز دو هفته پس از اوج شکار شب‌پره‌ها ایجاد شد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، در مناطقی که جمعیت این آفت بالا بوده است، توصیه می‌شود که دو هفته پس از اوج شکار شب‌پره‌ها و براساس تاریخ کشت هر منطقه اقدام به مهار نمایند.

واژه‌های کلیدی: استان مرکزی، اوج پرواز، زمان مهار

مقدمه

(Karimzadeh Esfahani & Mohammadipour, 2011). این آفت قبلاً با نام‌های *Heliothis zea* Boddie, 1850 و *Heliothis obsoleta* Fabricius, 1775 نیز معرفی می‌شده است (Khanjani, 2007). کرم غلاف‌خوار لوبیا روی بیشتر از ۱۸۰ میزبان در ۷۰ خانواده گیاهی تغذیه می‌کند (Silva et al., 2020). مهم‌ترین محصولات میزبان این آفت شامل گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* Linnaeus)، پنبه (*Ceci neri* Linnaeus)، لپه هندی (*Gossypium herbaceum* Linnaeus)، سورگوم (*Cicer arietinum* Linnaeus)، لوبیا چشم بلبلی (*Dolichos* Linnaeus)، تاج‌خروس (*Celosia cristata* Linnaeus)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* Linnaeus)، باقلا (*Vicia faba* Linnaeus)، سویا (*Glycine soja* Linnaeus)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus) بامیه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus 1753 (Fabaceae: Faboideae) یکی از مهم‌ترین حبوبات می‌باشد که در اغلب کشورهای جهان کشت می‌شود. طبق آمار منتشرشده از طرف وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت لوبیا در ایران ۹۱۷۹۸ هکتار با متوسط عملکرد ۲۳۰۷ کیلوگرم در هکتار بوده است و استان مرکزی با سطح زیر کشت ۱۳۴۰۱ هکتار و متوسط عملکرد ۲۷۸۶ کیلوگرم در هکتار یکی از مناطق عمده لوبیاکاری کشور محسوب می‌شود (Ahmadi et al., 2022). کرم غلاف‌خوار لوبیا با نام علمی *Helicoverpa armigera* Hubner, 1809 (Lepidoptera: Noctuidae) یکی از آفات مهم می‌باشد که تحت نام‌های کرم غوزه پنبه، کرم غوزه گوجه‌فرنگی (*Helicoverpa armigera* Hubner) و پیله‌خوار نخود (*Helicoverpa armigera* Hubner) معروف است

۱- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران
(aroya95@gmail.com)
*- نویسنده مسئول:

میزان آسیب به پيله‌ها به ۹۵-۹۰ درصد نیز می‌رسد. گفته شده است که یک عدد لارو این آفت به‌تنهایی می‌تواند به ۲۵ تا ۴۰ عدد از پيله‌ها آسیب برساند (Shafaghi et al., 2020). نتایج یک پروژه تحقیقاتی که به‌مدت دو سال در استان‌های مرکزی و زنجان انجام شد، نشان داد که فراوانی گونه *Helicoverpa armigera* از سایر گونه‌ها بیشتر بود (Shafaghi et al., 2022). کنه تارتین دو لکه‌ای طی چند سال اخیر مهم‌ترین آفت لوبیا در کشور ایران بوده و سایر آفات این محصول کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند، اما خسارت ناشی از کرم غلاف‌خوار در یکی دو سال اخیر افزایش یافته و سبب شکایت کشاورزان و مصرف‌کننده‌ها، بدون توجه به نیاز یا عدم نیاز به سم‌پاشی شده است که می‌تواند سبب مقاومت این آفت به حشره‌کش‌ها شود. لذا با توجه به نقش کلیدی لوبیا در استان مرکزی و اهمیت این آفت و لزوم کاهش و مصرف بهینه سموم کشاورزی، مطالعه تغییرات جمعیت کرم غلاف‌خوار ضروری است.

مواد و روش‌ها

جهت تعیین تغییرات جمعیت حشرات بالغ به‌مدت دو سال در هر یک از دو منطقه میلارد و خمین در استان مرکزی، دو مزرعه آلوده (با وسعت تقریبی یک هکتار) انتخاب (در مجموع چهار مزرعه) و در هر مزرعه سه عدد تله دلتا به‌صورت مثلی و به‌فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر قرار گرفتند. به‌دلیل حذف اثر حاشیه‌ای جهت نصب تله‌ها، پنج متر از کناره مزرعه داخل آمده و سپس اقدام به نصب تله می‌شد (Moarefi et al., 2020). تله‌ها با استفاده از قیم چوبی در ارتفاعی برابر با بلندترین قسمت گیاه قرار گرفتند و این ارتفاع در تمام طول آزمایش ثابت نگه داشته شد (Shafaghi et al., 2020). تله‌ها قبل از گل‌دهی نصب و قبل از برداشت محصول جمع‌آوری شدند. حشرات شکارشده توسط تله‌های فرومونی هر هفته یک‌بار جمع‌آوری و شمارش شدند. پخش‌کننده فرومون (*Helicoverpa armigera*) تحت لیسانس تریفولیو آلمان، ساخت شرکت زیست بانی پایا) هر دو هفته یک‌بار تعویض شد. جهت شمارش لاروها در هر منطقه، دو مزرعه آلوده (با وسعت تقریبی یک هکتار) انتخاب شده و از اواسط گل‌دهی از هر مزرعه، ۳۰ بوته به تصادف انتخاب و تا قبل از برداشت هر دو هفته به همین صورت تعداد لاروها شمارش گردید. به‌منظور برآورد میزان خسارت نیز پس از رسیدن محصول و قبل از برداشت از هر مزرعه، ۳۰ بوته را انتخاب و کلیه غلاف‌های سالم و خسارت‌دیده، تعداد سوراخ‌های روی هر غلاف، دانه‌های

Pisum Linnaeus)، نخودفرنگی (*Abelmoschus esculentus sativum*)، توتون (*Nicotiana Rustica Linnaeus*)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum Linnaeus*)، ذرت (*Zea Linnaeus*)، مays و کتان (*Linum usitatissimum Linnaeus*) می‌باشد (Pezeshkpour & Ghorbani, 2021).

حشره بالغ این آفت، شب‌پره‌ای است که دارای بال‌های جلویی زردرنگ با دو لکه گرد و لوبیایی و بال‌های عقبی روشن با نوار قهوه‌ای‌رنگ در حاشیه می‌باشد، رنگ لاروها از سبز تا سیاه متفاوت است. روی بدن لارو چهار ردیف نوار تیره وجود دارد. بیشتر در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری حضور دارد (Shahraein et al., 2018). لاروهای کرم غلاف‌خوار قادر به تغذیه از برگ، ساقه و غلاف‌های لوبیا بوده و با خسارت به قسمت‌های زایشی و نقاط در حال رشد گیاه خسارت جبران‌ناپذیری را وارد می‌سازند (Rogers & Brier, 2010). در کشور ما بررسی‌های زیادی در مورد میزان خسارت این آفت روی لوبیا انجام نشده است. در ایران تاکنون ۴۴ گونه حشره روی حبوبات گزارش شده است که برخی از آن‌ها میزبان مشترک دارند. اهمیت اقتصادی بسیاری از این آفات روی حبوبات به‌طور دقیق تعیین نشده است (Sadeghi & Noori, 2008). سه گونه به اسامی *Heliothis virescens*, *Heliothis armigera* و *Heliothis peltigera* Denis & Hufnagel, 1766 و Schiffermuller, 1775 باعث کاهش عملکرد محصول نخود می‌شوند، ولی گونه *H. armigera* گونه غالب و فراوان مناطق بوده و ۹۴ درصد جمعیت آفت را تشکیل می‌دهد (Hoseini, 2017). از این نظر به‌دلیل حساس بودن بعضی ارقام کشاورزان، ناگزیر به استفاده از سموم شیمیایی می‌باشند. بنابراین یافتن میزان خسارت، تعیین سطح زیان اقتصادی و روش مهار مؤثر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در کشور ما بررسی‌های زیادی در مورد میزان خسارت این آفت روی لوبیا انجام نشده است. با بررسی تغییرات جمعیت *H. armigera* روی پنبه به این نتیجه رسیدند که مرحله گل‌دهی مصادف با بیشترین جمعیت آفت می‌باشد (Pratheepa et al., 2010). محققان با بررسی در مورد تأثیر شرایط آب‌وهوایی روی تغییرات جمعیت *H. armigera* چنین نتیجه گرفتند که با گرم شدن هوا، جمعیت این آفت روند افزایشی داشت (Hung & Hao, 2020). بررسی‌ها نشان داده است که به‌طور متوسط ۳۰ تا ۴۰ درصد پيله‌ها در نخود توسط این حشره آسیب می‌بینند که خسارتی حدود ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار ایجاد می‌کند. در شرایط مساعد رشدی آفت،

نتایج و بحث

بررسی تغییرات جمعیت شب‌پره‌های شکارشده توسط تله‌های فرمونی در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در مزارع شهرستان‌های خمین و میلajرد

در سال اول، میانگین تعداد شب‌پره‌های جذب‌شده به تله‌ها در مزارع شهرستان خمین بیشتر از مزارع شهرستان میلajرد بود.

اوج جمعیت در خمین در یکم مرداد (۲۳ جولای) و در میلajرد در شانزدهم مرداد (۷ آگوست) رخ داد (شکل ۱).

در سال دوم نیز میانگین تعداد شب‌پره‌های جذب‌شده به تله‌ها در مزارع شهرستان خمین بیشتر از مزارع شهرستان میلajرد بود.

اوج جمعیت در خمین در تاریخ هفتم مرداد (۲۹ جولای) و در میلajرد در تاریخ ۱۱ مرداد مصادف با ۲ آگوست رخ داد (شکل ۲).

نتایج تجزیه واریانس مرکب سال در قدرت جذب تله‌ها در شهرستان خمین

بین دو سال مورد بررسی در شهرستان خمین اختلاف معنی‌داری از نظر قدرت جذب تله‌ها مشاهده نشد، ولی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بین تیمارها (تله‌ها) و بین اثرات متقابل تکرار در سال و تیمار در سال مشاهده گردید (جدول ۱ و ۲).

خسارت‌دیده در هر غلاف و تعداد کل دانه در غلاف در اثر آفت مشخص و شمارش شده و در نهایت درصد آلودگی نیز مطابق با مقیاس ۱ تا ۹ به شرح زیر برآورد شد. برای برآورد میزان خسارت (درصد آلودگی) ناشی از آفت قبل از برداشت محصول، تعداد غلاف‌های سالم و سوراخ‌شده که نمونه‌برداری شده‌اند شمارش شده و درصد خسارت برآورد گردید. برای تعیین درجه خسارت آفت از مقیاس ۱ تا ۹ ارائه‌شده توسط لطیف و رید (Lateef & Reed, 1989) به شرح زیر استفاده شد. براساس تعداد کل غلاف در هر بوته و غلاف‌های سوراخ‌دار، درصد خسارت هر بوته جداگانه محاسبه و نمره‌دهی شد.

۱- نداشتن خسارت در غلاف‌ها

۲- خسارت کمتر از یک درصد در غلاف‌ها

۳- خسارت از یک تا پنج درصد در غلاف‌ها

۴- خسارت بیشتر از پنج تا ۱۰ درصد در غلاف‌ها

۵- خسارت بیشتر از ده تا ۱۵ درصد در غلاف‌ها

۶- خسارت بیشتر از ۱۵ تا ۲۰ درصد در غلاف‌ها

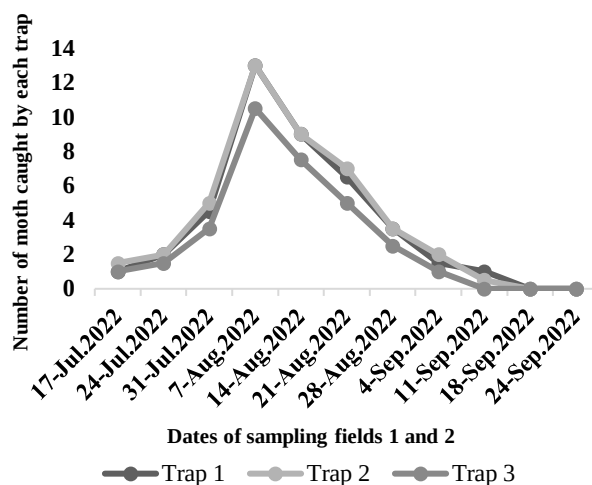
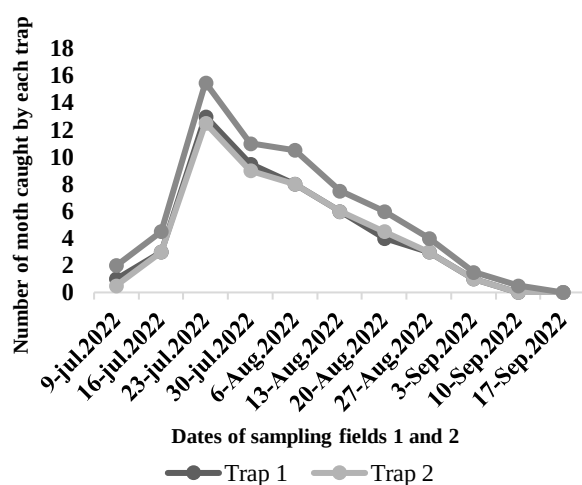
۷- خسارت بیشتر از ۲۰ تا ۲۵ درصد در غلاف‌ها

۸- خسارت بیشتر از ۲۵ تا ۴۰ درصد در غلاف‌ها

۹- خسارت بیشتر از ۴۰ درصد در غلاف‌ها

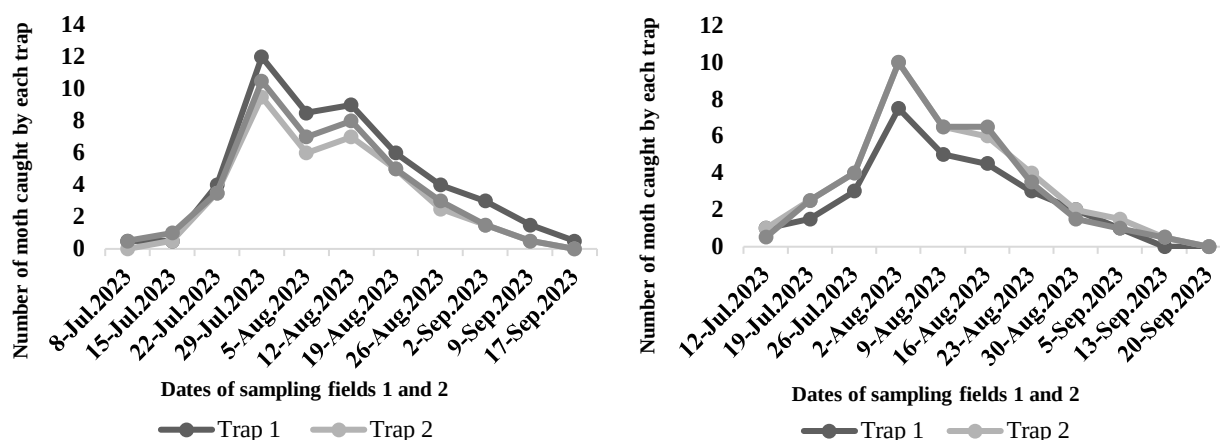
تجزیه تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح یک و پنج درصد انجام گردید.



شکل ۱- شب‌پره‌های شکارشده در شهرستان‌های خمین (چپ) و میلajرد (راست) سال ۱۴۰۱

Fig. 1- Moths caught in Khomein (left) and Milajerd (right) cities in 2022



شکل ۲- شب‌پره‌های شکارشده در شهرستان‌های خمین (چپ) و میلajرد (راست) سال ۱۴۰۲

Fig. 2- Moths caught in Khomein (left) and Milajerd (right) cities in 2023

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب سال در قدرت جذب تله‌ها در

شهرستان خمین

Table 1- Results of compound analysis of variance of the year in the attraction strength of the traps in Khomein city

منبع تغییرات	درجه آزادی	تله
S.O.V	df	Trap
سال	1	15.50 ^{ns}
Year		
سال × تکرار	20	48.57 ^{**}
Year × replication		
تیمار	2	4.85 ^{**}
Treatment		
سال × تیمار	2	6.28 ^{**}
Year × treatment		
خطا	40	0.24
Error		
ضریب تغییرات	-	11.32
CV		

ns: غیر معنی‌دار * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns: non-significant; * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۲- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب سال در قدرت جذب تله‌ها در شهرستان خمین

Table 2- Results of mean comparison of compound of the year in the attraction strength of the traps in Khomein city

ردیف	تله شماره یک	تله شماره دو	تله شماره سه
Row	Trap1	Trap2	Trap3
خمین	4.45 ^a	3.79 ^b	4.70 ^a
Khomein			

* عدد به دست آمده برای هر ستون میانگین است. میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شدند، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد دارند.

* The number obtained for each column is equal mean. means in a columns followed by different letters are significantly different at 1%

سطح یک و پنج درصد اختلاف معنی داری به دست آمد (جدول ۳ و ۴).

به طور کلی، مزرعه شماره یک به طور میانگین آلودگی بیشتری نسبت به مزرعه شماره دو در شهرستان خمین داشت. در مزرعه شماره یک تله شماره دو و سه و در مزرعه شماره دو تله شماره یک از قدرت جذب بیشتری برخوردار بودند.

نتایج تجزیه واریانس مرکب سال در قدرت جذب تله‌ها در شهرستان میلاجرد

بین دو سال مورد بررسی در شهرستان میلاجرد از نظر قدرت جذب تله‌ها اختلاف معنی داری مشاهده نشد، ولی اختلاف معنی داری در سطح یک درصد بین تیمارها (تله‌ها) و بین اثرات متقابل تکرار در سال و تیمار در سال مشاهده گردید (جدول ۵ و ۶).

نتایج تجزیه واریانس مرکب سال در مقایسه بین مزارع در شهرستان خمین

تله شماره یک: اثر متقابل تیمار در سال و بین سال‌های مورد بررسی اختلاف معنی داری مشاهده نشد. بین تیمارها (مزارع) اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد مشاهده شد. اثر متقابل تکرار در سال نیز در سطح یک درصد معنی دار بود.

تله شماره دو: بین سال‌ها و تیمارها (مزارع) اختلاف معنی داری مشاهده نشد، اما اختلاف معنی داری در سطح یک درصد بین اثرات متقابل تکرار در سال و تیمار در سال مشاهده گردید.

تله شماره سه: اختلاف معنی داری بین سال‌های مورد بررسی مشاهده نشد، اما بین تیمارها (مزارع) در سطح یک درصد و اثرات متقابل تکرار در سال و تیمار در سال به ترتیب در

جدول ۳- نتایج تجزیه مرکب سال در مقایسه بین مزارع در شهرستان خمین

Table 3- Results of compound analysis of the year in comparison between farms in Khomein city

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares		
		تله شماره یک Trap1	تله شماره دو Trap2	تله شماره سه Trap3
سال Year	1	0.09 ^{ns}	12.02 ^{ns}	46.02 ^{ns}
سال × تکرار Year × replication	20	33.59 ^{**}	27.53 ^{**}	36.98 ^{**}
تیمار Treatment	1	7.36 [*]	0.57 ^{ns}	12.02 ^{**}
سال × تیمار Year × treatment	1	3.27 ^{ns}	24.75 ^{**}	2.75 [*]
خطا Error	20	1.22	0.96	0.44
ضریب تغییرات CV	-	24.78	25.80	14.04

ns: غیر معنی دار، * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: Non-significant; * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۴- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب سال در مقایسه بین مزارع در شهرستان خمین

Table 4- Results of mean comparison of compound of the year in the in comparison between farms in Khomein city

ردیف Row	تله شماره یک Trap1	تله شماره دو Trap2	تله شماره سه Trap3
مزرعه یک Field 1	4.04 ^a	3.90 ^a	5.23 ^a
مزرعه دو Field 2	4.86 ^a	3.68 ^a	4.18 ^b

* عدد به دست آمده برای هر ستون میانگین است. میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شدند، اختلاف معنی داری در سطح یک و پنج درصد دارند.

* The number obtained for each column is equal mean. means in a columns followed by different letters are significantly different at 1% and 5%

جدول ۵- نتایج تجزیه مرکب سال در قدرت جذب تله‌ها در شهرستان میلajرد

Table 5- Results of compound analysis of the year in the attraction strength of the traps in Milajerj city

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تله Trap
سال Year	1	3.41 ^{ns}
سال × تکرار Year × replication	20	35.18 ^{**}
تیمار Treatment	2	2.12 ^{**}
سال × تیمار Year × treatment	2	3.49 ^{**}
خطا Error	40	0.25
ضریب تغییرات CV	-	15.02

ns: غیر معنی‌دار * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: non-significant; * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۶- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب سال در قدرت جذب تله‌ها در شهرستان میلajرد

Table 6- Results of mean comparison of compound of the year in the attraction strength of the traps in Milajerj city

ردیف Row	تله شماره یک Trap1	تله شماره دو Trap2	تله شماره سه Trap3
میلajرد Milajerj	3.20 ^b	3.70 ^a	3.14 ^b

* عدد به دست آمده برای هر ستون میانگین است. میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شدند، اختلاف معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد دارند.

* The number obtained for each column is equal mean. means in a columns followed by different letters are significantly different at 1% and 5%

بیشتری بهره‌مند بود. علاوه بر این در مزرعه شماره یک هر سه تله از مزرعه شماره دو قدرت جذب بیشتری داشتند.

نتایج تجزیه واریانس مرکب مکان در قدرت جذب تله‌ها

در شهرستان‌های خمین و میلajرد در سال ۱۴۰۱

تله شماره یک، دو و سه: بین تیمارها و بین مکان‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما اثر متقابل تکرار در مکان و تیمار در مکان در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۹ و ۱۰).

نتایج تجزیه واریانس مرکب مکان در قدرت جذب تله‌ها

در شهرستان‌های خمین و میلajرد در سال ۱۴۰۲

تله شماره یک، دو و سه: بین تیمارها و بین مکان‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما اثر متقابل تکرار در مکان و تیمار در مکان در سطح یک درصد، همچنین در تله

نتایج تجزیه واریانس مرکب سال در مقایسه بین مزارع

در شهرستان میلajرد

تله شماره یک: بین سال‌ها و اثر متقابل تیمار (مزارع) در سال اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین اختلاف معنی‌داری در مورد اثر متقابل تکرار در سال و بین تیمارها در سطح یک درصد به دست نیامد.

تله شماره دو: بین سال‌ها و بین تیمارها (مزارع) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد در مورد اثرات متقابل تکرار در سال و تیمار در به دست آمد.

تله شماره سه: اختلاف معنی‌داری بین سال‌های مورد بررسی مشاهده نشد، اما بین تیمارها (مزارع) در سطح پنج درصد و اثرات متقابل تکرار در سال و تیمار در سال اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد ملاحظه شد (جدول ۷ و ۸). در شهرستان میلajرد نیز مزرعه شماره یک از قدرت جذب

شماره یک اثر متقابل تیمار در مکان در سطح پنج درصد معنی دار بودند (جدول ۱۱ و ۱۲).

بررسی تغییرات جمعیت لاروهای غلاف خوار لوبیا در سال های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در شهرستان خمین از اواسط گل دهی تا قبل از برداشت

در سال اول، در مزرعه شماره یک در شهرستان خمین میانگین تعداد لاروها در همه تاریخ های نمونه برداری از مزرعه شماره دو بیشتر بود و بیشترین میانگین تعداد لارو در اولین تاریخ و در مزرعه شماره یک مشاهده شد. در سال دوم، مزرعه انتخابی شماره دو میانگین تعداد لارو بیشتری از مزرعه شماره یک داشت و باز هم در اولین تاریخ نمونه برداری که مصادف با اواسط مرحله گل دهی بود، بیشترین جمعیت لارو مشاهده شد. در

سال اول، مزرعه شماره یک و در سال دوم مزرعه شماره دو میانگین تعداد لارو بیشتری داشت، ولی به طور کلی، سال اول میانگین تعداد لاروهای دو مزرعه از سال دوم بیشتر بود. بیشترین و کمترین جمعیت لارو به ترتیب در مرحله اواسط گل دهی و قبل از برداشت مشاهده شد (شکل ۳).

بررسی تغییرات جمعیت لاروهای غلاف خوار لوبیا در سال های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در شهرستان میلajرد از اواسط گل دهی تا قبل از برداشت

در شهرستان میلajرد سال اول و دوم، مزرعه شماره دو تعداد لارو بیشتری نسبت به مزرعه شماره یک داشت. به طور کلی، جمعیت لاروها در سال اول از سال دوم بیشتر بود (شکل ۴).

جدول ۷- نتایج تجزیه مرکب سال در مقایسه بین مزارع در شهرستان میلajرد

Table 7- Results of compound analysis of the year in comparison between farms in Milajred city

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares		
		تله شماره یک Trap1	تله شماره دو Trap2	تله شماره سه Trap3
سال Year	1	16.57 ^{ns}	2.75 ^{ns}	1.45 ^{ns}
سال × تکرار Year × replication	20	22.65 ^{**}	26.74 ^{**}	21.98 ^{**}
تیمار Treatment	1	6.57 ^{**}	0.20 ^{ns}	32.82 ^{**}
سال × تیمار Year × treatment	1	1.11 ^{ns}	19.11 ^{**}	9.09 [*]
خطا Error	20	0.59	0.60	1.40
ضریب تغییرات CV	-	23.99	21.08	37.79

ns: غیر معنی دار، * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: non-significant; * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۸- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب سال در مقایسه بین شهرستان میلajرد

Table 8- Results of mean comparison of compound of the year comparison between farms in Milajred city

ردیف Row	تله شماره یک Trap1	تله شماره دو Trap2	تله شماره سه Trap3
مزرعه یک Field 1	3.59 ^a	3.77 ^a	4.00 ^a
مزرعه دو Field 2	2.82 ^b	3.64 ^a	2.27 ^b

* عدد به دست آمده برای هر ستون میانگین است. میانگین هایی که با حروف متفاوت مشخص شدند، اختلاف معنی داری در سطح یک و پنج درصد دارند.

* The number obtained for each column is equal mean. means in a columns followed by different letters are significantly different at 1% and 5%

جدول ۹- نتایج تجزیه مرکب مکان در قدرت جذب تله‌ها در شهرستان‌های خمین و میلajرد

Table 9- Results of compound analysis of the location in the attraction strength of the traps in Khomein and Milajred cities

میانگین مربعات Mean of squares				
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تله شماره یک Trap1	تله شماره دو Trap2	تله شماره سه Trap3
مکان Location	1	3.84 ^{ns}	1.45 ^{ns}	84.57 ^{ns}
مکان × تکرار Location × replication	20	35.40 ^{**}	34.37 ^{**}	36.39 ^{**}
تیمار Treatment	1	1.84 ^{ns}	0.82 ^{ns}	0.20 ^{ns}
مکان × تیمار Location × treatment	1	5.11 ^{**}	23.27 ^{**}	5.11 ^{**}
خطا Error	20	0.58	1.04	0.31
ضریب تغییرات CV	-	18.47	24.72	12.81

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: Non-significant; * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۱۰- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب مکان در قدرت جذب تله‌ها در شهرستان‌های خمین و میلajرد

Table 10- Results of mean comparison of compound of the location in the attraction strength of the traps in Khomein and Milajred cities

ردیف Row	تله شماره یک Trap1	تله شماره دو Trap2	تله شماره سه Trap3
مزارع شماره یک خمین و میلajرد Fields 1 (Khomein and Milajerd)	4.32 ^a	4.27 ^a	4.27 ^a
مزارع شماره دو خمین و میلajرد Field 2 (Khomein and Milajerd)	3.91 ^a	4.00 ^a	4.41 ^a

* عدد به دست آمده برای هر ستون میانگین است.

* The number obtained for each column is equal mean.

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی در شهرستان

خمین در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

جدول تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین دو سال آزمایش در شهرستان خمین بین تیمارها به‌استثنای (تعداد غلاف و تعداد دانه) مشاهده نشد. اثرات متقابل سال در تکرار نیز در همه تیمارها به‌استثنای درصد آلودگی در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود. همچنین بین همه تیمارها به‌استثنای تعداد غلاف و تعداد دانه، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثر متقابل سال در تیمار به‌استثنای تعداد غلاف در بقیه تیمارها معنی‌دار نشد.

تعداد غلاف: میانگین تعداد غلاف در مزرعه شماره ۲ بیشتر از مزرعه شماره ۱ بود، ولی از نظر آماری اختلاف

معنی‌داری نسبت به یکدیگر نداشتند.

تعداد غلاف آلوده: از نظر تعداد غلاف آلوده دو مزرعه با

یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند و میانگین تعداد غلاف آلوده در مزرعه شماره یک بیشتر بود.

تعداد سوراخ روی هر غلاف: در بین دو مزرعه از نظر

تعداد سوراخ روی هر غلاف اختلاف معنی‌داری به دست آمد و مزرعه شماره یک میانگین تعداد سوراخ روی هر غلاف بیشتری داشت.

تعداد دانه آلوده در هر غلاف: در بین دو مزرعه اختلاف

معنی‌داری از نظر تعداد دانه آلوده در هر غلاف در سطح یک درصد مشاهده شد و مزرعه شماره یک میانگین تعداد دانه آلوده در هر غلاف بیشتری نسبت به مزرعه شماره دو داشت.

تعداد کل دانه: بین تیمارها از نظر تعداد کل دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مزرعه شماره یک تعداد کل دانه بیشتری نسبت به مزرعه شماره دو داشت.

درصد آلودگی: بین تیمارها اختلاف معنی‌داری از نظر درصد آلودگی در سطح یک درصد به دست آمد. درصد آلودگی در مزرعه شماره یک از مزرعه شماره دو بیشتر بود.

نمره‌دهی: بین تیمارها اختلاف معنی‌داری از نظر نمره‌دهی در سطح پنج درصد مشاهده شد. نمره‌دهی در مزرعه شماره یک بیشتر از مزرعه شماره دو بود (جدول ۱۳ و ۱۴).

جدول ۱۱- نتایج تجزیه مرکب مکان در قدرت جذب تله‌ها در شهرستان‌های خمین و میلajرد
Table 11- Results of compound analysis of the location in the attraction strength of the traps in Khomein and Milajred cities

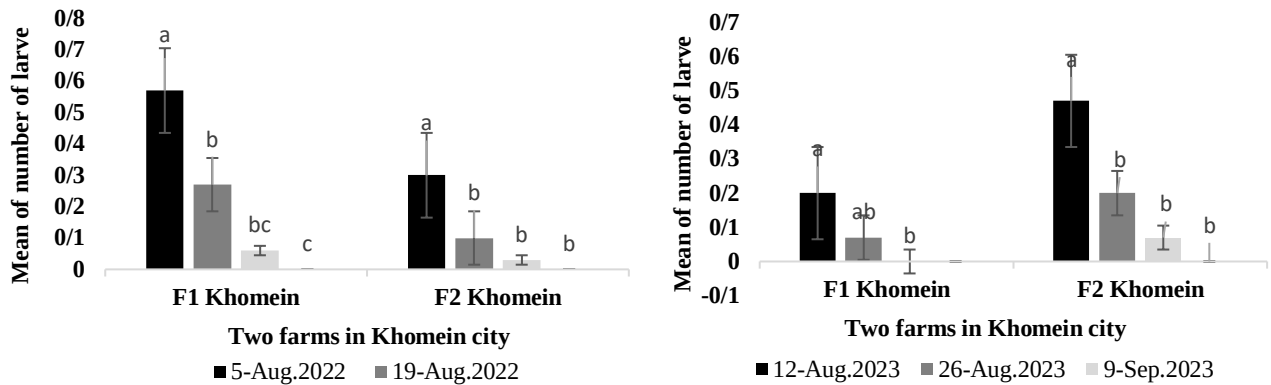
میانگین مربعات Mean of squares				
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تله شماره یک Trap1	تله شماره دو Trap2	تله شماره سه Trap3
مکان Location	1	40.09 ^{ns}	0.36 ^{ns}	1.45 ^{ns}
مکان × تکرار Location × replication	20	20.84 ^{**}	19.64 ^{**}	22.57 ^{**}
تیمار Treatment	1	2.27 ^{ns}	0.09 ^{ns}	3.27 ^{ns}
مکان × تیمار Location × treatment	1	9.09 [*]	20.45 ^{**}	48.09 ^{**}
خطا Error	20	1.23	0.52	1.53
ضریب تغییرات CV	-	31.30	21.49	35.36

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns: non-significant; * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۱۲- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب مکان در قدرت جذب تله‌ها در شهرستان‌های خمین و میلajرد
Table 12- Results of mean comparison of compound of the location in the attraction strength of the traps in Khomein and Milajred cities

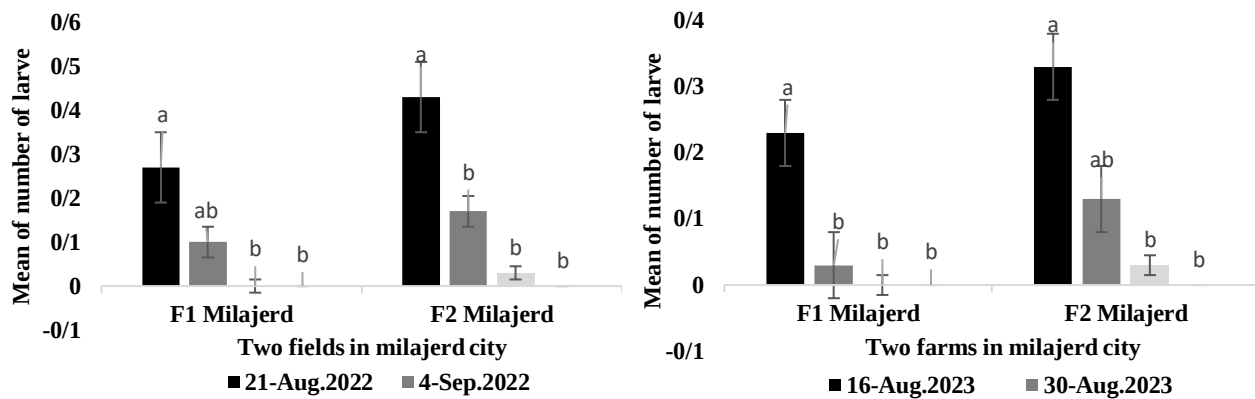
ردیف Row	تله شماره یک Trap1	تله شماره دو Trap2	تله شماره سه Trap3
مزارع شماره یک خمین و میلajرد Fields 1 (Khomein and Milajerd)	3.31 ^a	3.41 ^a	3.23 ^a
مزارع شماره دو خمین و میلajرد Field 2 (Khomein and Milajerd)	3.77 ^a	3.32 ^a	3.77 ^a

* عدد به دست آمده برای هر ستون میانگین است. میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شدند، اختلاف معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد دارند.
* The number obtained for each column is equal mean. means in a columns followed by different letters are significantly different at 1% and 5%



شکل ۳- تغییرات جمعیت لاروها در دو مزرعه (شماره یک و دو) در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در شهرستان خمین

Fig. 3- Changes in the population of larvae in two farms (numbers one and two) in the years 2022 and 2023 in Khomein city



شکل ۴- تغییرات جمعیت لاروها در دو مزرعه (شماره یک و دو) در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در شهرستان میلajرد

Fig. 4- Changes in the population of larvae in two farms (numbers one and two) in the years 2022 and 2023 in Milajerd city

تعداد غلاف آلوده: بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در هر دو سال به دست نیامد. مزرعه شماره یک بیشترین تعداد غلاف آلوده را داشت.

تعداد سوراخ روی هر غلاف: در هر دو سال اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید. مزرعه شماره یک بیشترین تعداد غلاف آلوده را داشت.

تعداد دانه آلوده در هر غلاف: در هر دو سال اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید. مزرعه شماره یک بیشترین تعداد غلاف آلوده را داشت.

تعداد کل دانه: بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. مزرعه شماره دو تعداد دانه بیشتری نسبت به مزرعه شماره یک داشت.

درصد آلودگی: در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. مزرعه شماره یک نسبت به مزرعه شماره دو درصد آلودگی بیشتری داشت.

نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی در شهرستان میلajرد

در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین دو سال آزمایش در شهرستان میلajرد اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. اثرات متقابل سال در تکرار نیز در همه تیمارها به‌استثنای تعداد غلاف در سطح یک درصد معنی‌دار نبود. بین همه تیمارها هم به‌استثنای تعداد غلاف آلوده، اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد سوراخ روی هر غلاف و تعداد دانه آلوده در هر غلاف مشاهده نشد. همچنین اثر متقابل سال در تیمار به‌استثنای تعداد غلاف و تعداد دانه در بقیه تیمارها معنی‌دار نشد.

تعداد غلاف: بین تیمارها از نظر تعداد غلاف اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. تعداد غلاف در مزرعه شماره دو بیشتر از مزرعه شماره یک بود.

جدول ۱۳- نتایج تجزیه مرکب صفات زراعی در دو سال اجرای پروژه در شهرستان خمین

Table 13- Results of compound analysis of agronomic traits in two year of project implementation in Khomein city

میانگین مربعات Mean of squares								
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف Number of pod	تعداد غلاف آلوده Number of infected pod	تعداد سوراخ روی هر غلاف Number of hole on each pod	تعداد دانه آلوده در هر غلاف Number of seed infection in each pod	تعداد کل دانه Number of seed	درصد آلودگی Percentage of infection	نمره دهی Grade
سال Year	1	703.12**	0.008 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.002 ^{ns}	28.45**	0.01 ^{ns}	0.14 ^{ns}
سال × تکرار Year × replication	58	9.12 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.29*	0.60 ^{ns}
تیمار Treatment	1	15.67 ^{ns}	0.22**	0.24**	0.24**	0.68 ^{ns}	2.20**	2.90*
سال × تیمار Year × treatment	1	48.61*	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}	1.40 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.29 ^{ns}
خطا Error	58	8.13	0.01	0.02	0.02	0.59	0.19	0.44
ضریب تغییرات CV	-	17.15	10.12	12.80	12.80	20.71	18.17	19.46

ns: غیر معنی دار، * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: Non-significant; * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۱۴- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب صفات زراعی در دو سال اجرای پروژه در شهرستان خمین

Table 14- Results of mean comparison of compound of agronomic traits in the two year of project implementation in Khomein city

ردیف Row	تعداد غلاف Number of pod	تعداد غلاف آلوده Number of infected pod	تعداد سوراخ روی هر غلاف Number of hole on each pod	تعداد دانه آلوده در هر غلاف Number of seed infection in each pod	تعداد کل دانه Number of seed	درصد آلودگی Percentage of infection	نمره دهی Grade
مزرعه یک Field 1	16.38 ^a	0.77 ^a	0.82 ^a	0.82 ^a	3.78 ^a	5.14 ^a	3.07 ^a
مزرعه دو Field 2	16.95 ^a	0.48 ^b	0.52 ^b	0.52 ^b	3.63 ^a	2.82 ^b	2.27 ^b

* عدد به دست آمده برای هر ستون میانگین است. میانگین هایی که با حروف متفاوت مشخص شدند، اختلاف معنی داری در سطح یک و پنج درصد دارند.

* The number obtained for each column is equal mean. means in a columns followed by different letters are significantly different at 1% and 5%

نتایج بررسی تله های فرمونی نشان داد که در دو سال اجرای آزمایش، شهرستان خمین نسبت به میلاجرد از جمعیت بیشتری از آفت برخوردار بود. در شهرستان خمین در سال اول، اوج جمعیت در هر دو مزرعه در یکم مرداد (۲۳ جولای) در هر سه تله رخ داد. در سال دوم در تاریخ هفتم مرداد (۲۹ جولای)، اوج جمعیت شب پره ها در شهرستان خمین به وقوع پیوست. در شهرستان میلاجرد، اوج شکار شب پره ها در سال های اول و دوم به ترتیب در تاریخ های شانزدهم مرداد (۷ آگوست) و یازدهم

نمره دهی: بین تیمارها اختلاف معنی داری در سطح یک درصد مشاهده شد. مزرعه شماره یک نسبت به مزرعه شماره دو میزان نمره دهی بیشتری داشت (جدول ۱۵ و ۱۶). یکی از آفات نوظهور لوبیا در استان مرکزی، غلاف خوار می باشد که در سال های اخیر افزایش جمعیت داشته است و تقریباً در همه مناطق لوبیاکاری استان مشاهده شده است. نتایج این پروژه نشان داد که در شهرستان خمین تعداد شب پره های جذب شده و میزان آلودگی بیشتر از میلاجرد بود.

از این نظر که آلودگی در مناطق مختلف نسبت به کرم غلاف‌خوار متفاوت می‌باشد، تشابه دارد. در مطالعه‌ای با بررسی زیست‌شناسی کرم‌های پيله‌خوار خود با تاریخ کشت‌های متفاوت در ایلام گزارش شد که در دیر کاشت بهاره، درصد آلودگی پيله به کرم‌های پيله‌خوار به مراتب کمتر (۱/۳) از میزان آلودگی در کشت انتظاری و عرف محل به‌ترتیب ۲۰/۶ و ۱۴/۶ درصد بود (Jozeyan, 1996). نتایج مطالعه حاضر با توجه به تفاوت درصد آلودگی در مناطق مختلف با این تحقیق مشابه است. با بررسی تأثیر چند رقم نخود در نوسانات جمعیت پيله‌خوار خود در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ مشاهده نمودند که بیشترین جمعیت لارو روی رقم NCSO-۵۲۵ به‌میزان ۴/۵۳ عدد به‌ازای هر گیاه و کمترین تعداد لارو روی رقم DG-۸۹ به‌میزان ۲/۴۰ عدد لارو به‌ازای هر گیاه بود (Solangi et al., 2016). نتایج این مطالعه به لحاظ متفاوت بودن جمعیت روی ارقام و توده‌های مورد مطالعه با نتایج مقاله حاضر تشابه دارد. در بررسی نوسانات کرم‌های پيله‌خوار خود این نتیجه به دست آمد که کمترین تعداد لارو ۰/۳۳ عدد به‌ازای هر گیاه و بیشترین آن ۵/۶۷ عدد به‌ازای هر گیاه بود (Gautam et al., 2018). محققان به ردیابی *H. armigera* با استفاده از تله‌های فرومونی روی گیاه میخک پرداختند (Chatterjee & Senapati, 2014). بررسی‌ها با تله فرومونی نشان داد که فعالیت این حشره در ناحیه مورد بررسی از فوریه تا دومین یا سومین هفته می، ادامه دارد. بررسی تغییرات جمعیت *H. armigera* روی پنبه نشان داد که دوره زمانی پس از وزش بادهای موسمی که مصادف با مرحله گل‌دهی می‌باشد، آفت بیشترین جمعیت را دارد که با نتایج این تحقیق مشابه است (Sharma et al., 2012). با بررسی تغییرات جمعیت غلاف‌خوار سویا در دو مزرعه در استان مازندران با استفاده از تله‌های فرومونی و نوری نتیجه‌گیری شد که اوایل دهه دوم مردادماه بهترین زمان جهت مهار شیمیایی غلاف‌خوار سویا می‌باشد، زیرا در این موقع از فصل، لاروهای ریز آفت دارای بالاترین تراکم می‌باشند که با نتایج این تحقیق تشابه دارد (Barari et al., 2011). یکی از دلایل جمعیت بیشتر این آفت در شهرستان خمین نسبت به میلajرد شاید کشت توده‌های محلی متفاوت در این دو شهرستان باشد. در شهرستان خمین عمده کشت لوبیا از توده‌های لوبیا چیتی و در شهرستان میلajرد بیشتر توده‌های لوبیا قرمز و سفید کشت می‌شود.

مرداد (۲ آگوست) رخ داد. بررسی پراکنش و میزان خسارت کرم غلاف‌خوار لوبیا در مناطق مهم لوبیاکاری استان مرکزی به‌مدت دو سال در پنج منطقه لوبیاکاری (اراک، خمین، شازند، میلajرد و خنداب) نشان داد که مناطق خمین و خنداب به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد آلودگی را داشتند. ارقام چیتی نسبت به قرمز و سفید به این آفت حساسیت بیشتری نشان دادند، همچنین بیشترین جمعیت لارو غلاف‌خوار لوبیا در مرحله اواسط گل‌دهی ثبت شد (Ashtari et al., 2022). نتایج بررسی محققان نشان داد که بهترین زمان کنترل شیمیایی پيله‌خوار خود همزمان با ظهور حداکثر لاروهای ریز (سن ۱ و ۲) می‌باشد که این مرحله مصادف با اواسط تشکیل گل (مرحله گل‌دهی) و اوایل پيله بستن بوته‌ها می‌باشد (Shafaghi et al., 2022). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیق حاضر (استان مرکزی) به لحاظ وجود بیشترین جمعیت لاروها در مرحله اواسط گل‌دهی مشابه می‌باشد. در مطالعه‌ای که در کشور هندوستان در مناطق مختلف به‌طور هفتگی جهت بررسی توزیع کرم غوزه پنبه *H. armigera* انجام شد، نتیجه گرفته شد که به‌طور میانگین بیشترین تعداد لارو به‌ازای هر گیاه ۵/۲ و کمترین تعداد لارو به‌ازای هر گیاه ۱/۴ بود. در مناطق مختلف این کشور، میانگین تعداد لارو متفاوت بود (Wakil et al., 2010) که به‌دلیل تفاوت از لحاظ کشور و محصول و همچنین موارد مورد مطالعه، نتایج تحقیق حاضر با نتایج حاصل از این تحقیق مشابه نمی‌باشد. در تحقیقی که میزان خسارت پيله‌خوار نخود روی چند رقم و لاین در دو آزمایش جداگانه (سم‌پاشی و تحت تنش (بدون سم‌پاشی)) در مزارع نخود استان کردستان مورد بررسی قرار گرفت، نتیجه‌گیری شد که ارقام تیپ کابلی بیشتر مورد حمله این آفت قرار می‌گیرند، ولی سازوکار جبران خسارت نیز در این ارقام بیشتر بود. در این آزمایش مشخص گردید که ارقام ILC537 و پیروز، کمترین آلودگی را به این آفت نشان دادند (Khanizad & Kanouni, 2006). نتایج تحقیق حاضر با نتایج این تحقیق به‌دلیل تفاوت در نوع محصول مشابه نمی‌باشد. محققان جمعیت و درصد آلودگی کرم‌های پيله‌خوار خود را در کشت‌های انتظاری و بهاره خود در مراغه و کرمانشاه مورد بررسی قرار دادند، در منطقه مراغه جمعیت پایینی در کشت انتظاری مشاهده شد، در حالی که در کرمانشاه جمعیت آفت در کشت انتظاری بیشتر از بهاره بود (Seyyedi Sahebari & Bahrami, 2004). نتایج تحقیق حاضر با نتایج این تحقیق

جدول ۱۵- نتایج تجزیه مرکب صفات زراعی در دو سال اجرای پروژه در شهرستان میلajرد

Table 15- Results of compound analysis of agronomic traits in two year of project implementation in Milajer city

میانگین مربعات Mean of squares								
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف Number of pod	تعداد غلاف آلوده Number of infected pod	تعداد سوراخ روی هر غلاف Number of hole on each pod	تعداد دانه آلوده در هر غلاف Number of seed infection in each pod	تعداد کل دانه Number of seed	درصد آلودگی Percentage of infection	نمره‌دهی Grade
سال Year	1	0.21 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.00008 ^{ns}	0.00008 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.07 ^{ns}
سال × تکرار Year × replication	58	10.74 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.50 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.43 ^{ns}
تیمار Treatment	1	158.00 ^{**}	0.04 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.07 ^{ns}	5.63 ^{**}	2.73 ^{**}	7.50 ^{**}
سال × تیمار Year × treatment	1	39.67 ^{**}	0.00005 ^{ns}	0.00003 ^{ns}	0.00003 ^{ns}	7.50 ^{**}	0.0006 ^{ns}	0.07 ^{ns}
خطا Error	58	3.10	0.02	0.02	0.02	0.43	0.18	0.55
ضریب تغییرات CV	-	11.58	11.78	13.69	13.69	19.07	18.62	24.32

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: non-significant; * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۱۶- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب صفات زراعی در دو سال اجرای پروژه در شهرستان میلajرد

Table 16- Results of mean comparison of compound of agronomic traits in in two year of project implementation in Milajer city

ردیف Row	تعداد غلاف Number of pod	تعداد غلاف آلوده Number of infected pod	تعداد سوراخ روی هر غلاف Number of hole on each pod	تعداد دانه آلوده در هر غلاف Number of seed infection in each pod	تعداد کل دانه Number of seed	درصد آلودگی Percentage of infection	نمره‌دهی Grade
مزرعه یک Field 1	13.97 ^b	0.53 ^a	0.58 ^a	0.58 ^a	3.22 ^b	4.01 ^a	2.55 ^a
مزرعه دو Field 2	16.45 ^a	0.38 ^a	0.38 ^a	0.38 ^a	3.65 ^a	1.94 ^b	1.88 ^b

* عدد به دست آمده برای هر ستون میانگین است. میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شدند، اختلاف معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد دارند.

* The number obtained for each column is equal mean. means in a columns followed by different letters are significantly different at 1% and 5%

نتیجه‌گیری

می‌شود که در صورت نیاز به مهار شیمیایی حدوداً دو هفته پس از اوج پرواز اقدام گردد، همچنین جهت کاهش درصد آلودگی، توصیه می‌شود که کشاورزان در صورت امکان کشت لوبیا سفید را نسبت به چیتی و قرمز در اولویت قرار دهند.

با توجه به اینکه بیشترین جمعیت لارو غلاف‌خوار لوبیا، حدوداً دو هفته پس از اوج پرواز شب‌پره‌ها بوده است، لذا توصیه

References

- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdshah, H., & Kazemian, A. (2022). Agricultural statistics, the first volume of crops. Ministry of Jihad Agriculture, Bureau of Statistics and Information Technology. 99 pp. (In Persian).
- Ashtari, S., Yousefi, M., & Goodarzi, G. (2022). Investigation of distribution and the loss assessment of *Helicoverpa armigera* in bean fields of Markazi province. *Iranian Journal of Pulses Research*, 13(2), 160-175. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v13i2.2204-1032>

- Barari, H., Espahbodi, A., & Peyravi, R. (2011). Survey on population dynamics of *Helicoverpa armigera* Hub. in soybean crops and evaluation on environmental abiotic and biotic factors for its control. Final Report of the Research Project. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 24 pp. (In Persian).
- Chatterjee, S. H., & Senapati, S. K. (2014). Monitoring of *Helicoverpa armigera* using pheromone traps and relationship of moth activity with larval infestation on carnation (*Dianthus caryophyllus*) in Darjeeling Hills. *Journal of Entomological Research*, 38(1), 23-26. <https://www.researchgate.net/publication/281454321>
- Gautam, M. P., Yadav, S. K., & Singh, S. N. (2018). Studies on population dynamics of garm pod borer *Helicoverpa armigera* (Hubner) on chickpea (*Cicer arietinum* L.), *Journal of Entomology and Zoology*, 6(1), 904-906. <https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue1/PartM/5-6-193-223.pdf>
- Hoseini, A. (2017). Executive instructions for bud worm. Plant Protection Organization. 6 pp. number 950401. (In Persian).
- Hung, J., & Hao, H. F. (2020). Effects of climate change and crop planting structure on the abundance of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Ecology and Evolution*, 10, 1324-1338. <https://doi.org/10.1002/ece3.5986>
- Jozeyan, A. (2017). The effects of varieties and sowing dates on density and damage inflicted by chickpea podborer *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) under dry farming conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 8(1), 73-82. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v8i1.27877>
- Karimzadeh Esfahani, J., & Mohammadipour, A. (2011). Study of population fluctuations of harmful species *Helicoverpa* sp and their biotic and abiotic biological control agents on cotton, pea and tomato. The Final Report of Plant Protection Research Institute, 41952. 45 pp. (In Persian).
- Khanizad, A., & Kanouni, H. (2006). Comparison of resistance of 16 cultivars of deci and caboli type chickpea to *Chloridea viriplaca* using photomorphological traits. *Journal of Agricultural Knowledge*, 16(1), 61-72. (In Persian with English Abstract).
- Khanjani, M. (2007). Vegetable pests in Iran. Third Edition. Bu-Ali Sina University Press, Hamedan, Iran. 467 p.
- Moarefi, M., Hamrahi, A., & Fotouhi, K. (2020). The effect of color, height and type of pheromone trap on *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Fars province. *Scientific Research Journal of Animal Environment*, 12(3), 401-409.
- Pezeshkpour, P., & Ghorbani, R. (2021). Sustainable Management of Pea Pod Borer. Promotional Publication, Publication of Agricultural Education. 60372, 36 pp. (In Persian).
- Pratheepa, M., Meena, K., Subramaniam, K. R., Venugopalan, R., & Bheemanna, H. (2010). Seasonal population fluctuations of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) in relation to biotic and abiotic environmental factors at Raichur, Karnataka, India, *Journal of Biological Control*, 24(1), 47-50. <https://doi.org/10.18311/jbc/2010/3565>
- Reed, W., & Lateef, S. S. (1989). Pigeonpea and chickpea insect Identification Handbook. ICRISAT. India. 123 pp.
- Rogers, D. J., & Brier, H. B. (2010). Pest-damage relationships for *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on soybean (*Glycine max*) and dry bean (*Phaseolus vulgaris*) during pod-fill. *Crop Protection*, 29, 47-57. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.08.015>
- Sadeghi, H., & Noori, P. (2008). Legum pests. pp. 322-386. In: M. Parsa and A. R. Bagheri, (Eds). Pulses. Jdmppress., Mashhad, Iran. 522 pp. (In Persian).
- Seyyedi Sahebari, F., & Bahrami, N. (2004). Population density and infestation rate of pod borers (*Helicoverpa* spp.) on expectation and spring planted chickpeas in Maragheh and Kermanshah region. *Entomology and Phytopathology*, 1, 129-140. (In Persian with English Abstract). <https://www.sid.ir/paper/12991>.
- Shafaghi, F., Mohseni Amin, A., Kooshki, M. H., & Ashtari, S. (2022). Identification of bean podborer species and investigating the effect of sowing date and bean chitti varieties on its damage in the field condition. Final Report of Iranian Research Institute of Plant Protection. frost number of 63316. 35 pp. (In Persian).
- Shafaghi, F., Tohidi, M. T., Ghorbani, R., Khalil Aria, A., & Khanizad, A. (2020). Management of Pod borer in Chickpea Fields. Applied Instruction, Registration No, 58237. 17 pp. (In Persian).
- Shahraein, N., Qutbi, T., Azadbakht, N., Arbabi, M., Shafaqi, F., & Mousavi, S. K. (2018) Plant protection of bean. Iran Research Institute of plant protection, Knowledge Publishing and Promotional Media Office, p. 136-143. (In Persian).

- Sharma, P. K., Kumar, U., Vyas, S., Sharma, S., & Shrivastava, S. (2012). Monitoring of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) through pheromone traps in chickpea (*Cicer arietinum*) crop and influence of some abiotic factors on insect population. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 1, 44-46. <https://doi.org/10.9790/2402-0154446>
- Silva, F. R. D. A., Trujillo, D., Bernardi, O., Rodrigues, J. C. V., Baily, W. D., Gilligan, T. M., & Carrillo, D. (2020). Comparative toxicity of *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides. *Insects*, 11, 431. <https://doi.org/10.3390/insects11070431>
- Solangi, B., Suther, V., Sultana, R., Pathan, M., Qureshi, B., Sheikhi, M. A., & Solangi, S. A. (2016). Population fluctuation of gram pod borer on chick pea varieties, *Pakistan Journal Entomology*, 31(2), 197-203. https://www.researchgate.net/publication/337495755_POPULATION_FLUCTUATION_OF_GRAM_POD_BORER_ON_CHICK_PEA_VARIETIES
- Wakil, W., Ghazanfar, M. U., Kwon, Y. J., Qayyum, M. A. & Nasir, F. (2010). Distribution of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in tomato fields and its relationship to weather factors. *Entomological Research*, 40, 290–297. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2010.00301.x>



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.89419.1096>

Evaluation of Morphological Traits, Yield and Yield Components of Faba Bean (*Vicia faba* L.) under Different Levels of Chemical Fertilizers in Paddy Fields

Mohammad Rabiee^{1*}, Sajjad Shaker Kouhi¹

Received: 18-08-2024
Revised: 11-10-2024
Accepted: 13-10-2024
Available Online: 13-11-2024

Cite this article:

Rabiee, M., & Shaker Kouhi, S. (2025). Evaluation of morphological traits, yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.) under different levels of chemical fertilizers in paddy fields. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 55-69. (In Persian with English Abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.89419.1096>

Introduction

Sustainable production is essential for ensuring food security of a growing population. Despite having a high potential for paddy fields in the northern provinces of Iran, unfortunately, most of these paddy fields are planted only once a year and farmers suffer from seasonal unemployment after rice harvesting until the next year. Second crop is one of the ways to increase land productivity and paddy farmers' income which in turn, prevents their migration. The second crop is a type of multiple cropping where the first crop is harvested before planting the second crop. Faba bean (*Vicia faba* L.) is an annual legume with a high protein content. Faba bean is considered an important food legume crop in Iran, especially in the northern provinces. Cultivation of faba bean as a second crop in paddy fields can help sustainable production. Efficient access to the optimum level of nutrient elements in the soil is very important for plant growth and development. The application of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers is one of the most appropriate methods to increase crop production. Determining the optimum levels of chemical fertilizers plays an important role in increasing the yield and sustainable production of faba bean. Therefore, the purpose of this experiment was to investigate morphological traits, yield and yield components of faba bean under different levels of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers in paddy fields.

Materials and Methods

In order to investigate the effects of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on morphological traits, yield and yield components of faba bean in paddy fields, a factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications was conducted in two consecutive seasons at the research fields of Rice Research Institute of Iran in Rasht. Experimental treatments were three levels of nitrogen (46, 69 and 92 kg.ha⁻¹ from urea fertilizer source), two levels of phosphorus (48 and 96 kg.ha⁻¹ from triple super phosphate source) and three levels of potassium (50, 75 and 100 kg.ha⁻¹ from potassium sulfate source). A treatment without fertilizer usage was considered for an independent comparison. For measuring the yield and yield components of faba bean, ten plants in each plot were selected randomly after removing marginal effects and the traits were measured. The protein content of samples was determined by the Kjeldahl method. After measurement of the sample total nitrogen by applying factor 6.25, the seed protein content was measured. Data was analyzed using SAS 9.1 and mean comparisons were done by least significant difference (LSD) test at the 5% probability level.

Results and Discussion

The orthogonal analysis results revealed that the fertilizer treatment had a significant effect on all measured traits of faba bean. The results of variance analysis showed that nitrogen fertilizer had significant effects on all studied traits of faba bean except seeds per pod. The application of phosphorus fertilizer significantly affected branch number, pods per plant, seeds per plant, protein content, pod yield, biological yield, grain yield and protein yield. Among nitrogen levels, the highest plant height, branch number, pods per plant, seeds per plant, 100-seed weight, pod yield, biological yield, grain yield and protein yield were obtained by applying 92 kg.ha⁻¹. The yield and yield components of faba bean were improved with increasing rate of phosphorus fertilizer, and the highest pods per plant (18.8), seeds per pod (4.6), seeds per plant (46.5), grain yield (3996.9 kg.ha⁻¹), pod yield (13385 kg.ha⁻¹), biological yield (34442 kg.ha⁻¹), and protein yield (1233.2

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Rice Research Institute, Rasht, Iran

* Corresponding Author: rabiee_md@yahoo.co.uk



kg.ha⁻¹) were obtained due to addition of 96 kg.ha⁻¹. The pods per plant, seeds per pod, pod yield, grain yield and protein yield were significantly increased with increasing rates of potassium up to 100 kg.ha⁻¹.

Conclusions

According to the results and due to large areas of paddy fields in northern provinces of Iran, use of the areas for faba bean cultivation after rice harvesting can be a helpful solution for sustainable rice production, achieving self-sufficiency and ensuring food security. Overall, the results suggest that applying nitrogen (92 kg.ha⁻¹), phosphorus (96 kg.ha⁻¹), and potassium (100 kg.ha⁻¹) fertilizers is recommended to achieve maximum yield and sustainable production of faba beans as a second crop in the paddy fields of Guilan province.

Keywords: Nitrogen, Phosphorus, Pod yield, Rice, Second crop



ارزیابی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی در اراضی شالیزاری

محمد ربیعی^{۱*}، سجاد شاکرکوهی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۲

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه باقلا (*Vicia faba* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۹۹ در اراضی شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور در شهرستان رشت به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح نیتروژن خالص از منبع کود اوره (۴۶، ۶۹ و ۹۲ کیلوگرم در هکتار)، دو سطح فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل (۴۸ و ۹۶ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. همچنین، یک تیمار بدون مصرف کود (شاهد) جهت مقایسه مستقل اثرات مصرف کود در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بین سطوح نیتروژن، کاربرد ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین را به خود اختصاص داد. بین سطوح فسفر، بیشترین تعداد غلاف (۱۸/۸)، تعداد دانه در غلاف (۴/۶)، عملکرد دانه (۳۹۹۶/۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد پروتئین (۱۲۳۳/۲ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۹۶ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد. افزایش سطوح پتاسیم تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، عملکرد غلاف سبز و عملکرد پروتئین شد. لذا، کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب به میزان ۹۲، ۹۶ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار جهت حصول عملکرد مناسب و تولید پایدار باقلا به عنوان کشت دوم در اراضی شالیزاری استان گیلان قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: برنج، عملکرد غلاف، فسفر، کشت دوم، نیتروژن

مقدمه

به دلیل شرایط مساعد اقلیمی، از جمله مناطق مستعد جهت کشت دوم پس از برداشت برنج به شمار می‌روند. علی‌رغم پتانسیل بالای این اراضی جهت کشت دوم در پاییز، متأسفانه بیشتر آن‌ها در نیمه دوم سال خالی از زراعت باقی می‌مانند (Rabiee & Modarresi, 2021). کشت دوم یکی از راهکارهای اساسی بهره‌وری از منابع و توانمندی‌های طبیعی و اقتصادی استان‌های شمالی کشور جهت خروج از کشت تک‌محصولی برنج، رعایت تناوب زراعی، ایجاد اشتغال و افزایش درآمد کشاورزان است. گیاه باقلا از جمله حبوبات مهمی است که می‌تواند در تناوب با برنج قرار گیرد. پتانسیل بالای تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، سرمادوست بودن و در نتیجه، امکان کشت به صورت پاییزه و به تبع آن عدم نیاز به آبیاری، برداشت زودهنگام در بهار و میزان عملکرد قابل قبول، از جمله ویژگی‌های باقلا به عنوان یک محصول اقتصادی مناسب برای کشت پس از برداشت برنج به شمار می‌رود (Rabiee & Jilani, 2015).

حبوبات به عنوان دومین منبع مهم غذایی انسان پس از غلات، از اهمیت ویژه‌ای در بین گیاهان زراعی برخوردار هستند. این گیاهان به دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، نقش مؤثری در بهبود حاصلخیزی خاک دارند. حبوبات می‌توانند در تناوب با سایر گیاهان زراعی از جمله غلات قرار گیرند و از طریق تنوع‌بخشی به نظام‌های زراعی، نقش مهمی در کشاورزی پایدار ایفا نمایند (Cucci et al., 2019). باقلا با نام علمی *Vicia faba* L. گیاهی یک‌ساله از خانواده بقولات می‌باشد. بیشترین سطح زیر کشت این گیاه در ایران مربوط به استان‌های مازندران، گلستان، خوزستان، گیلان و لرستان است (Khosravi et al., 2015). باقلا به دلیل محتوای بالای کربوهیدرات (۴۲ تا ۴۷ درصد)، پروتئین (تا ۳۴ درصد) دانه‌های خشک، مواد معدنی و ترکیبات فعال زیستی از ارزش غذایی بالایی برخوردار است (Karkanis et al., 2018). استان‌های شمالی کشور

۱- بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران
(*)- نویسنده مسئول: rabiee_md@yahoo.co.uk

باعث افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد باقلا شود (Weldua et al., 2012). نتایج مطالعه اثر نوع و مقدار کود پتاسیم بر عملکرد باقلا نشان داد که بیشترین عملکرد دانه باقلا در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار حاصل شد، هر چند تفاوت معنی‌داری با مقادیر ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار نداشت. از طرفی، اثر کود کلرو پتاسیم بر عملکرد دانه باقلا متفاوت بود، به‌طوری‌که عملکرد دانه با افزایش کاربرد کود کلرو پتاسیم از ۳۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، کاهش قابل توجهی داشت (Goosheneshin, 2016). حسین‌زاده و همکاران (Hosseinzade et al., 2012) گزارش کردند که با افزایش کاربرد پتاسیم، عملکرد و اجزای عملکرد باقلا افزایش یافت، به‌طوری‌که عملکرد دانه باقلا در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم با میانگین پنج تن در هکتار نسبت به تیمار عدم مصرف کود (۴/۱ تن در هکتار) تفاوت معنی‌داری داشت. با توجه به مطالب بیان‌شده، به نظر می‌رسد که بهینه‌سازی مصرف کود می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد کمی و کیفی زراعت باقلا در مناطق شالیزاری ایفا کند. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد باقلا به‌عنوان کشت دوم پس از برداشت برنج در اراضی شالیزاری گیلان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۹۹-۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در پنج کیلومتری شهرستان رشت به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح نیتروژن خالص از منبع کود اوره (۴۶، ۶۹ و ۹۲ کیلوگرم در هکتار)، دو سطح فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل (۴۸ و ۹۶ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. همچنین، یک تیمار بدون مصرف کود (شاهد) جهت مقایسه مستقل اثرات مصرف کود در نظر گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد (جدول ۱). جدول ۲، مشخصات آب‌وهوایی مؤسسه تحقیقات برنج کشور طی دوره رشد گیاه باقلا را نشان می‌دهد. برای کشت باقلا از رقم برکت که دارای ویژگی‌هایی از جمله پتانسیل عملکرد بالا و سازگار با شرایط شالیزاری و آب‌وهوایی استان گیلان می‌باشد، استفاده شد. کاشت بذور باقلا در تاریخ ۱۰ آبان و برداشت نیز در دهه سوم اردیبهشت انجام شد. پس از برداشت برنج، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، احداث زهکش و استفاده از علف‌کش ترفلان به‌میزان دو لیتر در هکتار انجام شد. هر تیمار در پنج ردیف کاشت و به‌طول هفت متر با فاصله بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. فاصله بین تیمارها یک متر و فاصله بین تکرارها

تعیین نسبت مناسب عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای دستیابی به رشد مطلوب و عملکرد بهینه گیاه و در عین حال به حداقل رساندن اثرات منفی زیست‌محیطی ناشی از مصرف زیاد این عناصر، دارای اهمیت است (Selim, 2021). نیتروژن به‌دلیل شرکت در بسیاری از فرایندها از جمله ساختمان سلول گیاهی به‌صورت آنزیم‌ها، اسیدهای آمینه و نوکلئیک، پروتئین‌های ذخیره‌ای، کلروفیل و دیواره سلول، به‌عنوان مهم‌ترین عنصر غذایی در گیاه در نظر گرفته می‌شود (Wu et al., 2019). در نتیجه، کمبود این عنصر اثرات نامطلوبی بر ارتفاع گیاه، اندازه برگ، محتوای کلروفیل، فتوسنتز و میزان پروتئین دانه دارد (Peng et al., 2021). با این حال، کاربرد بیش از حد نیتروژن می‌تواند سبب اسیدی شدن خاک، رشد رویشی و زایشی نامطلوب، اختلال در جذب سایر مواد مغذی (پتاسیم و فسفر) و کاهش عملکرد محصول شود (Liu et al., 2021). در کنار نیتروژن، فسفر در بسیاری از فعالیت‌های حیاتی گیاه از جمله ذخیره و انتقال انرژی، انتقال کربوهیدرات‌ها، فعالیت برخی از آنزیم‌ها، در دسترس بودن سایر مواد مغذی و فتوسنتز نقش دارد. فسفر سبب تحریک رشد و تسریع رسیدگی محصول می‌شود. این عنصر می‌تواند از طریق انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از منبع به مقصد، باعث بهبود عملکرد دانه شود (Jin et al., 2005). کمبود فسفر باعث رشد ضعیف ریشه، تأخیر در بلوغ، اختلال در جذب آهن و روی و کاهش کیفیت محصول می‌شود (Meng et al., 2021). پتاسیم به‌دلیل نقش محوری در فیزیولوژی و فعالیت آنزیمی گیاه، به‌عنوان فراوان‌ترین کاتیون در گیاهان عالی در نظر گرفته می‌شود. این عنصر باعث تحریک متابولیسم کربوهیدرات‌ها شده و سنتز قند، سلولز و چربی را تنظیم می‌کند. پتاسیم در تشکیل دیواره ضخیم سلولی، باز و بسته‌شدن روزه‌ها و افزایش مقاومت گیاه به تنش، آفات و بیماری‌ها نقش دارد (Wang et al., 2020; Rawat et al., 2022).

واکنش حبوبات از جمله باقلا نسبت به مقادیر مختلف کود نیتروژن متفاوت است و در بیشتر موارد، استفاده از کود نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش عملکرد باقلا می‌شود (Golabi & Lak, 2005). در پژوهشی، اثر کودهای مصرفی بر زراعت باقلا در سیستم کشت برنج-باقلا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح کودهای نیتروژن و فسفر، عملکرد دانه باقلا افزایش یافت. به‌طوری‌که، بیشترین عملکرد دانه باقلا در ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد (Shahdi Kumleh et al., 2017). عزیز علی‌آبادی و همکاران (Aziz Ali-Abadi et al., 2014) در بررسی اثر کود نیتروژن و فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد باقلا در رشت گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه باقلا در تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به دست آمد. همچنین، کمترین عملکرد دانه باقلا با کاربرد کود نیتروژن به‌مقدار ۲۵ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف کود فسفر حاصل شد. در آزمایشی گزارش شد که کاربرد کود فسفر می‌تواند

دانه به دست آمد. میزان پروتئین دانه از طریق اندازه‌گیری درصد نیتروژن دانه با دستگاه کج‌دال و ضرب کردن آن در عدد ثابت ۶/۲۵ به دست آمد. عملکرد پروتئین نیز از حاصلضرب درصد پروتئین و عملکرد دانه به دست آمد (Salo-Vaananen & Koivistoinen, 1996). محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. قبل از انجام تجزیه مرکب به منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده شد. تجزیه مرکب نیز با فرض تصادفی بودن سال و ثابت بودن تیمارهای آزمایشی برای صفات مورد نظر، صورت گرفت و به دلیل یکنواختی واریانس خطای صفات، برای تمامی آن‌ها تجزیه مرکب به عمل آمد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نیز دو متر در نظر گرفته شد. کشت بذور باقلا به صورت دستی در عمق ۴-۵ سانتی‌متری انجام گردید. اعمال کود نیتروژن طی سه مرحله (پیش از کاشت، ساقه‌دهی و گل‌دهی) و کودهای فسفر و پتاسیم نیز به صورت پیش از کاشت صورت گرفت. برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و میانگین آن‌ها به عنوان صفت مورد نظر ثبت شد. عملیات برداشت جهت محاسبه عملکرد غلاف سبز پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، به صورت دستی از چهار مترمربع و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک انجام گردید. برای محاسبه عملکرد دانه، مقدار دو کیلوگرم بذر تر پس از جدا کردن از غلاف به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و عملکرد دانه خشک بر حسب رطوبت ۱۲ درصد تعیین گردید. عملکرد غلاف سبز بر حسب ۴۰ درصد رطوبت

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Chemical and physical characteristics of soil

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	کربن آلی (درصد)	اسیدیته pH	بافت Texture
EC (dS.m ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	N (%)	OC (%)		
0.58	139	10.6	0.114	1.23	7.1	رسی - سیلتی Clay-silty

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد گیاه باقلا

Table 2- Meteorological information for experimental site during the growth period of faba bean

ماه Month	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)				بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)		مجموع ساعات آفتابی Total sunny hours	
	سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
	کمینه Min	بیشینه Max	کمینه Min	بیشینه Max				
مهر October	15.5	23.8	14.1	22.1	239.9	238.8	108.6	130.1
آبان November	9.4	16.3	12.7	21.5	200.3	25.9	71.3	97.4
آذر December	2.3	12.1	5.5	14.9	219.4	71.4	129.8	115.8
دی January	3.5	11.5	5.3	12.9	38	66.7	90.9	77.8
بهمن Febrarury	0.3	8.6	3.6	10.7	216.7	185.6	92.4	68.5
اسفند March	4.1	14.5	7.3	15.1	44.8	86	134.5	56.9
فروردین April	8.5	18.6	8.5	18.7	86.2	20.4	140	145.9
اردیبهشت May	14.3	24.1	14.2	24.5	27.8	37.2	169.2	170.4
میانگین Mean	7.2	16.2	8.9	17.6				
مجموع Total					1073.1	732	936.7	862.6

نتایج و بحث

نتایج تجزیه متعامد نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر تمامی صفات مورد مطالعه باقلا معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۵). بیشترین ارتفاع بوته (۱۲۷/۳ سانتی‌متر)، تعداد شاخه جانبی (۴/۲)، تعداد غلاف در بوته (۱۷/۸)، تعداد دانه در غلاف (۴/۵)، تعداد دانه در بوته (۴۴/۳) و وزن ۱۰۰ دانه با میانگین ۱۱۸/۷ گرم (جدول ۴) و همچنین بیشترین میزان عملکرد غلاف سبز، عملکرد بیولوژیک، عملکرد پروتئین و عملکرد دانه به‌ترتیب با میانگین ۱۲۹۶۶، ۳۵۳۰۰، ۱۱۵۷/۷ و ۳۸۲۳/۹ کیلوگرم در هکتار (جدول ۶) در تیمار مصرف کود به دست آمد.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته باقلا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سال، نیتروژن و پتاسیم قرار گرفت، درحالی‌که اثر فسفر و هیچ یک از اثرات برهم‌کنش برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، سال اول آزمایش نسبت به سال دوم از ارتفاع بوته بیشتری برخوردار بود. به نظر می‌رسد که به‌دلیل شرایط آب و هوایی و طول دوره رشد بیشتر در سال اول، گیاه باقلا فرصت کافی برای رشد، افزایش طول ساقه و در نهایت افزایش ارتفاع را داشته است. افزایش سطوح نیتروژن سبب افزایش ارتفاع بوته باقلا شد، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۳۳/۷ سانتی‌متر به تیمار ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مربوط بود. بین سطوح پتاسیم، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار بیشترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد، هر چند با تیمار ۷۵ کیلوگرم پتاسیم در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

افزایش ارتفاع بوته در نتیجه مصرف کود نیتروژن را می‌توان به تأثیر نیتروژن در تولید مواد فتوسنتزی بیشتر، افزایش طول میان‌گره، تشدید رشد رویشی و تقسیمات سلولی در اندام گیاه به‌ویژه ساقه نسبت داد (Perveen et al., 2021). در پژوهشی گزارش شد که کاربرد کود نیتروژن، ارتفاع بوته باقلا را افزایش داد، به‌طوری‌که تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۷۸/۳۳ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (Nori et al., 2022). پتاسیم می‌تواند از طریق تنظیم اسمزی، پتانسیل آب لازم را برای رشد و تقسیم سلولی فراهم کند و باعث افزایش ارتفاع ساقه شود (Wang et al., 2020). گوشه‌نشین (Goosheneshin, 2016) گزارش کرد که اثر کود سولفات پتاسیم بر ارتفاع بوته باقلا معنی‌دار بود و بیشترین ارتفاع بوته با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به دست آمد.

تعداد شاخه جانبی

اثر سال و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر تعداد شاخه جانبی باقلا معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سال اول آزمایش با میانگین ۴/۶۷ در مقایسه با سال

دوم با میانگین ۳/۸۳ از تعداد شاخه جانبی بیشتری برخوردار بود. در بین سطوح نیتروژن، بیشترین و کمترین تعداد شاخه جانبی به‌ترتیب با کاربرد ۹۲ و ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (جدول ۴). نیتروژن می‌تواند باعث تحریک رشد رویشی و افزایش طول مدت گل‌دهی شود و از طریق افزایش سطح فتوسنتز، میزان آسمیلات‌های بیشتری در اختیار جوانه‌های جانبی قرار دهد. این عامل می‌تواند سبب تحریک رشد جوانه‌های جانبی و در نتیجه، افزایش تعداد شاخه‌های جانبی شود (Safikhani et al., 2015). نوری و همکاران (Nori et al., 2022) گزارش کردند که مصرف کود نیتروژن باعث افزایش تعداد شاخه جانبی باقلا شد، این افزایش در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب ۷ و ۱۱/۴ درصد نسبت به شاهد بود. در آزمایشی گزارش شد که بیشترین تعداد شاخه جانبی باقلا با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار حاصل شد (Goosheneshin, 2016).

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، کود نیتروژن و فسفر در سطح احتمال یک درصد و اثر کود پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سال اول از نظر تعداد غلاف در بوته نسبت به سال دوم برتری معنی‌داری داشت. دلیل اصلی این برتری در سال اول آزمایش را می‌توان به بیشتر بودن ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته نسبت داد. در بین سطوح نیتروژن، بیشترین تعداد غلاف در بوته با کاربرد ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد، هرچند تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار ۶۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت. در بین سطوح فسفر، تیمار ۹۶ کیلوگرم فسفر در هکتار با میانگین ۱۸/۸ و در بین سطوح پتاسیم، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار با میانگین ۱۷/۹ بیشترین تعداد غلاف در بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۴). افزایش تعداد غلاف در بوته با افزایش سطوح نیتروژن می‌تواند به‌دلیل توسعه تاج‌پوشش، افزایش جذب انرژی تشعشی، تولید ماده خشک بیشتر و تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به قسمت‌های زایشی باشد (Sandrakirana & Arifin, 2021). در پژوهشی گزارش شد که با افزایش سطوح نیتروژن تعداد غلاف در بوته باقلا افزایش یافت و بیشترین تعداد غلاف (۸/۷۸) با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (Nori et al., 2022).

کاربرد کود فسفر علاوه بر افزایش رشدونمو گیاه (از طریق تنظیم فتوسنتز و افزایش فعالیت گره‌ها)، سبب تشکیل غلاف از ارتفاع پایین‌تر از سطح زمین و در نتیجه، افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود (Gholami & Koochaki, 2011). عالی‌پور و همکاران (Alipour et al., 2017) گزارش کردند که کاربرد کود فسفر تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تعداد غلاف باقلا شد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد غلاف در مترمربع به‌ترتیب در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار و تیمار عدم مصرف فسفر با میانگین ۱۰۳/۳

و ۸۳/۹ به دست آمد. نتایج بررسی اثر کود نیتروژن و فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد باقلا نشان داد که اثر برهم‌کنش کود نیتروژن و فسفر بر تعداد غلاف در مترمربع معنی‌دار بود. بیشترین تعداد غلاف در

مترمربع با میانگین ۱۴۶/۳ با کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد (Aziz Ali-Abadi et al., 2014).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر صفات مورد مطالعه باقلا

Table 3- Variance analysis of the effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on faba bean measured traits

منابع تغییر S.O.V	درجه ازادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی Branch number	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در غلاف Seeds per pod	تعداد دانه در بوته Seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight
متعامد Orthogonal	1	249.2**	4.30**	29.91**	3.54**	1572**	2140.8**
سال Year (Y)	1	3810.4**	19.3**	30.3**	33.67**	1060.3**	23381.8**
سال × تکرار Y × R	2	318.8	0.1	0.82	0.34	40	30.75
نیتروژن Nitrogen (N)	2	558.2**	5.06**	12.57**	0.32 ^{ns}	448.8**	465.56**
فسفر Phosphorus (P)	1	103.8 ^{ns}	0.73 ^{ns}	13.80**	0.61*	515.7**	58.2 ^{ns}
پتاسیم Potassium (K)	2	130.9*	0.35 ^{ns}	10.19*	0.18 ^{ns}	334.8**	140.4 ^{ns}
نیتروژن × فسفر N × P	2	5.81 ^{ns}	0.31 ^{ns}	1.39 ^{ns}	0.04 ^{ns}	12.38 ^{ns}	130.9 ^{ns}
نیتروژن × پتاسیم N × K	4	26.09 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.76 ^{ns}	0.16 ^{ns}	11.88 ^{ns}	89.71 ^{ns}
فسفر × پتاسیم P × K	2	29.2 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.12 ^{ns}	34.33 ^{ns}	276.7*
نیتروژن × فسفر × پتاسیم N × P × K	4	14.86 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.88 ^{ns}	0.01 ^{ns}	20.9 ^{ns}	18.31 ^{ns}
سال × نیتروژن Y × N	2	29.93 ^{ns}	0.59 ^{ns}	3.42*	0.10 ^{ns}	159.8**	105.0 ^{ns}
سال × فسفر Y × P	1	80.95 ^{ns}	0.001 ^{ns}	1.61 ^{ns}	0.32 ^{ns}	4.32 ^{ns}	59.41 ^{ns}
سال × پتاسیم Y × K	2	54.18 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.61 ^{ns}	0.006 ^{ns}	2.97 ^{ns}	14.32 ^{ns}
سال × نیتروژن × فسفر Y × N × P	2	19.84 ^{ns}	0.04 ^{ns}	5.42 ^{ns}	0.08 ^{ns}	138.36*	270.2 ^{ns}
سال × نیتروژن × پتاسیم Y × N × K	4	10.94 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.13 ^{ns}	5.60 ^{ns}	126.8 ^{ns}
سال × فسفر × پتاسیم Y × P × K	2	3.01 ^{ns}	0.29 ^{ns}	1.51 ^{ns}	0.18 ^{ns}	56.15 ^{ns}	23.74 ^{ns}
سال × نیتروژن × فسفر × پتاسیم Y × N × P × K	4	23.59 ^{ns}	0.04 ^{ns}	1.15 ^{ns}	0.20 ^{ns}	18.42 ^{ns}	14.4 ^{ns}
خطا Error	64	32.42	0.19 ^{ns}	1.22	0.15	30.40	61.77
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.47	10.34	11.24	8.52	12.45	6.62

^{ns}: غیر معنی‌دار و * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات گیاهی باقلا در تیمارهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم

Table 4- Mean comparison of plant traits of faba bean in nitrogen, phosphorus and potassium treatments						
تیمار Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی Branch number	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در غلاف Seeds per pod	تعداد دانه در بوته Seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-seed Weight (g)
سال Year						
سال اول First year	125.2 ^{a*}	4.6 ^a	16.3 ^a	4.0 ^b	41.1 ^b	104.1 ^b
سال دوم Second year	122.3 ^b	3.8 ^b	15.1 ^b	5.1 ^a	47.4 ^a	133.5 ^a
متعامد Orthogonal						
بدون کود Non fertilizer	110.6 ^b	3.4 ^b	11.1 ^b	3.8 ^b	27.5 ^b	99.4 ^b
کاربرد کود Fertilizer application	127.3 ^a	4.2 ^a	17.8 ^a	4.5 ^a	44.3 ^a	118.7 ^a
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (kg.ha ⁻¹)						
46	122.2 ^c	3.92 ^c	15.2 ^b	4.4 ^a	40.4 ^b	115.2 ^b
69	126.3 ^b	4.18 ^b	18.9 ^a	4.6 ^a	45.3 ^a	118.6 ^b
92	133.7 ^a	4.66 ^a	19.4 ^a	4.6 ^a	47.2 ^a	122.4 ^a
فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus (kg.ha ⁻¹)						
48	119.8 ^a	4.2 ^a	15.5 ^b	4.5 ^b	42.1 ^b	118.0 ^a
96	122.3 ^a	4.3 ^a	18.8 ^a	4.6 ^a	46.5 ^a	119.5 ^a
پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) Potassium (kg.ha ⁻¹)						
50	120.3 ^b	4.2 ^a	14.3 ^c	4.5 ^a	41.4 ^c	116.7 ^a
75	121.7 ^{ab}	4.4 ^a	16.4 ^b	4.6 ^a	44.1 ^b	120.6 ^a
100	123.1 ^a	4.2 ^a	17.9 ^a	4.6 ^a	47.4 ^a	118.9 ^a

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

تعداد دانه در غلاف و بوته

تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر سال و فسفر قرار گرفت، ولی اثر نیتروژن، پتاسیم و اثرات برهم‌کنش بر آن معنی‌دار نبود (جدول ۳). در سال دوم آزمایش در مقایسه با سال اول، تعداد دانه در غلاف بیشتری به دست آمد. در بین سطوح کود فسفر، بیشترین تعداد دانه در غلاف (۴/۶) با کاربرد ۹۶ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد (جدول ۴). تارک و تاواها (Turk & Tawaha, 2002) در مطالعه‌ای گزارش کردند که تعداد دانه در غلاف باقلا تحت تأثیر کود فسفر قرار گرفت و افزایش سطوح فسفر به ۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف شد. در پژوهشی مشاهده شد که اثر سطوح فسفر بر تعداد دانه در غلاف سویا معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با

افزایش میزان فسفر به ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد دانه در غلاف به‌ترتیب به ۲/۳۷ و ۲/۵۲ افزایش یافت (Yasari, 2013). نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار سال، نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر تعداد دانه در بوته باقلا بود، اما اثر برهم‌کنش معنی‌داری بین فاکتورهای آزمایش مشاهده نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سال دوم آزمایش با میانگین ۴۷/۴ تعداد دانه در بوته نسبت به سال اول با میانگین ۴۱/۱ تعداد دانه در بوته از برتری معنی‌داری برخوردار بود که این برتری را می‌توان به بیشتر بودن تعداد دانه در غلاف نسبت داد. در بین سطوح کود نیتروژن، بیشترین تعداد دانه در بوته مربوط به تیمار ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با تیمار ۶۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک گروه آماری قرار داشتند. افزایش کاربرد کودهای فسفر و پتاسیم موجب

کود فسفر بر وزن ۱۰۰ دانه باقلا معنی‌دار بود و با افزایش مصرف فسفر در خاک، وزن ۱۰۰ دانه افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین کمترین مقدار وزن ۱۰۰ دانه به‌ترتیب در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم فسفر در هکتار و شاهد (عدم مصرف کود) حاصل شد. پتاسیم از طریق افزایش سرعت فتوسنتز برگ‌ها باعث افزایش جذب دی‌اکسیدکربن و بهبود انتقال مواد فتوسنتزی می‌شود. در آزمایشی گزارش شد که با افزایش سطوح پتاسیم به ۷۵ کیلوگرم در هکتار، وزن ۱۰۰ دانه باقلا (۹۹/۴) در مقایسه با تیمار عدم مصرف پتاسیم (۶۹/۹) افزایش قابل‌توجهی یافت (Hamoudi et al., 2012).

عملکرد غلاف سبز

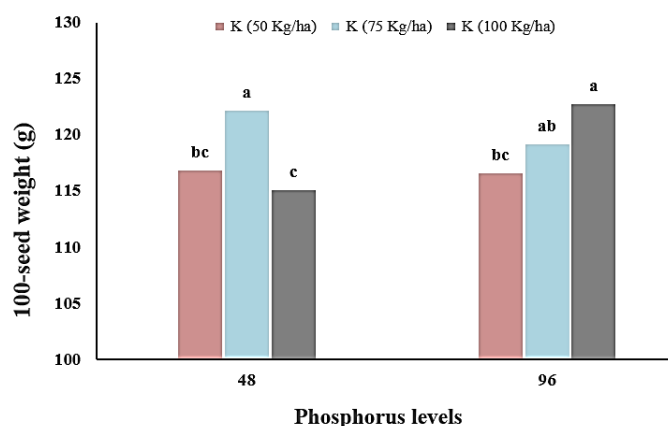
عملکرد غلاف سبز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم قرار گرفت (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطوح کودهای شیمیایی، عملکرد غلاف افزایش یافت. بر این اساس، بیشترین میزان عملکرد غلاف با کاربرد ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ۹۶ کیلوگرم فسفر در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به دست آمد (جدول ۶). به دلیل نقش فسفر در ذخیره و انتقال انرژی در گیاه، به نظر می‌رسد که افزایش جذب این عنصر، زمینه را برای افزایش جذب سایر عناصر فراهم کرده و در نتیجه، باعث افزایش عملکرد غلاف شده باشد. بابایی (Babaei, 2019) گزارش کرد که اثر مقادیر مختلف کود فسفر بر عملکرد غلاف سبز باقلا معنی‌دار بود و با افزایش مصرف کود، عملکرد غلاف افزایش یافت و بیشترین مقدار آن با مصرف ۸۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد. مک‌کنزی و همکاران (McKenzie et al., 2001) گزارش کردند که با کاربرد کود نیتروژن، عملکرد غلاف سبز لوبیا افزایش یافت. آن‌ها دلیل این افزایش را به تعداد غلاف در بوته و وزن دانه بیشتر نسبت دادند.

افزایش تعداد دانه در بوته شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان این صفت با کاربرد بالاترین سطوح فسفر و پتاسیم به‌ترتیب با میانگین ۴۶/۵ و ۴۷/۴ به دست آمد (جدول ۴). افزایش تعداد دانه در بوته با کاربرد کود نیتروژن را می‌توان به تأثیر مستقیم نیتروژن بر تقسیم سلولی، افزایش تعداد گل‌های بارور و کاهش تعداد گل‌های عقیم نسبت داد (Sharma et al., 2007).

وزن ۱۰۰ دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر سال و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر برهم‌کنش فسفر و پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش فسفر و پتاسیم نشان داد که بیشترین وزن ۱۰۰ دانه از ترکیب تیماری ۹۶ کیلوگرم فسفر در هکتار با ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به دست آمد (شکل ۱). سال دوم آزمایش از وزن ۱۰۰ دانه بیشتری نسبت به سال اول برخوردار بود. بیشترین وزن ۱۰۰ دانه در بین سطوح نیتروژن نیز مربوط به تیمار ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۱۲۲/۴ بود (جدول ۴). مصرف کود نیتروژن می‌تواند از طریق افزایش دوام سطح برگ و تولید ماده خشک بیشتر، مواد فتوسنتزی بیشتری را به دانه‌ها منتقل کرده و باعث افزایش وزن دانه شود (Drulis et al., 2022). در آزمایشی گزارش شد که کاربرد کود اوره باعث افزایش معنی‌داری در وزن ۱۰۰ دانه باقلا نسبت به شاهد شد (Shah Mohammadzadeh, 2022).

جذب بیشتر فسفر توسط باقلا و ورود آن به متابولیسم گیاه می‌تواند بر روند پرشدن دانه‌ها و تخصیص مواد پرورده فتوسنتزی مؤثر باشد و در نتیجه، زمینه را برای افزایش وزن ۱۰۰ دانه فراهم کند. افزایش فسفر می‌تواند سبب افزایش ذخیره فیتین بذر شود و نقش مهمی در اندازه و وزن بذر داشته باشد (Abdolahpour et al., 2021). بابایی (Babaei, 2019) گزارش کرد که اثر مقادیر مختلف



شکل ۱- اثر برهم‌کنش فسفر و پتاسیم بر وزن ۱۰۰ دانه باقلا

Fig. 1- Interaction effect of phosphorus and potassium on 100-seed weight of faba bean

حروف غیرمشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD می‌باشد
Different alphabet in each column indicates significant difference at $p \leq 0.05$ based on LSD Test

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر صفات مورد مطالعه باقلا

Table 5- Variance analysis of the effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on faba bean measured traits

منابع تغییر S.O.V	درجه ازادی df	عملکرد غلاف سبز Pod yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	میزان پروتئین Protein content	عملکرد پروتئین Protein yield
متعامد Orthogonal	1	700689**	99906392**	13258979**	51**	2358998**
سال Year (Y)	1	3089626 ^{ns}	282951 ^{ns}	1020639 ^{ns}	3.96 ^{ns}	134775 ^{ns}
سال × تکرار Y × R	2	14033890	1631301	878070	20.5	26648
نیتروژن Nitrogen (N)	2	55949187**	117698675**	7655862**	144.8**	1722988**
فسفر Phosphorus (P)	1	18866096*	16103922*	3232678**	32.9**	614902**
پتاسیم Potassium (K)	2	25114090**	24078144**	2852612**	17.6**	492682**
نیتروژن × فسفر N × P	2	596233 ^{ns}	1070854 ^{ns}	64648 ^{ns}	0.55 ^{ns}	17083 ^{ns}
نیتروژن × پتاسیم N × K	4	954662 ^{ns}	2368863 ^{ns}	167292 ^{ns}	5.67 ^{ns}	36061 ^{ns}
فسفر × پتاسیم P × K	2	4325222 ^{ns}	1708085 ^{ns}	637845 ^{ns}	0.71 ^{ns}	83131 ^{ns}
نیتروژن × فسفر × پتاسیم N × P × K	4	2128908 ^{ns}	3132254 ^{ns}	114921 ^{ns}	2.80 ^{ns}	6103 ^{ns}
سال × نیتروژن Y × N	2	57952598**	230141 ^{ns}	670422 ^{ns}	2.44 ^{ns}	56513 ^{ns}
سال × فسفر Y × P	1	15249739*	50095 ^{ns}	5970 ^{ns}	0.28 ^{ns}	780 ^{ns}
سال × پتاسیم Y × K	2	4350471 ^{ns}	104542 ^{ns}	59259 ^{ns}	1.84 ^{ns}	13483 ^{ns}
سال × نیتروژن × فسفر Y × N × P	2	3088778 ^{ns}	76479 ^{ns}	25514 ^{ns}	2.20 ^{ns}	9138 ^{ns}
سال × نیتروژن × پتاسیم Y × N × K	4	3105670 ^{ns}	101580 ^{ns}	83814 ^{ns}	1.53 ^{ns}	5122 ^{ns}
سال × فسفر × پتاسیم Y × P × K	2	275235 ^{ns}	82190 ^{ns}	4218 ^{ns}	0.85 ^{ns}	590 ^{ns}
سال × نیتروژن × فسفر × پتاسیم Y × N × P × K	4	1016175 ^{ns}	148529 ^{ns}	187609 ^{ns}	1.75 ^{ns}	16923 ^{ns}
خطا Error	64	3654912	2558786	331770.7	2.34	40294.2
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	14.74	13.73	15.06	5.08	17.34

^{ns}: غیر معنی‌دار و * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات گیاهی باقلا در تیمارهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم

Table 6- Mean comparison of plant traits of faba bean in nitrogen, phosphorus and potassium treatments

تیمار Treatments	عملکرد غلاف سبز (کیلوگرم در هکتار) Pod yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)	میزان پروتئین (درصد) Protein content (%)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (kg.ha ⁻¹)
سال Year					
سال اول First year	12798 ^a	35456 ^a	3726.7 ^a	29.88 ^a	1122.4 ^a
سال دوم Second year	13136 ^a	35146 ^a	3921.1 ^a	30.27 ^a	1193.0 ^a
متعامد Orthogonal					
بدون کود Non fertilizer	9433 ^b	23595 ^b	2293.0 ^b	27.09 ^b	625.9 ^b
کاربرد کود Fertilizer application	12966 ^a	35300 ^a	3823.9 ^a	30.07 ^a	1157.7 ^a
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (kg.ha ⁻¹)					
46	11828 ^c	32087 ^b	3391.7 ^c	28.08 ^c	952.2 ^c
69	12773 ^b	34320 ^b	3770.5 ^b	30.04 ^b	1133.3 ^b
92	14299 ^a	41495 ^a	4309.4 ^a	32.10 ^a	1387.7 ^a
فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus (kg.ha ⁻¹)					
48	12549 ^b	31130 ^b	3650.9 ^b	29.52 ^b	1082.3 ^b
96	13385 ^a	34442 ^a	3996.9 ^a	30.63 ^a	1233.2 ^a
پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) Potassium (kg.ha ⁻¹)					
50	12284 ^b	32570 ^b	3612.6 ^b	29.51 ^b	1070.1 ^b
75	12718 ^b	35350 ^a	3715.6 ^b	29.85 ^b	1112.5 ^b
100	13898 ^a	36344 ^a	4143.4 ^a	30.86 ^a	1290.6 ^a

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک باقلا بود، اما اثر سال و اثر متقابل بین فاکتورهای اصلی آزمایش برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۵). بیشترین عملکرد بیولوژیک باقلا با کاربرد بالاترین سطوح کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب با میانگین ۴۱۴۹۵، ۳۴۴۴۲ و ۳۶۳۴۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۶). از دلایل اصلی افزایش عملکرد بیولوژیک باقلا با کاربرد کودهای شیمیایی می‌توان به افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس گیاه، بهبود جذب آب و عناصر غذایی، افزایش شاخص سطح برگ، بهبود فتوسنتز و رشد بیشتر اندام‌های هوایی و ریشه اشاره کرد (Gan et al., 2008).

در آزمایشی گزارش شد که با افزایش سطوح کودهای نیتروژن و فسفر، عملکرد بیولوژیک باقلا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد بیولوژیک در بین سطوح نیتروژن با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در بین سطوح فسفر نیز با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد (Shahdi Kumleh et al., 2017). شاه‌محمدزاده (Mohammadzadeh, 2022) گزارش کرد که کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار باعث افزایش ۳۰/۴ درصدی عملکرد بیولوژیک باقلا نسبت به تیمار عدم مصرف کود شد، اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کود دامی و نیتروژن مشاهده نشد.

عملکرد دانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد دانه باقلا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که عملکرد دانه در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول برتری داشت، هرچند این برتری معنی‌دار نبود. بیشتر بودن عملکرد دانه در سال دوم را می‌توان به بیشتر بودن تعداد دانه در بوته و شرایط مساعد آب‌وهوایی در این سال (بارندگی کمتر و دمای بیشتر به‌ویژه در ماه‌های ابتدایی دوره رشد) نسبت داد. افزایش سطوح کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب به ۹۲، ۹۶ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه شد (جدول ۶). بیشتر بودن عملکرد دانه با افزایش مصرف کودهای شیمیایی را می‌توان به افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته نسبت داد.

نیتروژن با تأثیر بر سازوکارهای گیاهی از جمله فتوسنتز، طول دوره رشد و تجمع ماده خشک بر عملکرد دانه اثرات بارزی دارد (Wang et al., 2016). از دلایل اصلی افزایش عملکرد با کاربرد کود پتاسیم می‌توان به کاهش ریزش گل و غلاف اشاره کرد (Souza et al., 2008). شاه‌محمدزاده (Shah Mohammadzadeh, 2022) گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه باقلا با مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد که نسبت به شاهد ۲۸/۵ درصد افزایش نشان داد. افزایش عملکرد دانه با مصرف کود فسفر را می‌توان به نقش فسفر در فرآیندهای تقسیم سلولی و تغذیه متعادل گیاه نسبت داد (Weldua et al., 2012). شهدی کومله و همکاران (Shahdi Kumleh et al., 2017) گزارش کردند که اثر کود فسفر بر عملکرد دانه باقلا معنی‌دار بود، به‌طوری‌که افزایش سطوح فسفر باعث افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۲۹۴ کیلوگرم در هکتار شد. در مطالعه‌ای گزارش شد که کاربرد کود فسفر تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، موجب افزایش عملکرد دانه باقلا (۳۱۱۴ کیلوگرم در هکتار) شد. باین‌حال، با افزایش مصرف فسفر (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه روند نزولی داشت و به‌میزان ۲۴۹۲ کیلوگرم در هکتار رسید (Alipour et al., 2017).

میزان و عملکرد پروتئین دانه

میزان پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) تحت تأثیر کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم قرار گرفت، اما اثر سال و اثر متقابل بین فاکتورهای آزمایش بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۵). بین سطوح نیتروژن، بیشترین میزان پروتئین دانه با مصرف ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. همچنین در بین سطوح فسفر، مصرف ۹۶ کیلوگرم فسفر در هکتار با میانگین ۳۰/۶۳ و در بین سطوح پتاسیم، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار با میانگین ۳۰/۸۶، بیشترین میزان پروتئین دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۶). افزایش میزان پروتئین با کاربرد کود نیتروژن بیانگر این واقعیت

است که نیتروژن نقش مهمی در سنتز پروتئین دارد (Hani et al., 2006). نیتروژن در ساختار مولکول کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک و بسیاری از اجزاء پروتوپلاسم شرکت دارد. بنابراین، افزایش مصرف نیتروژن رابطه مستقیمی با افزایش پروتئین دانه دارد (Nouriyani, 2015). کاربرد کود نیتروژن می‌تواند سبب توسعه سیستم رشد گیاه، بهبود جذب آب و مواد غذایی، افزایش فتوسنتز و در نتیجه، افزایش وزن خشک گیاه گردد. با توجه به اینکه مقدار نیتروژن کل گیاه با وزن خشک کل همبستگی مثبتی دارد، در نتیجه مقدار نیتروژن کل و به تبع آن مقدار پروتئین گیاه افزایش می‌یابد (Hani et al., 2006). نوری و همکاران (Nori et al., 2022) گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین دانه باقلا دارد و بیشترین کمترین میزان پروتئین دانه به‌ترتیب در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار عدم مصرف نیتروژن حاصل شد. در مطالعه‌ای گزارش شد که کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر باعث افزایش قابل توجهی در میزان پروتئین دانه باقلا شد (EL-Gizawy et al., 2009).

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد پروتئین بود (جدول ۵). افزایش کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش عملکرد پروتئین شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکرد پروتئین با کاربرد بالاترین سطوح نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب با میانگین ۱۳۸۷/۷، ۱۲۳۳/۲ و ۱۲۹۰/۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۶). افزایش عملکرد پروتئین با مصرف کودهای شیمیایی را می‌توان به افزایش عملکرد دانه و میزان پروتئین نسبت داد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عملکرد دانه باقلا در سال دوم آزمایش به‌دلیل بیشتر بودن وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و شرایط مساعد آب‌وهوایی شامل بارندگی کمتر و دمای بیشتر به‌ویژه در ماه‌های ابتدایی دوره رشد، نسبت به سال اول برتری داشت، هرچند این برتری معنی‌دار نبود. تیمار مصرف کود به‌طور قابل توجهی باعث بهبود تمامی صفات مورد مطالعه شد. بر این اساس، عملکرد دانه در تیمار مصرف کود نسبت به شاهد ۶۷ درصد افزایش نشان داد. افزایش سطوح نیتروژن موجب افزایش صفات زراعی باقلا به‌جز تعداد دانه در غلاف شد. همچنین، افزایش سطوح فسفر و پتاسیم باعث افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین شد. در مجموع، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده استفاده از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب به‌میزان ۹۲، ۹۶ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار جهت بهبود عملکرد، افزایش بهره‌وری و توسعه زراعت باقلا به‌عنوان کشت دوم در شرایط شالیزاری استان گیلان پیشنهاد می‌شود.

References

- Abdolahpour, H., Tohidi Nejad, E., & Pasandi Pour, A. (2021). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on morpho-physiological characteristics and seed yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 1(57), 57-72. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.30495/jcep.2021.681006>
- Alipour, S., Moradi Telavat, M. R., Siyadat, S. A., Mosavi, S. H., & Karmala Chab, A. (2017). Effect of planting date and phosphorus fertilizer surface on the morphological characteristics and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal Pulses Research*, 7(2), 45-58. (In Persian with English Abstract). <http://doi.org/10.22067/ijpr.v7i2.43382>
- Aziz Ali-Abadi, K., Zavareh, M., Shahdi Koumleh, A., & Rabiee, M. (2014). Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on grain yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.). 13 Iranian Crop Sciences Congress and 3rd Iranian Seed Science and Technology Conference. Karaj, Iran. (In Persian).
- Babaei, H. R. (2019). Effect of different levels of simple super phosphate on growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.) in Lasht-e Nesh. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University Rasht Branch, Rasht, Iran. (In Persian).
- Cucci, G., Lacolla, G., Summo, C., & Pasqualone, A. (2019). Effect of organic and mineral fertilization on faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientia Horticulturae*, 243, 338-343. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.051>
- Drulis, P., Kriauciuniene, Z., & Liakas, V. (2022). The influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. *Agronomy*, 12, 741. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030741>
- EL- Gizawy, N. K. B., & Mehasen, S. A. S. (2009). Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Applied Sciences Journal*, 6(10), 1359-1365.
- Gan, Y., Malhi, S. S., Brandt, S., Katepa-Mupondwa, F., & Stevenson, C. (2008). Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of Juncea canola under diverse environments. *Agronomy Journal*, 100(2), 285-295. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0229>
- Gholami, A., & Koochaki, E. (2011). *Mycorrhiza in Sustainable Agriculture*. University of Shahrood Publication, Shahrood, Iran. 212 p. (In Persian).
- Golabi, M., & Lak, S. (2005). Effect of nitrogen and plant density on quantitative and qualitative yield of bean in Ahwaz climatic conditions. The 1th National Pulse Crops Symposium. Mashhad, Iran. (In Persian).
- Goosheneshin, A. (2016). Effect of KCl and K₂SO₄ fertilizers type and quantity on yield and yield component of faba bean. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University Rasht Branch, Rasht, Iran. (In Persian).
- Hamoudi, J., Shabani Qazvini, H., Alkaie Behjati, M., & Malie, M. (2012). Study of planting arrangement and potassium fertilizer on agronomic traits of faba bean. The 4th Iranian Pulse Crops Symposium. Arak, Iran. (In Persian).
- Hani, A., Elteliba, M., Hamad, A., & Eltom, E. A. (2006). The effect of nitrogen and phosphorus fertilization on growth, yield and quality of forage maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy*, 5(3), 515-518. <https://doi.org/10.3923/ja.2006.515.518>
- Hosseinzade, H., Dastan, S., Hashemi Murabi, H., & Ghoraiishi Khorasgani, R. (2012). Effect of amount and application method of potassium on yield and yield components of faba bean. The 4th Iranian Pulse Crops Symposium. Arak, Iran. (In Persian).
- Jin, J., Wang, G., Liu, X., Pan, X., & Herbert, S. J. (2005). Phosphorus application affects the soybean root response to water deficit at the initial flowering and full pod stages. *Soil Science and Plant Nutrition*, 51(7), 953-960. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2005.tb00133.x>
- Karkanis, A., Ntatsi, G., Lepse, L., Fernández, J. A., Vagen, I. M., Rewald, B., Alsina, I., Kronberga, A., Balliu, A., Olle, M., Bodner, G., Dubova, L., Rosa, E., & Savvas, D. (2018). Faba bean cultivation—revealing novel managing practices for more sustainable and competitive European cropping systems. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1115. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01115>
- Khosravi, H., Mirzashahi, K., Ramezani, M., Kalhor, M., & Mir-Rasouli, E. (2015). Effectiveness evaluation of some native *Rhizobia* on Faba bean yield in Iran. *Journal of Sol Biology*, 3(1), 83-91. (In Persian). <http://doi.org/10.22092/sbj.2015.102228>
- Liu, L., Zheng, X., Wei, X., Kai, Z., & Xu, Y. (2021). Excessive application of chemical fertilizer and organophosphorus pesticides induced total phosphorus loss from planting causing surface water eutrophication. *Scientific Reports*, 11, 23015. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02521-7>
- McKenzie, R. H., Middleton, A. B., Seward, K. W., Gaudiel, R., Wildschut, C., & Bremer, E. (2001). Fertilizer responses of dry bean in southern Alberta. *Canadian Journal Plant Sciences*, 81, 343-350. <https://doi.org/10.4141/P00-106>

- Meng, X., Chen, W., Wang, Y., Huang, Z., Ye, X., Chen, L., & Yang, L. (2021). Effects of phosphorus deficiency on the absorption of mineral nutrients, photosynthetic system performance and antioxidant metabolism in *Citrus grandis*. *PLoS One*, 16(2), e0246944. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246944>
- Nori, S., Nakhzari Moghaddam, A., Biabani, A., & Seyedian, S. M. (2022). The effect of topping, nitrogen and supplemental irrigation on green pod yield, protein percentage, proline rate and agronomic efficiency of nitrogen in faba bean (*Vicia faba* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(1), 105-113. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22077/escs.2020.3238.1847>
- Nouriyani, H. (2015). Effect of different nitrogen levels on yield, yield components and some quality characteristics of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, 5(16), 233-241. (In Persian). <http://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.16.233>
- Perveen, S., Ahmad, S., Skalicky, M., Hussain, I., Habibur-Rahman, M., Ghaffar, A., Shafqat Bashir, M., Batool, M., Hassan, M. M., & Brestic, M. (2021). Assessing the potential of polymer coated urea and sulphur fertilization on growth, physiology, yield, oil contents and nitrogen use efficiency of sunflower crop under arid environment. *Agronomy*, 11, 269. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020269>
- Peng, J., Feng, Y., Wang, X., Li, J., Xu, G., Phonenasay, S., Luo, Q., Han, Z., & Lu, W. (2021). Effects of nitrogen application rate on the photosynthetic pigment, leaf fluorescence characteristics, and yield of indica hybrid rice and their interrelations. *Scientific Reports*, 11, 7485. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86858-z>
- Rabiee, M., & Jilani, M. (2015). Determination of planting date, seed rate and row spacing on yield and agronomical traits of faba bean (*Vicia faba* L.) in Rasht area. *Plant Production Technology*, 7(2), 81-93. (In Persian with English Abstract).
- Rabiee, M., & Modarresi, M. (2021). *Rapeseed (Brassica napus L.) Cultivation as Second Crop in Paddy Field*. Narvan Danesh, Iran. 124 p. (In Persian).
- Rawat, J., Pandey, N., & Saxena, J. (2022). Role of potassium in plant photosynthesis, transport, growth and yield. *Role of Potassium in Abiotic Stress*. In: N. Iqbal and S. Umar (Eds.). Springer, Singapore, p. 1-14. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-16-4461-0_1
- Safikhani, S., Biabani, A., Faraji, A., Rahemi, A., & Gholizadeh, A. (2015). Response of some agronomic characteristic of canola (*Brassica napus* L.) to nitrogen fertilizer and sowing date. *Journal of Crop Ecophysiology*, 35(3), 429-446. (In Persian with English Abstract).
- Salo-Vaananen, P. P., & Koivistoinen, P. E. (1996). Determination of protein in foods: Comparison of net protein and crude protein (N x 6.25) values. *Food Chemistry*, 51(1), 21-31. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(96\)00157-4](https://doi.org/10.1016/0308-8146(96)00157-4)
- Sandrakirana, R., & Arifin, Z. (2021). Effect of organic and chemical fertilizers on the growth and production of soybean (*Glycine max*) in dry land. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(3), 9643-9653. <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v74n3.90967>
- Selim, M. M. (2021). Introduction to the integrated nutrient management strategies and their contribution to yield and soil properties. *Journal of Plant Sciences*, 9(4), 139-150. <https://doi.org/10.11648/j.jps.20210904.13>
- Shahdi Kumleh, A., Sadegh, L., Rabiee, M., & Foroughi, F. (2017). Residual effect of nitrogen and phosphorus fertilizers in faba bean field on yield in faba bean- rice cropping system in Guilan. *Journal of Crop Ecophysiology*, 2(42), 383-398. (In Persian with English Abstract).
- Shah Mohammadzadeh, P. (2022). Effect of urea and some organic fertilizers on growth and field performance of faba bean (*Vicia faba* L.). M.Sc. Thesis, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian).
- Sharma, K., Dak, G., Agrawal, A., Bnatnagar, M., & Sharma, R. (2007). Effect of phosphate solubilizing bacteria on the germination of *Cicer Arietinum* seeds and seedling growth. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*, 1(1), 61-63.
- Souza, A. B. D., Andrade, M. J. B. D., Vieira, N. M. B., & Albuquerque, A. D. (2008). Sowing densities and NPK and liming levels on common bean yield, in conventional cropping system, in Ponta Grossa, Parana State, Brazil. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 38(1), 39-43.
- Turk, M. A., & Tawaha, A. R. M. (2002). Impact of seeding rate, seeding date, rate and method of phosphorus application in faba bean (*Vicia faba* L.) in the absence of moisture stress. *Biotechnologie, Agronomie, Societe et Environnement*, 6(3), 171-178.
- Wang, Y., Zhang, Z., Liang, Y., Han, Y., Han, Y., & Tan, J. (2020). High potassium application rate increased grain yield of shading-stressed winter wheat by improving photosynthesis and photosynthate translocation. *Frontiers in Plant Science*, 11, 134. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00134>

- Wang, Z., Zhang, Z., Beebout, S. S., Zhang, H., Liu, L., Yang, J., & Zhang, J. (2016). Grain yield, water and nitrogen use efficiencies of rice as influenced by irrigation regimes and their interaction with nitrogen rates. *Field Crops Research*, 193, 54-69. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.03.006>
- Weldua, Y., Hailheb, M., & Habtegebielb, K. (2012). Effect of zinc and phosphorus fertilizers application on yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.) grown in Calcaric Cambisol of semi-arid northern Ethiopia. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 3(12), 320-326. https://academicjournals.org/article/article1380044321_Weldu%20et%20al.pdf
- Wu, Y. W., Li, Q., Jin, R., Chen, W., Liu, X. L., Kong, F. L., Ke, Y. P., Shi, H. C., & Yuan, J. C. (2019). Effect of low-nitrogen stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics of maize cultivars with different low-nitrogen tolerances. *Journal of Integrative Agriculture*, 6, 1246-1256. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62030-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62030-1)
- Yasari, E. (2013). Evaluation of the effects of phosphate solubilizing bacteria as biofertilizers and the mineral phosphorous on growth and yield of the Tellar cultivar of soybean (*Glycine max* Merrill) in the north of Iran. *Applied Research of Plant Ecophysiology*, 1(1), 1-18. (In Persian). <https://arpe.gonbad.ac.ir/article-1-25-en.html>



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.89397.1097>

Effectiveness of Chemical Management for Broadleaf Weeds in Autumn-Sown Chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Mozhgan Veisi^{1*}, Mehdi Minbashi Moeini², Sepideh Hatami³, Mohammad Saleh Mansouri⁴

Received: 18-08-2024

Revised: 12-10-2024

Accepted: 10-12-2024

Available Online: 10-12-2024

Cite this article:

Veisi, M., Minbashi Moeini, M., Hatami, S., & Mansouri, M. S. (2025). Effectiveness of chemical management for broadleaf weeds in autumn-sown chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 71-93. (In Persian with English Abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.89397.1097>

Introduction

Chickpeas, with 37.8 % of the total production of pulses, ranked first in Iran and produced 168142.5 t.ha⁻¹ in 439872 ha of area harvested. The largest area under cultivation of chickpea is located in Kermanshah, Kurdistan and Lorestan provinces in Iran. Various strategies for weed management can be used in autumn-sown chickpea, including application of interrow cultivator, crop management (crop rotations) and application of herbicides. Herbicide can be considered as one of the effective measures to reduce weed damage in chickpea. Like other pulses, chickpea is more likely damaged by post (post emergence) herbicides than PRE (pre emergence) herbicides. This indicates the limitations of herbicides, especially post-emergence herbicides for broadleaf weeds in chickpeas. Currently, only few herbicides are recommended for chickpea in Iran. Farmers in Iran prefer to manage weeds, by hand weeding or using cultivator between rows, due to potential risk of herbicide damages, high cost involved in herbicide applications, and limited herbicide options for selective weed control. Considering the wide range of weed species in chickpeas in different regions of Iran, autumn-sown requires herbicides that provide a broader spectrum of weed control. Furthermore, the preventing of weed resistance to herbicides makes it necessary to increase the diversity of herbicides. In this regard, the purpose of this study was to compare new PRE-herbicide (flumioxazin) with different rates as IBS, PRE, and early-post with previously used herbicides, in terms of weed control and subsequently increase grain yield of chickpea.

Materials and Methods

This experiment was carried out in Kermanshah, West Azerbaijan and Hamadan during crop year 2021-2022, Iran. The experiment was laid out in a randomized complete block design (RCBD) with 12 treatments and four replicates. Treatments included pre-emergence (PRE) application of novagap (aclonifen 600 SC) at 1, 2, 3 and 4 l.ha⁻¹, oxyfluorfen (SC 24%) at 0.7 l.ha⁻¹, clean sheet (flumioxazin, WP 50%) at 100 g.ha⁻¹, post-emergence (POST) application of aclonifen at 1, 1.5, 2 and 2.5 l.ha⁻¹, PRE application of oxyfluorfen at 0.7 l.ha⁻¹+POST application of aclonifen at 1.5 l.ha⁻¹ and hand weeding. 30 days after post-emergence spraying, density and dry weight of weeds per plot were determined and compared with untreated control. At harvesting, grain yield, plant height and dry weight of chickpea was measured per unit area. Variance analysis of chickpea data was also done through SAS software, and then the averages were compared based on Duncan's test ($p < 0.05$).

Results and Discussion

At kermanshah visual evaluation results showed that the highest reduction in weeds (87 to 90%) was observed in PRE application of aclonifen at 2, 3 and 4 l.ha⁻¹ and flumioxazin without any significant difference. In addition, PRE

- 1- Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Kermanshah, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran
- 2- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
- 3- Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of West Azerbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran
- 4- Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Kurdistan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran

* Corresponding Author: movassi2002@yahoo.com



©2024 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

application of aclonifen 2 l.ha⁻¹ had a very good efficiency (91-100%) in reducing the density and dry weight of weeds of *R. rugosum*, *C. album* and *C. orientalis*. Also, *C. intybus* and *C. oxycantha* were controlled by this treatment with a lower percentage (72-81%). The highest grain yields of chickpea in Kermanshah (590.5 to 609 kg.ha⁻¹) was observed in the PRE aclonifen at 2 and 3 l. ha⁻¹ that had no significant difference with hand weeding. At Hamadan, the highest weed control efficiency (95%) found in aclonifen at 2, 3 and 4 l.ha⁻¹, flumioxazin, oxyfluorfen and oxyfluorfen + aclonifen. The results in Hamedan showed that flumioxazin, post aclonifen 2.5 l.ha⁻¹ and PRE aclonifen 2, 3 and 4 l.ha⁻¹, oxyfluorfen and oxyfluorfen + aclonifen favorably reduced the density of *D. Sophia*, *Alyssum* spp. and total weeds. In the visual evaluation, the highest efficiency belonged to aclonifen at 4 l.ha⁻¹, followed by PRE aclonifen at 2 and 3 l. ha⁻¹, flumioxazin and oxyfluorfen + aclonifen. At Hamedan, PRE aclonifen at 2 l. ha⁻¹ and flumioxazin had the highest grain yield of chickpea with 309 and 322 kg.ha⁻¹, respectively, and there was no statistically significant difference with each other and hand weeding treatment. At West Azerbaijan, the highest weed control (84 to 86%) belonged to a PRE application of aclonifen at 3 and 4 l.ha⁻¹ and POST application of aclonifen at 2.5 l.ha⁻¹ that there was no significant difference between them. At West Azerbaijan, after hand weeding, aclonifen 3 l. ha⁻¹ and flumioxazin had the highest grain yield of chickpea with 1251 and 1254 kg.ha⁻¹, respectively.

Conclusions

According to the results, aclonifen is recommended as a pre-emergence application at 2 to 3 l.ha⁻¹ and flumioxazin at 100 g.ha⁻¹ for the control of broadleaf weeds in rainfed autumn- sown chickpea.

Keywords: Aclonifen, Density, Flumioxazin, Grain yield, Herbicide, Oxyfluorfen

کارایی مدیریت شیمیایی علف‌های هرز پهن‌برگ نخود (*Cicer arietinum* L.) پاییزه

مژگان ویسی^{۱*}، مهدی مین‌باشی معینی^۲، سپیده حاتمی^۳، محمد صالح منصوری^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۰

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی علف‌کش‌های جدید برای مهار علف‌های هرز پهن‌برگ نخود پاییزه، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در استان‌های کرمانشاه، آذربایجان غربی و همدان طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارها شامل کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش‌های آکلوئیفن (نوآگپ 600 SC) به میزان یک، دو، سه و چهار لیتر در هکتار، فلومیوکسازین (کلین‌شیت 50% EC) ۱۰۰ گرم در هکتار، اکسی‌فلورفن (گل 24% EC) ۰/۷ لیتر در هکتار، کاربرد پس‌رویشی آکلوئیفن به میزان‌های ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار، ترکیب اکسی‌فلورفن پیش‌رویشی ۰/۷ لیتر در هکتار + آکلوئیفن پس‌رویشی ۱/۵ لیتر در هکتار و شاهد وجین‌دستی بودند. نتایج ارزیابی چشمی نشان داد که بیشترین کاهش‌های تراکم علف‌های هرز (۸۷ تا ۹۰ درصد) در کرمانشاه به تیمارهای آکلوئیفن پیش‌رویشی دو، سه و چهار لیتر در هکتار و فلومیوکسازین، در همدان (۹۵ درصد) به آکلوئیفن پیش‌رویشی دو، سه و چهار لیتر در هکتار، فلومیوکسازین و اکسی‌فلورفن + آکلوئیفن و در آذربایجان غربی (۸۴ تا ۸۶ درصد) به آکلوئیفن پیش‌رویشی سه و چهار لیتر در هکتار و پس‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار تعلق گرفتند. بیشترین میزان عملکرد دانه نخود در بین تیمارهای علف‌کشی (۵۹۰/۵ تا ۶۰۹ کیلوگرم در هکتار) در کرمانشاه به آکلوئیفن دو و سه لیتر در هکتار و فلومیوکسازین، در همدان (۳۰۹ تا ۳۲۲ کیلوگرم در هکتار)، به آکلوئیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار و فلومیوکسازین و در آذربایجان غربی (۱۲۵۱ تا ۱۲۵۴ کیلوگرم در هکتار) به آکلوئیفن ۳ لیتر در هکتار و فلومیوکسازین اختصاص یافت. بنابراین، کاربرد پیش‌رویشی آکلوئیفن به میزان دو تا سه لیتر و فلومیوکسازین به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار برای مهار علف‌های هرز پهن‌برگ در مزارع نخود پاییزه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اکسی‌فلورفن، آکلوئیفن، تراکم، علف‌کش، عملکرد دانه، فلومیوکسازین

مقدمه

ایران با بیش از ۴۲۹۰۰۰ هکتار سطح برداشت و تولید ۱۷۷۴۹۳ تن در هکتار نخود، هشتمین تولیدکننده بزرگ نخود در جهان است (FAOSTAT, 2022). سطح برداشت نخود دیم در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در استان‌های کرمانشاه، آذربایجان غربی و همدان به ترتیب ۱۵۳۶۹۹، ۸۱۹۹۹ و ۱۹۴۴۵ هکتار و میزان تولید نخود دیم در این سه استان به ترتیب ۷۱۴۵۸، ۳۵۰۷۴ و ۱۸۴۹۶ تن در هکتار بوده است (Amarnam, 2023). نخود زمانی که در پاییز کشت می‌شود، به دلیل رشد بسیار کند آن، رقابت ضعیفی با علف‌های هرز دارد. عدم مهار علف‌های هرز در مزرعه نخود باعث کاهش ۸۵ تا ۱۰۰ درصدی

عملکرد دانه آن می‌شود (Gore et al., 2015). این کاهش در جنوب آسیا ۹۴ درصد (Saxena, 1996) و در ایران ۴۸ تا ۶۶/۴ درصد و ۵۸ درصد در دو گزارش برآورد شده است (Ahmadi, 1998; Mohammadi et al., 2005). کاهش عملکرد به شدت به ترکیب گونه‌های علف‌های هرز، درجه رقابت علف‌های هرز با محصول، دوره آلودگی علف‌های هرز، زمان کشت و شرایط آب‌وهوایی بستگی دارد (Latif et al., 2021). تراکم علف‌های هرز در کشت‌های پاییزه، انتظاری و بهاره به ترتیب باعث کاهش ۶۶/۹۲، ۷۸/۱۹ و ۹۸/۲۰ درصد عملکرد نخود می‌شود (Fathi et al., 2016). در تحقیقی اعلام گردید که وجین علف‌های هرز با افزایش ۳۰ درصدی عملکرد دانه نخود همراه بود (Fallah & Pezeshkpour, 2009). همچنین در

۱- بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۲- مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

۴- بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

(movassi2002@yahoo.com)

(*)- نویسنده مسئول:

بالایی دارد)، ایزوکسافلوتل در نخود بهاره و فلومیوکسازین در نخود پاییزه هستند. بنابراین عملاً در سبب علف‌کشی نخود پاییزه فقط یک علف‌کش به‌نام فلومیوکسازین وجود دارد. با توجه به گسترش سریع علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش، به‌کارگیری علف‌کش‌های با نحوه عمل متفاوت، از مهم‌ترین اصول برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز در جهت به تأخیر انداختن مقاومت علف‌های هرز است (Heap, 2020; Norsworthy et al., 2012). افزایش تنوع علف‌کش‌های نخود به ما این امکان را می‌دهد که از مقاومت علف‌های هرز به یک علف‌کش خاص جلوگیری شود. در این پژوهش سعی شده است که از علف‌کش‌های پیش‌رویشی استفاده شود، زیرا این علف‌کش‌ها نسبت به پس‌رویشی‌ها، گیاه‌سوزی کمتری روی نخود دارند (Ramakrishna et al., 1992). علف‌کش آکلونیفن^۵ یک دی‌فنیل‌اتر^۶ است و به‌صورت پیش‌رویشی برای مزارع علف‌های هرز برگ‌پهن در مزارع آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) اروپا و در سراسر جهان در طیف وسیعی از محصولات (نخود (*Cicer arietinum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، هویج (*Daucus carota* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) استفاده می‌شود (Bayer Crop Science, 2009; Covarelli & Tosi, 2006). آکلونیفن از دسته علف‌کش‌های مهارکننده سولاناسیل-دی فسفات سنتتاز^۷ است که یک محل عمل جدید برای علف‌کش‌ها محسوب می‌شود (Kahlau et al., 2020) و دارای دو نوع مختلف نحوه عمل می‌باشد (سنتز کاروتنوئید و مهار پروتوپورفیرینوزن اکسیداز^۸) (Kilinc, 2011). کاربرد پیش‌رویشی آکلونیفن به‌دلیل نفوذ علف‌کش در سطح خاک موجب مهار مطلوب گیاهچه‌های علف‌هرز می‌شود (Devine & Shukla, 2000). همچنین آکلونیفن (پیش‌رویشی) در صورتی که کشت نخود به‌صورت مستقیم باشد تأثیر بالایی در مهار علف‌های هرز دارد و می‌تواند تا ۴ لیتر در هکتار نیز بدون ایجاد خسارت به نخود استفاده شود (Barros et al., 2018). آکلونیفن می‌تواند گونه‌های خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، دم روباهی (*Alopecurus* spp.) و کلم وحشی (*Brassica* spp.) (Kilinc, 2011).

تحقیقی دیگر، وجین علف‌های هرز در دو نوبت، عملکرد نخود را در مقایسه با شاهد (عدم مهار علف‌های هرز) به‌طور قابل توجهی (۲۷۴ درصد) افزایش داد (Mousavi, 2010). علاوه بر کاهش عملکرد، وجود علف‌های هرز مانند ماستونک (*Turgenia latifolia* (L.) Hoffm. بیت‌راخ (*Galium tricornutum* Dandy.) در امر برداشت نیز مزاحمت ایجاد می‌کنند. زیست‌توده علف‌های هرز در کشت پاییزه نخود در کردستان ۶/۵۴ برابر (Fathi et al., 2016) و در لرستان ۲/۵ برابر (Mousavi et al., 2007) کشت بهاره نخود است. در یک بررسی، علف‌های هرز مزارع نخود کردستان ۵۲ گونه عنوان شد که عمدتاً از خانواده‌های کاسنی^۱، گندمیان^۲، چتریان^۳ و میخک^۴ بودند (Mansourian et al., 2021). مشکل‌سازترین علف‌های هرز پهن‌برگ در مزارع نخود کرمانشاه، کردستان و آذربایجان غربی عبارت بودند از: بابونه (*Anthemis cotula* L.)، از مک (*Cardaria draba* (L.) Desv.)، سرشکافه (*Cephalaria syriaca* (L.) Roemer & Schultes)، کاسنی (*Lamium amplexicaule* L.)، جفجفک (*Vaccaria hispanica* (Mill) Rauschert.)، ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth.)، علف هفت بند (*Polygonum aviculare* L.)، کاهوی وحشی (*Lactuca serriola* L.)، شاه‌تره (*Fumaria officinalis* L.)، تلخه (*Acroptilon repense* (L.) DC.)، گل گندم (*Centaurea cyanus* L.)، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.)، شلمی (*Rapistrum rugosum* L.) و ماستونک (*Turgenia latifolia* (L.) Hoffm.) (Veisi et al., 2022; Veisi, 2021; Veisi et al., 2019; Chalechale et al., 2014). برای مدیریت علف‌های هرز در نخود پاییزه، راهبردهای گوناگونی از جمله استفاده از کولتیواتور بین ردیفی، مدیریت زراعی (تناوب) و کاربرد علف‌کش‌ها به‌کار می‌رود. هرچند علف‌کش‌ها، راه حل نهایی برای چالش پیچیده علف‌های هرز نیستند، اما کاربرد این مواد شیمیایی، ابزار اصلی مهار علف‌های هرز در کشاورزی مدرن می‌باشند (Harker & O'Donovan, 2013). در ایران نیز تاکنون سه پهن‌برگ‌کش برای نخود به ثبت رسیده است که شامل پایریدیت در نخود بهاره و پاییزه (در دسترس نیست و هزینه

1- Asteraceae

2- Poaceae

3- Apiaceae

4- Caryophyllaceae

5- Acclonifen

6- Diphenyl ether (2-Chloro-6-nitro-3-phenoxyphenylamine)

7- Solanesyl diphosphate synthase

8- Protoporphyrinogen oxidase

توانسته است بدون عدم تأثیر سوء بر نخود موجب افزایش عملکرد شود (Jha & Kumar, 2017) نتایج یک تحقیق در کرمانشاه نشان داد که فلومیوکسازین با مهار علف‌های هرز موجب ۵۵ درصد افزایش عملکرد نخود شد (Babaei et al., 2022). مطالعات ویسی و همکاران (Veisi et al., 2024) در سه استان نشان داد که فلومیوکسازین ۱۰۰ گرم در هکتار، ۷۲ تا ۸۳ درصد تراکم علف‌های هرز مزارع نخود را کاهش داده است. همچنین سلطانی و همکاران و ویسی و همکاران (Veisi et al., 2016; Soltani et al., 2022) اشاره کردند که فلومیوکسازین فاقد بقایای خسارت‌زا در گندم سال زراعی بعد است.

اکسی‌فلورفن، علف‌کشی سیستمیک از ترکیبات دی‌فنیل‌اترها است که با دوام طولانی در خاک، طیف وسیعی از علف‌های هرز پهن‌برگ را به‌صورت پس‌رویشی در مزارع پیاز مهار می‌کند. این علف‌کش از نظر سازوکار اثر، بازدارنده پروتوپورفیرینوژن اکسیداز^۲ است (Lee et al., 1993). جذب این علف‌کش عمدتاً توسط اندام‌های هوایی گیاه و مقداری نیز توسط ریشه صورت می‌گیرد. اکسی‌فلورفن به‌میزان ۱۰۰ گرم در هکتار به همراه یک بار وجین ۳۰ روز پس از کشت کم‌ترین وزن خشک علف‌های هرز و بیشترین عملکرد (۱۲۵۹ کیلوگرم در هکتار) را در نخود کابلی در هند داشت (Rasal et al., 2015). در یک مطالعه در ایران، اکسی‌فلورفن به‌میزان ۰/۵ و ۰/۷ لیتر در هکتار به‌ترتیب ۸۸ تا ۹۶ درصد علف‌های هرز پهن‌برگ را در مزرعه نخود کاهش داد و موجب افزایش عملکرد نخود شد (Veisi et al., 2022).

هدف از این پژوهش، بررسی کارآیی علف‌کش آکلونیفن روی علف‌های هرز پهن‌برگ یک‌ساله نخود در استان‌های کرمانشاه، آذربایجان غربی و همدان در مقایسه با علف‌کش‌های رایج و نیز پاسخ نخود به اثرات گیاه‌سوزی احتمالی آن بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزارع تحقیقاتی مراکز تحقیقات استان‌های کرمانشاه، آذربایجان غربی و همدان طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش و خصوصیات علف‌کش‌های مورد استفاده در جدول ۱ و اقلیم، خصوصیات مختصات جغرافیایی و درصد ماده ارگانیک در سه مکان اجرای آزمایش در جدول ۲ ذکر شده است.

را مهار کند. تأثیر آکلونیفن بر روی علف‌های هرز خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، آناگالیس (*Anagallis arvensis* L.)، علف‌هفت‌بند (*Polygonum aviculare* L.) و توق (*Xanthium strumarium* L.) بیش از ۹۰ درصد است که این تأثیر بر چچم (*Lolium multiflorum* Lam.)، تاج خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus* L.) و سوروف (*Echinocloa crus-galli* (L.) P.Beauv.) به‌ترتیب ۸۰، ۵۰ و ۸۰ درصد می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده که آکلونیفن به‌تنهایی تا ۲۲۱ درصد، و تیمار سه بار وجین + آکلونیفن، عملکرد نخود را ۳۶۱ تا ۴۷۸ درصد افزایش می‌دهد (Yilar et al., 2020). در شمال عراق کاربرد آکلونیفن به‌میزان یک لیتر در هکتار علف‌های هرز پهن‌برگ نخود را به‌شکل معنی‌دار کاهش داد و موجب افزایش ۵ و ۲۳ درصدی عملکرد دانه و بیولوژیک شد (Antar & Salim, 2017). طبق گزارش سازمان ایمنی غذای اروپا (EFSA^۱) در سال ۲۰۰۸، آکلونیفن برای محصولات بعدی بی‌خطر است. در این بررسی، سه محصول هویج (*Daucus carota* L.)، اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) برای مطالعه انتخاب شدند. پس از استفاده از میزان ۳/۷۲ کیلوگرم در هکتار آکلونیفن، مجموع بقایای علف‌کش در شاخ‌وبرگ هویج، اسفناج، جو، دانه جو و کاه جو در طول هر سه تناوب زراعی زیر ۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم بود (European Food Safety Authority, 2008). در ایران نیز طی یک بررسی در سه استان، بقایای علف‌کش آکلونیفن روی گندم زراعی کاشته‌شده در تناوب زراعی پس از نخود بررسی شد و خسارت ناشی از بقایای این علف‌کش در گندم مشاهده نشد (Veisi et al., 2023).

علف‌کش فلومیوکسازین (کلین شیت) مهارکننده پروتوپورفیرینوژن اکسیداز (PPO) است و در تولید کلروفیل گیاهان اختلال ایجاد می‌کند (Mahoney et al., 2014). فلومیوکسازین قدرت حذفی خوبی در برابر علف‌های هرز مشکل‌ساز از جمله تربچه وحشی (*Raphanus raphanistrum*) دارد، همچنین علف‌های هرز تاج خروس، گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medik.)، خارخسک (*Tribulus terrestris* L.)، فرفیون (*Euphorbia* spp.)، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، پیرگیاه و گلرنگ‌وحشی را مهار می‌کند (Anonymous, 2009). این علف‌کش، طی پاییز علف‌های هرز جارو (*Kochia* spp.) و علف شور (*Salsola tragus*) را در نخود به‌خوبی مهار کرده و

1- European Food Safety Authority

2- Protoporphyrinogen oxidase

جدول ۱- تیمارهای به‌کاربرده‌شده در نخود پاییزه در سه مکان آزمایشی (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Table 1- Treatments applied in autumn-sown chickpea at three locations in 2021-2022

تیمارها Treatments		میزان (گرم) ماده مؤثره در هکتار Rate (g ai.ha ⁻¹)	میزان (گرم) بر لیتر در هکتار Rate (g.l ⁻¹ .ha ⁻¹)	فرمولاسیون و میزان ماده فعال علف‌کش Formulation and herbicide rate in active ingredient	محل عمل Mode of action
نام عمومی Common name	نام تجاری Commercial name	زمان سم‌پاشی Timing			
آکلونیفن Aclonifen	نواگپ Novagap	پیش‌رویشی PRE**	600, 1200*, 1800* and 2400	1, 2, 3, and 4	600 SC Inhibition of solanesyl diphosphate synthase (SDPS)
آکلونیفن Aclonifen	نواگپ Novagap	پس‌رویشی POST**	600, 900, 1200 and 1500	1, 1.5, 2 and 2.5	600SC Inhibition of solanesyl diphosphate synthase (SDPS)
فلومیوکسازین Flumioxazin	کلین شیت Clean sheet	پیش‌رویشی PRE	50	100	EC 50% Inhibition of protoporphyrinogen oxidase (PPO)
اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen	گل Goal	پیش‌رویشی PRE	168	0.7	EC 24% Inhibition of protoporphyrinogen oxidase (PPO)
آکلونیفن+اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen + Aclonifen	نواگپ + گل Goal + Novagap	پیش‌رویشی + پس‌رویشی PRE + POST PRE + POST	168 + 900	0.7+1.5	EC 50% + 600 SC PPO + SDPS
وجین دستی Hand weeding	-	-	-	-	-

* دوزهای توصیه‌شده

* Recommended doses

** پیش‌رویشی (پس از کشت و قبل از جوانه‌زنی نخود و علف‌های هرز)، پس‌رویشی (در مرحله دو تا چهار برگ علف‌های هرز)

PRE (pre-emergence), POST (post-emergence) **

جدول ۲- اقلیم، مختصات جغرافیایی و خصوصیات و درصد ماده ارگانیک خاک در سه مکان اجرای آزمایش

Table 2- Climate, geographical coordinates, characteristics and soil organic matter percentage at three experimental chickpea locations

مکان Location	ایستگاه تحقیقاتی Research station	ارتفاع از سطح دريا (متر) Altitude above sea level (m)	اقلیم Climate	بافت خاک Soil texture	عرض جغرافیایی Longitude	طول جغرافیایی Latitude	مواد آلی (%) Organic Matherials (%)	pH
کرمانشاه Kermanshah	ماهیدشت Mahidasht	1365	Semi- dry	Silt clay	34°16'21"N	46°50'15" E	0.73	7.7
آذربایجان غربی West Azerbaijan	خرم آباد Khoramabad	1520	Semi- dry cold	Loam silt clay	37°52'21"N	44° 49'47"E	0.77	7.5
همدان Hamedan	اکباتان Ekbatan	1750	Semi- dry cold	Sandy loam	35° 21'35"N	48°72'45"E	0.4	7

سانتی‌متر به‌طول هشت متر) در نظر گرفته شد. علف‌کش‌های با کاربرد پیش‌رویشی، یک تا چهار روز پس از کاشت نخود و قبل از جوانه زنی علف‌های هرز و نخود در مناطق سه‌گانه روی خاک خشک اعمال شدند. تراکم، فواصل خطوط کشت، رقم (جدول ۳) و سایر عملیات کاشت و داشت براساس عرف هر

در سه مکان آزمایش، ابتدا در پاییز، زمینی که دارای سابقه آلودگی کافی به علف‌های هرز غالب منطقه داشت، انتخاب و عملیات تهیه زمین و بستر بذر انجام شد. کشت نخود توسط بذرکار پنوماتیک در تاریخ‌های ذکرشده در جدول ۳ انجام شد. ابعاد هر کرت آزمایش ۳ × ۸ مترمربع (هفت ردیف به‌فاصله ۵۰

گونه شمارش شدند. علف‌های‌هرز چندساله پیچک (*Glycyrrhiza*) و شیرین‌بیان (*Convolvulus arvensis* L.) (*glabra* L.) که در طیف کنترلی تیمارهای علف‌کشی نبودند، وجین شدند تا روی عملکرد محصول تأثیر نداشته باشند. سپس درصد کاهش تعداد علف‌های‌هرز به تفکیک گونه در هر کرت نسبت به شاهد همان کرت (قسمت سم‌پاشی نشده) محاسبه گردید. ارزیابی چشمی خسارت وارده به نخود توسط علف‌کش‌ها با استفاده از روش استاندارد کمیته علف‌های‌هرز اروپا (EWRC^۱) ۳۰ روز پس از سم‌پاشی صورت گرفت (Sandal et al., 1997). در این روش، درصد خسارت به‌صورت چشمی ارزیابی می‌شود. در زمان برداشت نیز محصول نخود در دو مترمربع از هر کرت (سه ردیف) با حذف اثر حاشیه‌ای به‌طور جداگانه (قسمت سم‌پاشی‌شده و نشده) برداشت شد. عملکرد دانه نخود، زیست‌توده نخود در واحد سطح و ارتفاع نخود ناشی از حضور علف‌های‌هرز در هر کرت محاسبه شد. ارقام نخود و تاریخ انجام عملیات سم‌پاشی و کاشت و برداشت در جدول ۳ ذکر شده است. با توجه به اینکه تجزیه واریانس مرکب آزمایش نشان داد که تأثیر مکان (محل‌های مطالعه) معنی‌دار است، تجزیه واریانس مکان‌های آزمایش به‌صورت جداگانه انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (version 9.1) انجام و سپس براساس آزمون دانکن ($P < 0.05$) مقایسه میانگین شد.

منطقه صورت گرفت. میزان کود مورد نیاز براساس آزمایش خاک و توصیه‌های مؤسسه تحقیقات آب و خاک صورت پذیرفت. در طول دوره رشد، علف‌های‌هرز موجود در کرت شاهد با وجین دستی سه مرتبه حذف گردید. سم‌پاشی‌های پس‌رویشی در زمان دو تا چهار برگی علف‌های‌هرز انجام شد. به‌منظور مهار گندم زراعی خودرو (*Triticum aestivum* L.) در هر سه مکان آزمایش از علف‌کش هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل (گالانت سوپر EC 10.8%) به‌میزان یک لیتر در هکتار در مرحله سه تا پنج برگی علف‌های‌هرز باریک‌برگ در کلیه کرت‌های آزمایشی استفاده شد. سم‌پاشی با استفاده از سم‌پاش ماتابی پشتی شارژی (دبی ۰/۵ لیتر در دقیقه) مجهز به نازل شره‌ای و با فشار ۲۰۰ کیلو پاسکال بار انجام گرفت و براساس میزان ۳۰۰ لیتر آب در هکتار کالیبره شد. هر کرت آزمایشی از نظر طولی به دو قسمت تقسیم گردید. قسمت بالایی هر کرت سم‌پاشی نشده و به‌عنوان شاهد آن کرت در نظر گرفته شد و قسمت پایین آن اعمال تیمار گردید. سی روز پس از سم‌پاشی، تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز در هر کرت تعیین و با شاهد بدون کنترل مقایسه شد. به این ترتیب که دو کادر $۰/۵ \times ۰/۵$ در قسمت سم‌پاشی‌شده و دو کادر $۰/۵ \times ۰/۵$ در قسمت سم‌پاشی نشده در جایی که معرف علف‌های‌هرز آن کرت بود، قرار داده و کلیه علف‌های‌هرز پهن‌برگ آن را از ریشه درآورده و به تفکیک

جدول ۳- تقویم عملیات زراعی و زمان کاربرد علف‌کش‌ها در مناطق مختلف آزمایش

Table 3- Time table for field operations and application dates of herbicides at different experimental locations

عملیات در مزرعه	کرمانشاه	آذربایجان غربی	همدان
Field operation	Kermanshah	West Azerbaijan	Hamedan
کشت نخود	۱۴۰۰/۷/۲۲	۱۴۰۰/۸/۲۲	۱۴۰۰/۸/۳۰
Chickpea sowing	14 Dec 2021	13 Nov 2021	21 Nov 2021
علف‌کش پیش‌رویشی	۱۴۰۰/۷/۲۳	۱۴۰۰/۸/۲۶	۱۴۰۰/۹/۴
Pre-emergence herbicide	15 Dec 2021	17 Nov 2021	25 Nov 2021
علف‌کش پس‌رویشی	۱۴۰۱/۱/۲۲	۱۴۰۱/۱/۱۰	۱۴۰۱/۲/۲
Post-emergence herbicide	11 Apr 2022	30 Mar 2022	22 Apr 2022
علف‌کش هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل	۱۴۰۱/۲/۲۲	۱۴۰۱/۱/۸	۱۴۰۱/۱/۳۰
Haloxypop R Methyl	11 Apr 2022	28 Mar 2022	20 Apr 2022
نمونه‌برداری علف‌های‌هرز	۱۴۰۱/۲/۲۲	۱۴۰۱/۱/۰۲	۱۴۰۱/۳/۲
Weed sampling	12 May 2022	30 Apr 2022	22 May 2022
برداشت	۱۴۰۱/۴/۵	۱۴۰۱/۴/۱۷	۱۴۰۱/۴/۱۰
Harvest	26 June 2022	8 July 2022	1 July 2022
تراکم بذر (کیلوگرم در هکتار)	80	85	80
Seed density (kg.ha ⁻¹)			
رقم	عادل	سعید	منصور
Cultivar	Adel	Saeed	Mansour

نتایج و بحث

میانگین تراکم علف‌های هرز در سه مکان آزمایشی در جدول ۴ ذکر شده است.

تراکم علف‌های هرز (کرمانشاه)

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای علف‌کشی بر درصد کنترل تراکم علف‌های هرز در قسمت سم‌پاشی شده نسبت به قسمت سم‌پاشی نشده معنی‌دار بودند ($P < 0.01$) (جدول ۵).

بیشترین کاهش (۹۷/۵ تا ۱۰۰ درصد) تراکم علف هرز شلمی در فلومیوکسازین پیش‌رویشی ۱۰۰ گرم در هکتار و تیمارهای آکلونیفن پیش‌رویشی دو، سه و چهار لیتر در هکتار مشاهده شد (جدول ۶). در تأیید این نتایج، طی یک بررسی مشخص شد که علف‌کش فلومیوکسازین (پیش‌رویشی) با بیش از ۷۵ درصد کاهش، بیشترین مهار را بر علف‌های هرز سلمه تره، خردل وحشی، پیرگیاه و کنگر ابلغی (*Silybum marianum* Gaertn. (L.) در نخود فرنگی (*Pisum sativum*)، باقلا (*Vicia faba* L. و ماشک (*Vicia spp.*) داشته است (Kousta et al., 2024). تیمارهای پس‌رویشی آکلونیفن نسبت به پیش‌رویشی، از نظر کاهش شلمی، ضعیف‌تر عمل کردند (جدول ۶). بیشترین کاهش سلمه تره (۹۲/۵ تا ۱۰۰ درصد) نیز در تیمارهای آکلونیفن پیش‌رویشی دو، سه و چهار لیتر مشاهده شد. همچنین بین کاربرد فلومیوکسازین (۸۵ درصد) با آکلونیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). آکلونیفن پیش‌رویشی دو، سه و چهار لیتر در هکتار و فلومیوکسازین ۱۰۰ گرم در هکتار، ۱۰۰ درصد گوش‌بره را مهار کردند (جدول ۶). بیشترین کاهش (۷۸ درصد) کاسنی در تیمار آکلونیفن پیش‌رویشی چهار لیتر در هکتار مشاهده شد که با تیمارهای آکلونیفن پیش‌رویشی دو و سه لیتر در هکتار (۷۲ و ۷۴/۷ درصد) و فلومیوکسازین (۷۸ درصد) و آکلونیفن پس‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار (۷۵ درصد) اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۶). آکلونیفن پس‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار، مؤثرترین تیمار (۹۱/۵ درصد) در مهار گلرنگ وحشی بود که با فلومیوکسازین، آکلونیفن پس‌رویشی دو لیتر در هکتار و آکلونیفن پیش‌رویشی سه لیتر در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). براساس نتایج، فلومیوکسازین و آکلونیفن پیش‌رویشی دو، سه و چهار لیتر در هکتار، بیشترین تأثیر (۸۸/۵ تا ۹۲ درصد) را در کاهش مجموع علف‌های هرز داشتند (جدول ۶).

ارزیابی چشمی نخود و علف‌های هرز (EWRC) در کرمانشاه

تیمارهای علف‌کشی از نظر امتیازدهی (ارزیابی چشمی) خسارت علف‌کش‌ها به نخود و درصد کنترل علف‌های هرز، اختلاف معنی‌دار آماری ($P < 0.01$) داشتند (جدول ۵). تیمار آکلونیفن پس‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار، بیشترین میزان گیاه‌سوزی (۲۷/۵ درصد) با ارزیابی چشمی را نشان داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۸). پس از آن، آکلونیفن پس‌رویشی دو لیتر در هکتار و آکلونیفن پیش‌رویشی چهار لیتر در هکتار با ۲۲ و ۲۱ درصد خسارت به نخود زراعی قرار گرفتند. در تأیید این یافته، پاناکي و همکاران (Pannacci et al., 2007) اشاره کرده‌اند که آکلونیفن به‌صورت پس‌رویشی موجب خسارت به بوته آفتابگردان می‌شود، درحالی‌که کاربرد پیش‌رویشی آن چنین تأثیری ندارد. تیمارهای آکلونیفن پیش‌رویشی یک، دو و سه لیتر در هکتار، فلومیوکسازین و اکسی‌فلورفن، هیچ‌گونه گیاه‌سوزی و خسارتی روی نخود نداشتند (جدول ۸). در ارزیابی درصد کنترل علف‌های هرز براساس روش استاندارد کمیته پژوهش علف‌های هرز اروپا (EWRC)، بیشترین درصد کنترل علف‌های هرز با ارزیابی چشمی (۹۰ درصد) به آکلونیفن پیش‌رویشی چهار لیتر در هکتار اختصاص یافت که با تیمارهای فلومیوکسازین (۸۷/۵ درصد) و آکلونیفندو و سه لیتر در هکتار (۸۷/۵ درصد) اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۸).

عملکرد محصول (کرمانشاه)

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، وزن خشک و ارتفاع بوته نخود مؤید اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایش بود ($P < 0.01$) (جدول ۷).

براساس نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نخود، بیشترین عملکرد در تیمار وجین دستی با ۶۱۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که با تیمارهای فلومیوکسازین (۶۰۹ کیلوگرم در هکتار)، آکلونیفن پیش‌رویشی دو و سه لیتر در هکتار (به‌ترتیب با ۵۹۳/۵ و ۵۹۰/۵ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌دار آماری نداشت. کمترین عملکردهای دانه نخود (۴۷۵ تا ۴۹۴ کیلوگرم در هکتار) متعلق به آکلونیفن پیش‌رویشی چهار لیتر در هکتار (به‌دلیل گیاه‌سوزی علف‌کش روی نخود)، آکلونیفن پس‌رویشی ۲ و ۲/۵ لیتر در هکتار (به‌دلیل گیاه‌سوزی نخود توسط علف‌کش و مهار پایین علف‌های هرز در این تیمارها) و اکسی‌فلورفن + آکلونیفن (به‌دلیل گیاه‌سوزی علف‌کش روی نخود) بودند (جدول ۸). بیشترین وزن خشک بوته نخود به تیمار فلومیوکسازین با ۱۷۳/۶ گرم در مترمربع اختصاص یافت

وجین دستی و آکلونیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار مشاهده شد که با تیمارهای فلوپیوکسازین (۴۹/۷ سانتی‌متر) و آکلونیفن پیش‌رویشی سه و چهار لیتر در هکتار (۴۹ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌دار نداشت، درحالی‌که کوتاه‌ترین بوته‌های نخود (۴۲ تا ۴۳/۵ سانتی‌متر) به تیمار آکلونیفن پس‌رویشی ۱/۵، ۲ و ۲/۵ لیتر در هکتار تعلق گرفت (جدول ۸).

که با تیمارهای وجین دستی، آکلونیفن پیش‌رویشی دو و سه لیتر در هکتار به‌ترتیب با ۱۷۳/۵، ۱۷۰/۸ و ۱۶۷/۴ گرم در مترمربع، اختلاف معنی‌دار نداشت. پایین‌ترین وزن خشک به تیمارهای آکلونیفن پس‌رویشی ۲ (۱۰۷ گرم در مترمربع) و ۲/۵ لیتر در هکتار (۹۶ گرم در مترمربع) و اکسی‌فلورفن + آکلونیفن (۱۰۲ گرم در مترمربع) کمترین وزن خشک نخود را داشتند (جدول ۸). بیشترین ارتفاع بوته نخود (۵۰ سانتی‌متر) در تیمار

جدول ۴- میانگین تراکم علف‌های هرز در سه مکان آزمایشی (سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰)
Table 4- Average density of weed species per square meter across the three locations (2021-2022 growing season)

گونه علف هرز Weed species	تراکم علف هرز (بوته در مترمربع) Weed density (Plant.m ⁻²)		
	کرمانشاه Kermanshah	آذربایجان غربی West Azerbaijan	همدان Hamedan
تلخه <i>Acrotilon repens</i> (L.) DC.	-	18.7 (1.8)	-
قدومه <i>Alyssum</i> spp.	-	-	11.2 (0.6)
گل‌رنگ‌وحشی <i>Carthamus oxycantha</i> M.Bieb.	12.2 (1)*	-	-
گل‌گندم <i>Centaurea cyanus</i> L.	-	21.5 (1.2)	-
سلمه‌تره <i>Chenopodium album</i> L.	15.2 (1.5)	-	-
کاسنی <i>Cichorium intybus</i> L.	18.3 (2.1)	-	-
گوش‌بره <i>Conringia orientalis</i> (L.) Dumort.	26 (2.4)	16.5 (1.9)	-
خاکشیر <i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb.ex Prantl.	-	-	15.6 (0.9)
شلمی <i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.	7.5 (0.56)	-	-
گونه‌های دیگر علف‌های هرز Other weeds species*	7 (0.9)	5.9 (0.6)	6.3 (0.4)
کل Total	67.9	62.6	33.1

* سایر گونه‌ها: گونه‌های علف‌های هرز با میانگین تراکم کمتر از پنج بوته در مترمربع شامل بی‌تی‌راخ، غربیلک، علف‌هفت‌بند در کرمانشاه، گون و سلمه‌تره در همدان و سرشکافته در آذربایجان غربی.

** اشتباه استاندارد در پرانتز ذکر شده است.

* Other species: Weed species with average densities lower than five plant.m⁻² which included *Galium tricornutum* Dandy., *Lamium amplexicaule* L., *Polygonum aviculare* L. in Kermanshah, *Astragalus hamosus* (L.) and lambsquarters (*Chenopodium album* L.) in Hamedan. *Cephalaria syriaca* (L.) Roemer & Schult in West Azerbaijan. **Standard errors of densities shown in parenthesis.

جدول ۵- میانگین مربعات درصد کاهش تراکم علف‌های هرز و ارزیابی چشمی درصد مهار علف‌های هرز نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی براساس شاخص استاندارد کمیته علف‌های هرز اروپا (EWRC) و گیاه‌سوزی نخود تحت تأثیر علف‌کش‌ها در کرمانشاه

Table 5 - Mean squares of weed density reduction and rating scale (% control) (EWRC) compared to the untreated control, and chickpea phytotoxicity (%) at Kermanshah

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تراکم (%) Density (%)						ارزیابی چشمی (کنترل %) Rating scale (% control)	گیاه‌سوزی (%) Phytotoxicity (%)
		شلمی <i>Rapistrum rugosum</i>	سلمه تره <i>Chenopodium album</i>	گوش‌بره <i>Conringia orientalis</i>	کاسنی <i>Cichorium intybus</i>	گلرنگ وحشی <i>Carthamus oxycantha</i>	کل Total		
تکرار Replication	3	5.48 ^{ns}	30.26 ^{ns}	10.96 ^{ns}	29.41 ^{ns}	26.14 ^{ns}	5.36 ^{ns}	31.06 ^{ns}	1.71 ^{ns}
تیمار Herbicide	10	894.52 ^{**}	701.29 ^{**}	835.96 ^{**}	500.16 ^{**}	712.31 ^{**}	314.97 ^{**}	537.95 ^{**}	472.27 ^{**}
خطا Error	30	16.4	42.44	12.25	20.6	27.49	614.97	8.56	4.96
ضریب تغییرات CV (%)	-	4.95	8.21	4.18	6.86	6.93	2.88	3.86	15.18

* و **: به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد
ns, * and **: Non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

نخود نداشتند، درحالی‌که کلیه تیمارهای پس‌رویشی آکلوئیفن باعث گیاه‌سوزی نخود و کاهش عملکرد آن شدند. کایا و همکاران (Kaya et al., 2018) گزارش کرده‌اند که آکلوئیفن به‌صورت پس‌رویشی موجب خسارت شدید به نخود و کاهش فسفر، کلسیم و پتاسیم در بذر نخود می‌شود. همچنین آکلوئیفن پیش‌رویشی دو و سه لیتر در هکتار و فلومیوکسازین با تیمار وچین دستی از نظر عملکرد دانه، وزن خشک بوته و ارتفاع بوته نخود در یک گروه آماری قرار گرفتند. این نتایج با بررسی‌های دیگر پژوهشگران هم‌راستا می‌باشد، که در آن آکلوئیفن باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک و تراکم علف‌های هرز و افزایش عملکرد نخود به‌میزان ۲۴ درصد شد (Kanas & Gazoulis, 2022). تحقیقی در قبرس نیز نشان داد که آکلوئیفن به‌صورت مطلوب علف‌های هرز شاه‌تره، بی‌تی‌راخ، خردل وحشی، پنیرک را در مزارع نخود، نخودفرنگی، باقلا و ماشک کاهش داده و موجب افزایش عملکرد آن‌ها شده است (Americanos & Droushiotis, 1998).

نتایج به‌دست‌آمده در کرمانشاه نشان داد که آکلوئیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار، کارایی بسیار خوبی (۹۲/۵ تا ۱۰۰ درصد) بر کاهش تراکم علف‌های هرز شلمی، سلمه‌تره و گوش‌بره داشت (جدول ۶). همچنین کاسنی و گلرنگ وحشی با درصد پایین‌تر (۷۲ تا ۷۸ درصد)، اما مناسب توسط این تیمار مهار شدند. پلناچی و همکاران (Pannacci et al., 2007) نیز اشاره کرده است که آکلوئیفن به‌خوبی علف‌های هرز سلمه‌تره، خردل وحشی، تاج خروس و علف‌هفت‌بند را مهار می‌کند. فلومیوکسازین نیز از نظر کنترل شلمی، سلمه‌تره و گوش‌بره تفاوت معنی‌داری با آکلوئیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار نداشت. در تأیید نتایج این آزمایش، طی یک بررسی در یونان، فلومیوکسازین به‌صورت پیش‌رویشی بیش از ۷۰ درصد علف‌های هرز را در محصولات لگوم مهار می‌کند (Kousta et al., 2024). در ارزیابی چشمی، آکلوئیفن پیش‌رویشی به‌میزان دو لیتر در هکتار ۸۷/۵ درصد علف‌های هرز را کاهش داد و افزایش میزان آن تأثیر معنی‌داری در کارایی آن نداشت. آکلوئیفن پیش‌رویشی دو و سه لیتر در هکتار تأثیر سوئی بر

جدول ۶- پاسخ تراکم علف‌های هرز (درصد کنترل نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی) به کاربرد علف‌کش‌ها، چهار هفته پس از سم‌پاشی در کرمانشاه

Table 6- Response of weed density (% reduction compared to the untreated control) to herbicides application, four weeks after spraying herbicides at Kermanshah

تیمارها Treatments	زمان سم‌پاشی Timing	میزان (گرم/لیتر در هکتار) Rate (g.l ⁻¹ .ha ⁻¹)	شلمی <i>Rapistrum rugosum</i>	سلمه تره <i>Chenopodium album</i>	گوش‌بره <i>Conringia orientalis</i>	کاسنی <i>Cichorium intybus</i>	گلرنگ وحشی <i>Carthamus oxycantha</i>	کل Total
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE*	1	67 ^c *	67.5 ^e	65.5 ^{de}	45.25 ^f	51.5 ^e	59.35 ^f
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	2	100 ^a	92.5 ^{ab}	100 ^a	72 ^{ab}	78 ^{bc}	88.5 ^a
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	3	100 ^a	100 ^a	100 ^a	74.75 ^{ab}	81.5 ^b	91.8 ^a
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	4	100 ^a	100 ^a	100 ^a	78.25 ^a	84.25 ^b	91.95 ^a
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	1	60 ^d	65.5 ^e	63.75 ^e	53.75 ^e	71.25 ^{cd}	62.8 ^e
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	1.5	71.7 ^{bc}	66.25 ^e	75 ^c	60 ^{de}	77 ^{bc}	70 ^d
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2	78 ^b	72.5 ^{de}	80.75 ^b	70.75 ^{bc}	84 ^{ab}	77.2 ^c
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2.5	78 ^b	80 ^{cd}	85 ^b	75 ^{ab}	91.5 ^a	81.9 ^b
فلومیوکسازین Flumioxazin	پیش‌رویشی PRE	100	97.5 ^a	85 ^{bc}	100 ^a	78.25 ^a	90.75 ^a	90.3 ^a
اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen	پیش‌رویشی PRE	0.7	69.25 ^c	68.25 ^e	69.5 ^d	55.25 ^e	54.5 ^e	63.35 ^e
آکلونیفن + اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen + Aclonifen	پیش‌رویشی + پس‌رویشی PRE + Post	0.7+1.5	78 ^b	74.75 ^{de}	80.5 ^b	64.5 ^{cd}	67.5 ^d	73 ^d

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۰/۰۵).

* Means followed by the different letters are significantly different according to Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$)

*PRE (پیش‌رویشی), Post (پس‌رویشی)

*PRE (pre-emergence), Post (post-emergence)

جدول ۷- میانگین مربعات عملکرد دانه و ارتفاع بوته نخود در کرمانشاه

Table 7- Mean squares of grain yield and plant height of chickpea at Kermanshah

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	وزن خشک Dry weight	ارتفاع Height
تکرار Replication	3	416.83 ^{ns}	34.95 ^{ns}	2.25 ^{ns}
تیمار Herbicide	11	13949.69 ^{**}	3600.36 ^{**}	38.53 ^{**}
خطا Error	33	455.19	60.7	1.18
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.99	5.75	2.33

ns و **: به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: Non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۸- تأثیر علف‌کش‌ها بر عملکرد، اجزاء عملکرد، درصد گیاه‌سوزی نخود و درصد کنترل علف‌های هرز نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی (ارزیابی چشمی خسارت به علف‌های هرز ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها براساس روش استاندارد کمیته پژوهش علوم علف‌های هرز اروپا) کرمانشاه

Table 8- Response of grain yield, yield traits, phytotoxicity (%) of chickpea and EWRC rating scale used to herbicides effects on weed control (% reduction compared to the untreated control) to herbicides application at Kermanshah

تیمارها Treatments	زمان سم‌پاشی Timing	میزان (گرم در لیتر در هکتار) Rate (g.l ⁻¹ .ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک (گرم در مترمربع) Dry weight (g.m ⁻²)	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	ارزیابی چشمی (%) کنترل Rating scale (% control)	گیاه‌سوزی (%) Phytotoxicity (%)
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE*	1	528.7 ^{c*}	115.65 ^d	45 ^d	57.5 ^d	0 ^f
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	2	593.5 ^{ab}	170.85 ^a	50 ^a	87.5 ^a	0 ^f
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	3	590.5 ^{ab}	167.4 ^a	49.25 ^{ab}	88 ^a	0 ^f
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	4	494.25 ^{de}	149.6 ^b	49 ^{ab}	90 ^a	21.25 ^{bc}
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	1	516.5 ^{cd}	126.9 ^c	44.75 ^d	61.25 ^d	11.25 ^e
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	1.5	457.5 ^f	111.72 ^{de}	43.5 ^{de}	68.75 ^c	15 ^d
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post**	2	475.25 ^{fe}	106.75 ^{def}	42 ^e	77.5 ^b	22.5 ^b
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2.5	480.5 ^{fe}	96.45 ^f	42 ^e	78.75 ^b	27.5 ^a
فلومیوکسازین Flumioxazin	پیش‌رویشی PRE	100	609 ^a	173.6 ^a	49.75 ^a	87 ^a	0 ^f
اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen	پیش‌رویشی PRE	0.7	571.2 ^b	130.95 ^c	48 ^{bc}	66.25 ^c	0 ^f
آکلونیفن + اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen + Aclonifen	پیش‌رویشی + پس‌رویشی PRE + Post	0.7+1.5	475 ^{fe}	101.82 ^{ef}	47.25 ^c	70 ^c	18.25 ^c
وجین دستی Hand weeding	-	-	618 ^a	173.5 ^a	50 ^a	-	-

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن $\alpha=0.05$).

* Means followed by the different letters are significantly different according to Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$)

*PRE (پیش‌رویشی), Post (پس‌رویشی)

*PRE (pre-emergence), Post (post-emergence)

قسمت سم‌پاشی نشده) به تفکیک گونه اختلاف معنی‌دار آماری
($P < 0.01$) وجود دارد (جدول ۹).

تراکم علف‌های هرز (همدان)

نتایج نشان داد که بین تیمارهای علف‌کشی از نظر درصد کنترل تراکم علف‌های هرز (قسمت سم‌پاشی‌شده نسبت به

جدول ۹- میانگین مربعات درصد کنترل تراکم علف‌های هرز و ارزیابی چشمی درصد مهار علف‌های هرز نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی براساس شاخص استاندارد کمیته علف‌های هرز اروپا (EWRC) و گیاه‌سوزی نخود تحت تأثیر علف‌کش‌ها در همدان
Table 9- Mean squares of weed density control (%) and rating scale (% control) (EWRC scale) compared to the untreated control, and chickpea phytotoxicity (%) at Hamedan

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تراکم (%) Density (%)			ارزیابی چشمی (%) کنترل Rating scale (% control)	گیاه‌سوزی (%) Phytotoxicity (%)
		خاکشیر <i>Descurania sophia</i>	قدومه <i>Alyssum spp.</i>	کل Total		
تکرار Replication	3	109.9 ^{ns}	61.25 ^{ns}	15.1 ^{ns}	0.56 ^{ns}	3.59 ^{ns}
تیمار Herbicide	10	1835.21 ^{**}	916.94 ^{**}	786.34 ^{**}	770.56 ^{**}	1057.95 ^{**}
خطا Error	30	195.47	38.55	22.77	0.56	2.34
ضریب تغییرات CV (%)	-	17	7.15	5.72	0.94	9.84

ns, * and **: به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد
ns, * and **: Non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ارزیابی چشمی نخود و علف‌های هرز (بر حسب EWRC)

در همدان

امتیازدهی (ارزیابی چشمی) خسارت علف‌کش‌ها به نخود و درصد کنترل علف‌های هرز در ۳۰ روز پس از سم‌پاشی اختلاف معنی‌دار آماری داشت (جدول ۹). تیمار آکلونیفن پیش‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار، بیشترین میزان گیاه‌سوزی (۳۸/۷ درصد) را نشان داد (جدول ۱۲). در ترکیه نیز کاربرد پیش‌رویشی آکلونیفن موجب ۱۵ تا ۲۵ درصد خسارت به آفتابگردان شد (Pannacci et al., 2007). تیمارهای آکلونیفن پیش‌رویشی یک، دو و سه لیتر در هکتار، اکسی‌فلورفن و فلومیوکسازین، گیاه‌سوزی و خسارتی پایدار روی نخود نداشتند (جدول ۱۲). در ارزیابی چشمی درصد کنترل علف‌های هرز براساس روش استاندارد کمیته پژوهش علوم علف‌های هرز اروپا (EWRC)، بیشترین درصد کاهش علف‌های هرز (۹۵ درصد) به آکلونیفن پیش‌رویشی چهار لیتر در هکتار اختصاص یافت. پس از آن، فلومیوکسازین و آکلونیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار با ۹۰ درصد کنترل علف‌های هرز قرار گرفتند (جدول ۱۲).

عملکرد محصول (همدان)

عملکرد دانه نخود ($P < 0.01$)، وزن خشک ($P < 0.01$) و ارتفاع بوته نخود ($P < 0.01$)، به طور معنی‌دار تحت تأثیر تیمارهای علف‌کشی قرار گرفتند (جدول ۱۱).

بیشترین کاهش در تراکم خاکشیر در تیمارهای فلومیوکسازین، آکلونیفن پیش‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار و اکسی‌فلورفن + آکلونیفن با ۱۰۰ درصد کنترل مشاهده شد که با آکلونیفن پیش‌رویشی دو، سه و چهار لیتر در هکتار (۸۳ تا ۹۴ درصد)، اکسی‌فلورفن به تنهایی (۹۵ درصد) و آکلونیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار (۸۰ درصد) اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۱۰). در راستای نتایج این پژوهش، در یک بررسی گزارش شد که تأثیر فلومیوکسازین بر کاهش علف‌های هرز نخود تا ۸۳ درصد و اکسی‌فلورفن تا ۸۱ درصد است (Veisi et al., 2024). تراکم قدومه تحت تأثیر تیمارهای فلومیوکسازین و اکسی‌فلورفن + آکلونیفن به میزان ۱۰۰ درصد کاهش یافت که با تیمارهای آکلونیفن پیش‌رویشی دو، سه و چهار لیتر در هکتار (۹۰ تا ۹۵ درصد) و پیش‌رویشی ۲/۵ و ۲ لیتر در هکتار (۹۰ و ۹۵ درصد) و اکسی‌فلورفن (۹۰/۵ درصد) اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند (جدول ۱۰). اکسی‌فلورفن + آکلونیفن مؤثرترین تیمار (۹۷ درصد) جهت کاهش مجموع علف‌های هرز در مزرعه بود که با آکلونیفن به میزان‌های دو، سه و چهار لیتر در هکتار (۸۹ تا ۹۴/۵ درصد)، فلومیوکسازین (۹۷ درصد) و اکسی‌فلورفن (۹۵/۵ درصد) اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- پاسخ تراکم علف‌های هرز (درصد کنترل نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی) به کاربرد علف‌کش‌ها، چهار هفته پس از سم‌پاشی
پس‌رویشی در همدان

Table 10- Response of weed density control (% reduction compared to the untreated control) to herbicides application, four weeks after post-emergence herbicides at Hamedan

تیمارها Treatments	زمان سم‌پاشی Timing	میزان (گرم/لیتر در هکتار) Rate (g.l ⁻¹ .ha ⁻¹)	تراکم Density (%)		
			خاکشیر <i>Descurania sophia</i>	قدومه <i>Alyssum spp.</i>	کل Total
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE*	1	*29.57 ^d	48.67 ^e	62.97 ^d
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	2	83 ^{ab}	90.25 ^{abc}	89.37 ^a
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	3	86.65 ^{ab}	94 ^{ab}	93.97 ^a
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	4	93.75 ^{ab}	95.42 ^{ab}	94.5 ^a
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	1	59.57 ^c	70.9 ^d	59.92 ^d
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post*	1.5	76.25 ^{bc}	82.1 ^c	71.2 ^c
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2	80.4 ^{abc}	90 ^{abc}	76.4 ^{bc}
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2.5	100 ^a	95 ^{ab}	89.47 ^a
فلومیوکسازین Flumioxazin	پیش‌رویشی PRE	100	100 ^a	100 ^a	96.87 ^a
اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen	پیش‌رویشی PRE	0.7	95 ^{ab}	90.2 ^{abc}	95.5 ^a
آکلونیفن + اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen + Aclonifen	پیش‌رویشی + پس‌رویشی PRE + Post	0.7+1.5	100 ^a	100 ^a	97 ^a

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن $\alpha=0.05$).

* Means followed by the different letters are significantly different according to Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$)

*PRE (پیش‌رویشی), Post (پس‌رویشی)

*PRE (pre-emergence), Post (post-emergence)

جدول ۱۱- میانگین مربعات عملکرد دانه و ارتفاع بوته نخود در همدان

Table 11- Mean squares of grain yield and plant height of chickpea at Hamedan

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	ارتفاع Height
تکرار Replication	3	122.74 ^{ns}	0.16 ^{ns}
تیمار Herbicide	11	18266.88 ^{**}	11.96 ^{**}
خطا Error	33	78.84	0.16
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.58	0.83

ns, * و **: به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد
ns* and **: Non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

بیشترین ارتفاع بوته نخود نیز به تیمارهای آکلونیفن پیش‌رویشی (کلیه میزان‌های مصرفی)، فلومیوکسازین، اکسی‌فلورفن و وچین دستی تعلق داشت که با یکدیگر اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند، درحالی‌که کمترین ارتفاع بوته در آکلونیفن پس‌رویشی ۲ و ۲/۵ لیتر در هکتار (به‌دلیل تأثیر سوء علف‌کش بر نخود) با ۴۶ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۱۲).

براساس نتایج، در بین تیمارهای علف‌کشی بیشترین عملکرد دانه نخود (۳۲۲ کیلوگرم در هکتار) به فلومیوکسازین تعلق داشت که با وچین دستی (۳۱۹ کیلوگرم در هکتار) و آکلونیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار (۳۰۹ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که پایین‌ترین میزان عملکرد نخود در تیمار آکلونیفن پس‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار به‌دلیل تأثیر سوء علف‌کش بر نخود مشاهده شد (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- تأثیر علف‌کش‌ها بر عملکرد، اجزاء عملکرد، درصد گیاه‌سوزی نخود و درصد کنترل علف‌های هرز نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی (ارزیابی چشمی خسارت به علف‌های هرز ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها براساس روش استاندارد کمیته پژوهش علوم علف‌های هرز اروپا) در همدان

Table 12- Response of grain yield, yield traits, phytotoxicity (%) of chickpea and EWRC rating scale used to herbicides effects on weed control (% reduction compared to the untreated control) to herbicides application at Hamedan

تیمارها Treatments	زمان سم‌پاشی Timing	میزان (گرم بر لیتر در هکتار) Rate (g.l ⁻¹ .ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	ارزیابی چشمی (کنترل %) Rating scale control (%)	گیاه‌سوزی (%) Phytotoxicity (%)
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE*	1	†280.25 ^{cd*}	50.5a	70 ^f	0 ^g
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	2	309.25a ^b	50a	90 ^b	0 ^g
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	3	282.75 ^c	50.5a	90 ^b	0 ^g
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	4	268 ^d	50.5 ^a	95 ^a	12.5 ^f
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post*	1	204.25 ^e	47.75 ^b	51.25 ^h	25 ^e
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	1.5	196.75 ^e	47 ^c	65 ^g	31.25 ^c
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2	158 ^f	46.25 ^d	75 ^e	35 ^b
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2.5	128.5 ^g	46.25 ^d	85 ^c	38.75 ^a
فلومیوکسازین Flumioxazin	پیش‌رویشی PRE	100	322 ^a	50 ^a	90 ^b	0 ^g
اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen	پیش‌رویشی PRE	0.7	307.25 ^b	50 ^a	85 ^c	0 ^g
آکلونیفن + اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen + Aclonifen	پیش‌رویشی + پس‌رویشی PRE + Post	0.7+1.5	194.25 ^e	48 ^b	90 ^b	28.75 ^d
وچین دستی Hand weeding	-	-	319 ^{ab}	50.25 ^a	-	-

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۰/۰۵ α).

* Means followed by the different letters are significantly different according to Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$)

*PRE (پیش‌رویشی), Post (پس‌رویشی)

*PRE (pre-emergence), Post (post-emergence)

علف‌های هرز پهن برگ (سلمه تره، بابونه و سیزاب) را به غیر از تاجریزی مهار می‌کنند (Sasnauskas et al., 2010).

تراکم علف‌های هرز (آذربایجان غربی)

نتایج تأثیر تیمارهای علف‌کشی بر درصد کنترل تراکم علف‌های هرز در قسمت سم‌پاشی شده نسبت به قسمت سم‌پاشی نشده به تفکیک گونه معنی‌دار بودند (جدول ۱۳).

آکونیفن پیش‌رویشی چهار لیتر در هکتار بیشترین تأثیر را بر کاهش تراکم علف‌های هرز گل‌گندم (۹۴ درصد) داشت و با تیمار آکونیفن پیش‌رویشی سه لیتر در هکتار (۹۲ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱۴). آکونیفن پیش‌رویشی چهار لیتر در هکتار بیشترین کارایی (۸۵ درصد) را بر کاهش گوش‌بره داشت و با تیمارهای آکونیفن پیش‌رویشی سه لیتر در هکتار (۸۰/۵ درصد) و فلومیوکسازین (۸۱/۵ درصد) اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۱۴). علف هرز تلخه تحت تأثیر علف‌کش فلومیوکسازین تا ۸۸ درصد مهار شد که با تیمارهای آکونیفن پیش‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار (۸۲ درصد) و پیش‌رویشی سه و چهار لیتر در هکتار (۸۱ درصد) اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۱۴). مؤثرترین تیمار در کاهش تراکم کل علف‌های هرز، آکونیفن پیش‌رویشی چهار لیتر در هکتار (۸۷ درصد) بود که با تیمارهای آکونیفن پیش‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار (۸۵ درصد) و آکونیفن پیش‌رویشی سه لیتر در هکتار (۸۵ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱۴).

نتایج به‌دست‌آمده در همدان نشان داد که فلومیوکسازین، آکونیفن پیش‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار و آکونیفن پیش‌رویشی دو، سه و چهار لیتر در هکتار، اکسی‌فلورفن و اکسی‌فلورفن + آکونیفن به‌صورت مطلوب تراکم خاکشیر، قدومه و مجموع علف‌های هرز را کاهش دادند (جدول ۱۰). در ارزیابی چشمی نیز بیشترین کارایی به آکونیفن چهار لیتر در هکتار تعلق داشت و پس از آن، آکونیفن پیش‌رویشی دو و سه لیتر در هکتار، فلومیوکسازین و اکسی‌فلورفن + آکونیفن قرار گرفتند. بیشترین عملکرد دانه و ارتفاع بوته نخود در همدان به آکونیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار و فلومیوکسازین متعلق بود. در مجموع، آکونیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار و فلومیوکسازین به‌دلیل مهار مناسب علف‌های هرز پهن‌برگ و دارا بودن عملکرد بالای نخود و عدم تأثیر سوء بر نخود، مناسب‌ترین تیمارها در همدان شناخته شدند. یک بررسی در ترکیه، ترکیب لینورون + آکونیفن بهترین نتیجه را از نظر وزن علف‌های هرز، تعداد علف‌های هرز و نوع علف‌های هرز نشان داد (Takil & Kayan, 2021). در تأیید نتایج آزمایش، سایر پژوهشگران بیان کردند که آکونیفن به‌میزان ۲۴۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار (چهار لیتر در هکتار از ماده تجاری)، بیشترین کارایی را در کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز و افزایش عملکرد دانه نخود داشت (Kanatas & Gazoulis, 2022). در راستای نتایج این آزمایش، در بررسی دیگری اشاره کردند که آکونیفن اکثر

جدول ۱۳- میانگین مربعات درصد کنترل تراکم علف‌های هرز، ارزیابی چشمی درصد کنترل علف‌های هرز براساس شاخص استاندارد کمیته علف‌های هرز اروپا (EWRC) و گیاه‌سوزی نخود تحت تأثیر علف‌کش‌ها، عملکرد و ارتفاع بوته نخود در آذربایجان غربی

Table 13- Mean squares of weed density control (%), Rating scale (% control) (EWRC scale) and chickpea phytotoxicity at West Azerbaijan

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تراکم (%) Density (%)				ارزیابی چشمی (%) کنترل Rating scale (% control)	گیاه‌سوزی (%) Phytotoxicity (%)
		گل‌گندم <i>Centaurea cyanus</i>	گوش‌بره <i>Conringia orientalis</i>	تلخه <i>Acroptilon repens</i>	کل Total		
تکرار Replication	3	2.81 ^{ns}	15.37 ^{ns}	1.13 ^{ns}	10.58 ^{ns}	3.21 ^{ns}	0.006 ^{ns}
تیمار Herbicide	10	1440.06 ^{**}	598.49 ^{**}	1046.97 ^{**}	546.6 ^{**}	759.43 ^{**}	4.49 ^{**}
خطا Error	30	10.6	12.6	3.03	1.69	1.61	0.007
ضریب تغییرات CV (%)	-	4.82	5.1	2.66	1.79	1.85	7.44

جدول ۱۴- پاسخ تراکم علف‌های هرز (درصد کنترل نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی) به کاربرد علف‌کش‌ها، چهار هفته پس از سم‌پاشی پس‌رویشی در آذربایجان غربی

Table 14- Response of density of weeds (% reduction compared to the untreated control) to herbicides application, four weeks after Post-emergence herbicide at West

تیمارها Treatments	زمان سم‌پاشی Timing	میزان (گرم بر لیتر در هکتار) Rate (g.l ⁻¹ .ha ⁻¹)	گل گندم Centaurea cyanus	گوش‌بره Conringia orientalis	تلخه Acroptilon repens	کل Total
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE*	1	43.7 ^{f†}	52 ^f	43.95 ^f	56.2 ^f
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	2	46.25 ^{ef}	53.2 ^f	52.02 ^d	62.05 ^e
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	3	91.82 ^a	80.5 ^{ab}	80.85 ^a	85.37 ^{ab}
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	4	93.65 ^a	85.25 ^a	81.02 ^a	87.2 ^a
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post*	1	42.37 ^f	55.8 ^{ef}	43.22 ^f	57.7 ^f
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	1.5	48.7 ^e	60.05 ^e	46.67 ^e	63.2 ^e
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2	69.7 ^d	74.2 ^c	70.07 ^b	70 ^d
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2.5	83.57 ^b	78.6 ^{bc}	82.15 ^a	85.4 ^{ab}
فلومیوکسازین Flumioxazin	پیش‌رویشی PRE	100	83.42 ^b	81.5 ^{ab}	73.87 ^b	84 ^b
اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen	پیش‌رویشی PRE	0.7	70.4 ^{cd}	69.05 ^d	71.05 ^b	73.05 ^c
آکلونیفن + اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen+ Aclonifen	پیش‌رویشی + پس‌رویشی PRE + Post	0.7+1.5	74.75 ^c	74.9 ^c	63.6 ^c	72.95 ^c

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۰/۰۵=α).

* Means followed by the different letters are significantly different according to Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$)

*PRE (پیش‌رویشی), Post (پس‌رویشی)

*PRE (pre-emergence), Post (post-emergence)

براساس روش استاندارد کمیته پژوهش علف‌های هرز اروپا (EWRC)، بیشترین درصد کاهش علف‌های هرز (۸۶ درصد) به آکلونیفن پیش‌رویشی چهار لیتر در هکتار اختصاص یافت که با تیمارهای فلومیوکسازین (۸۴/۵ درصد)، آکلونیفن پس‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار (۸۴ درصد) و آکلونیفن پیش‌رویشی سه لیتر در هکتار (۸۴ درصد) اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۱۶).

عملکرد محصول (آذربایجان غربی)

عملکرد دانه نخود، وزن خشک و ارتفاع بوته نخود تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار آماری نشان دادند ($P < 0.01$) (جدول ۱۵).

ارزیابی چشمی نخود و علف‌های هرز (ارزیابی چشمی EWRC) در آذربایجان غربی

تیمارهای علف‌کشی از نظر امتیازدهی (ارزیابی چشمی) خسارت علف‌کش‌ها به نخود و درصد کنترل علف‌های هرز اختلاف معنی‌دار داشتند آماری ($P < 0.01$) (جدول ۱۳). بیشترین میزان گیاه‌سوزی (۱۲/۶ درصد) روی نخود در تیمار آکلونیفن پس‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار مشاهده شد. آکلونیفن پس‌رویشی دو لیتر در هکتار و پیش‌رویشی چهار لیتر در هکتار به ترتیب ۸/۵ و ۸ درصد به نخود خسارت وارد کردند. سایر تیمارهای آزمایشی، تأثیرات سوء پایداری روی نخود نداشتند (جدول ۱۶). در ارزیابی چشمی درصد کنترل علف‌های هرز

جدول ۱۵- میانگین مربعات عملکرد دانه و ارتفاع بوته نخود در آذربایجان غربی

Table 15- Mean squares of grain yield and plant height at West Azerbaijan

ارتفاع	وزن خشک	عملکرد دانه	درجه آزادی	منابع تغییر
Height	Dry weight	Grain yield	df	S.O.V
1.35 ^{ns}	23.31 ^{ns}	1967.98 ^{ns}	3	تکرار Replication
2.76 ^{**}	4156.55 ^{**}	389569.32 ^{**}	11	تیمار Herbicide
0.21	24.83	784.57	33	خطا Error
	4.07	3.15	-	ضریب تغییرات CV (%)

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns، * and **: Non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

در مزرعه آزمایشی بوده است. تلخه یک علف هرز سخت کنترل می‌باشد، که آکلوئیفن با دوز سه لیتر در هکتار توانسته است آن را مهار کند. آکلوئیفن چهار لیتر در هکتار با وجود کارایی مناسب در مهار علف‌های هرز، به دلیل تأثیر سوء روی نخود از عملکرد پایین تری نسبت به تیمار سه لیتر در هکتار برخوردار بود. در تأیید نتایج فوق، تحقیقی در هند نشان داد که فلومیوکسازین پیش‌رویشی به شکلی مؤثر تأثیر منفی بر علف‌های هرز داشته و موجب افزایش عملکرد دانه نخود گردید (Yenish, 2009).

نتایج این پژوهش در سه مکان آزمایشی نشان داد که علف‌کش‌های پیش‌رویشی آکلوئیفن و فلومیوکسازین بیش از ۸۰ درصد تراکم علف‌های هرز پاییزه (خردل وحشی، گوش‌بره، خاکشیر و شلمی) را کاهش دادند، که نشان‌دهنده تأثیر مناسب این علف‌کش‌ها روی بذور در حال جوانه‌زنی این گونه‌ها در فصل پاییز می‌باشد. همچنین گونه‌های گلرنگ وحشی، کاسنی، گل‌گندم و قدومه که رویش آن‌ها از اواخر اسفند تا اوایل بهار است (Veisi, 2021)، بیش از ۷۰ درصد کاهش یافتند. علف هرز سلمه‌تره نیز که رویش بهاره دارد، ۹۲/۵ درصد توسط آکلوئیفن پیش‌رویشی کاهش یافت. در راستای نتایج این پژوهش، طی یک بررسی در ایتالیا، علف‌های هرز یک‌ساله پهن‌برگ توسط آکلوئیفن به میزان ۸۱ درصد کنترل شدند که از این میان، سلمه‌تره به میزان ۹۴ درصد کاهش یافت (Pannacci & Bartolini, 2018). همین‌طور علف هرز تلخه، به دلیل دائمی و سخت کنترل بودن در مزارع، توسط آکلوئیفن سه لیتر در هکتار به میزان ۸۱ درصد مهار شد. در بلغارستان، علف‌های هرز سبزیاب، بی‌تی‌راخ، بابونه، تاج خروس، شقایق (Papaver rhoeas L.) و غربیلک، بیش از ۹۰ درصد توسط

بیشترین عملکرد دانه نخود در تیمار وجین دستی با ۱۳۱۳/۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۱۶). پس از وجین، بیشترین عملکرد نخود به تیمارهای فلومیوکسازین (۱۲۵۴) کیلوگرم در هکتار و آکلوئیفن پیش‌رویشی سه لیتر در هکتار (۱۲۳۷) کیلوگرم در هکتار) تعلق گرفت، درحالی‌که کمترین عملکرد دانه نخود (۳۵۵) کیلوگرم در هکتار) به تیمار آکلوئیفن پس‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار اختصاص یافت (به دلیل تأثیرات سوء علف‌کش بر نخود) (جدول ۱۶). بیشترین وزن خشک بوته نخود (۱۶۶ گرم در مترمربع) پس از وجین (۱۷۳ گرم در مترمربع) به تیمار آکلوئیفن پیش‌رویشی سه لیتر در هکتار اختصاص یافت که با فلومیوکسازین تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین وزن خشک بوته نخود به تیمارهای آکلوئیفن پس‌رویشی به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار (۸۰/۵ گرم در مترمربع) و آکلوئیفن پیش‌رویشی یک لیتر در هکتار (۸۴ گرم در مترمربع)، به دلیل مهار پایین علف‌های هرز، تعلق داشت (جدول ۱۵). بیشترین ارتفاع بوته (۴۰ سانتی‌متر) در تیمار وجین دستی، فلومیوکسازین و آکلوئیفن پیش‌رویشی دو و سه لیتر در هکتار مشاهده شد. کوتاه‌ترین بوته نخود (۳۷/۵ سانتی‌متر) نیز به آکلوئیفن پیش‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار تعلق داشت (جدول ۱۶).

به طور کلی، آکلوئیفن پیش‌رویشی سه و چهار لیتر در هکتار و آکلوئیفن پس‌رویشی ۲/۵ لیتر در هکتار بهترین تیمارها برای کاهش مجموع علف‌های هرز پهن‌برگ در مزارع نخود آذربایجان غربی بودند و در ارزیابی چشمی نیز ۸۴ تا ۸۶ درصد کارایی نشان دادند. بیشترین عملکرد دانه و وزن خشک نخود پس از وجین، به تیمارهای آکلوئیفن پیش‌رویشی سه لیتر در هکتار و فلومیوکسازین تعلق داشت که این افزایش دوز نسبت به همدان و کرمانشاه به دلیل غالب بودن علف هرز دائمی تلخه

سولان‌اسیل‌دی فسفات سنتتاز است (با محل عمل جدید) (گروه مقاومت ۳۲) که بیشتر روی سنتتاز کاراتنوتید اثر دارد (Kahlau et al., 2020)، و فلومیوکسازین مهارکننده پروتوپورفیرینوژن (گروه مقاومت ۱۴) که مهارکننده سنتتاز کلروفیل است. بنابراین به‌منظور پیشگیری از مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها و تنوع در محل عمل علف‌کش‌ها، هر دو به تناوب می‌توانند در مزارع نخود استفاده شوند.

آکلوئیفن پیش‌رویشی سه لیتر در هکتار در مزارع نخود و آفتابگردان کاهش یافتند (Delchev, 2022; Delchev, 2021). نتایج ارزیابی نهایی علف‌کش‌ها نشان می‌دهد که آکلوئیفن دو و سه لیتر در هکتار و فلومیوکسازین به‌میزان ۱۰۰ گرم در هکتار، بیش از ۸۵ درصد علف‌های هرز پهن‌برگ مزارع نخود را مهار کردند. علاوه بر آن، دو علف‌کش آکلوئیفن و فلومیوکسازین، دو مهارکننده متفاوت علف‌کشی هستند. آکلوئیفن مهارکننده

جدول ۱۶- تأثیر علف‌کش‌ها بر عملکرد، اجزاء عملکرد و درصد گیاه‌سوزی نخود و درصد مهار علف‌های هرز نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی (ارزیابی چشمی خسارت به علف‌های هرز ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها (EWRC)) در آذربایجان غربی

Table 16- Response of grain yield, yield traits and phytotoxicity (%) in chickpea and weed control efficiency compared to the untreated control (visual weed injury assessment due to herbicide application (EWRC)) at west azerbaijan

تیمارها Treatments	زمان سم‌پاشی Timing	میزان (گرم بر لیتر در هکتار) Rate (g.l ⁻¹ .ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک (گرم در متر مربع) Dry weight (g.m ⁻²)	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	ارزیابی چشمی (کنترل %) Rating scale (% control)	گیاه‌سوزی (%) Phytotoxicity (%)
آکلوئیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE*	1	552.78 ^{g*}	84.13 ^g	38.25 ^d	50.05 ^f	0 ^c
آکلوئیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	2	1207.7 ^c	144.15 ^c	39.62 ^{ab}	55.6 ^d	0 ^c
آکلوئیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	3	1251.32 ^b	166.24 ^b	39.75 ^{ab}	84.1 ^a	0 ^c
آکلوئیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	4	925.5 ^d	114 ^d	37.5 ^e	85.75 ^a	8 ^b
آکلوئیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post*	1	957.68 ^d	95.8 ^f	38.5 ^d	53.22 ^e	0 ^c
آکلوئیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	1.5	732.93 ^e	103.22 ^e	39.25 ^{bc}	59.37 ^c	0 ^c
آکلوئیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2	641.13 ^f	119.3 ^d	38.75 ^{cd}	65.85 ^b	8.5 ^b
آکلوئیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2.5	355.33 ^h	80.55 ^g	38.7 ^{cd}	84.3 ^a	12.62 ^a
فلومیوکسازین Flumioxazin	پیش‌رویشی PRE	100	1254.25 ^b	164.7 ^b	40 ^a	84.5 ^a	0 ^c
اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen	پیش‌رویشی PRE	0.7	730.9 ^c	106.42 ^e	38.37 ^d	65 ^b	0 ^c
آکلوئیفن + اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen + Aclonifen	پیش‌رویشی + پس‌رویشی PRE+Post	0.7+1.5	772.68 ^e	115.09 ^d	38.5 ^d	65.57 ^b	0 ^c
وجین دستی Hand weeding	-	-	1313.58 ^a	173.07 ^a	40.12 ^a	-	-

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن $\alpha=0.05$).

* Means followed by the different letters are significantly different according to Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$)

جدول ۱۷- ارزیابی توصیفی کارایی علفکش‌ها

Table 17- Descriptive evaluation of herbicides` effectiveness

تیمار Treatments	زمان Timing	میزان (گرم/لیتر در هکتار) Rate (g.l ⁻¹ .ha ⁻¹)	کاهش تراکم علف‌های هرز Weed density reduction			ارزیابی چشمی (EWRC) Visual evaluation			ارزیابی نهایی Final evaluation
			کرمانشاه Kermanshah	آذربایجان غربی West Azerbaijan	همدان Hamadan	میزان (گرم/لیتر در هکتار) Rate (g.l ⁻¹ .ha ⁻¹)	آذربایجان غربی West Azerbaijan	همدان Hamadan	
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE*	1	**	**	**	**	**	**	**
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	2	****	**	****	****	**	****	***
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	3	****	****	****	****	***	****	****
آکلونیفن Aclonifen	پیش‌رویشی PRE	4	****	****	****	****	****	****	****
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post*	1	**	**	**	**	**	**	**
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	1.5	***	**	***	***	**	**	**
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2	***	**	***	***	**	***	**
آکلونیفن Aclonifen	پس‌رویشی Post	2.5	***	****	****	***	***	****	***
فلومیوکسازین Flumioxazin	پیش‌رویشی PRE	100	****	***	****	****	***	****	****
اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen	پیش‌رویشی PRE	0.7	**	***	****	****	**	****	***
آکلونیفن + اکسی‌فلورفن Oxyfluorfen + Aclonifen	پس‌رویشی + پیش‌رویشی PRE + Post	0.7+1.5	***	***	****	****	**	****	***

****: کنترل بیش از ۸۵ درصد، ***: کنترل ۷۰ تا ۸۵ درصد، **: کنترل ۵۰ تا ۷۰ درصد، *: کنترل ۳۰ تا ۵۰ درصد

****: >85% control, ***: 70 to 85% control, **: 50 to 70% control, *: 30 to 50 control

نتیجه‌گیری

پیش‌رویشی برای مهار علف‌های هرز پهن‌برگ یک‌ساله، و آکلونیفن سه لیتر در هکتار برای علف‌های هرز سخت کنترل مانند تلخه توصیه می‌شود. با توجه به اینکه یکی از راهبردهای مناسب برای افزایش طیف علف‌کشی در نخود پاییزه، استفاده از علف‌کش‌های پیش‌رویشی (مهار علف‌های هرز پاییزه) و پس‌رویشی (مهار علف‌های هرز بهاره) است، پیشنهاد می‌شود که در پروژه‌های آتی از ترکیب علف‌کش‌های جدید پس‌رویشی با پیش‌رویشی استفاده شود.

نتایج به‌دست‌آمده از سه مکان اجرای آزمایش نشان می‌دهد که علف‌کش‌های فلومیوکسازین پیش‌رویشی ۱۰۰ گرم در هکتار و آکلونیفن پیش‌رویشی دو لیتر در هکتار، کارایی مطلوبی بر مهار علف‌های هرز شلمی، سلمه‌تره، کاسنی، گوش‌بره، گلرنگ وحشی، خاکشیر و قدومه و آکلونیفن سه لیتر در هکتار و فلومیوکسازین پیش‌رویشی ۱۰۰ گرم در هکتار نیز مناسب‌ترین تأثیر را بر کاهش علف‌هرز تلخه و افزایش عملکرد داشتند. با توجه به کارایی مطلوب این دو علف‌کش در مهار علف‌های هرز پهن‌برگ نخود پاییزه و افزایش عملکرد آن، آکلونیفن به‌میزان دو لیتر در هکتار و فلومیوکسازین به‌میزان ۱۰۰ گرم در هکتار به‌صورت

سپاسگزاری

است. بدینوسیله از تمام عزیزانی که در تصویب و اجرای این پروژه ما را یاری رساندند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

این مقاله از پروژه مصوب با کد ۰۴-۵۵-۱۶-۰۶۲-۰۰۰۷۳۳ در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی استخراج شده

References

- Ahmadi, G. (1998). Critical period of weed control in chickpea. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Abstract).
- Amarnamneh. (2023). Agricultural statistics 2021, crops. Vice President of Statistics, Information and Communication Technology Center. Vol 1. 99 pp.
- Americanos, P. G., & Droushiotis, D. N. (1998). Chemical Control of Weeds in Forage Legumes. Technical Bulletin, 8 pp.
- Antar, S., & Salim, A. (2017). Effect of spraying of new herbicide challenge in different concentration on growth and yield of *Cicer arietinum* L. and accompanying weeds in north of Iraq. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 5(4), 215-234.
- Anonymous. (2009). Flumioxazin Herbicide, Technical Brochure. Valent U.S.A. Corporation.
- Babaei, S., Lahooni, S., Mousavi, S. K., Tahmasebi, I., Sabeti, P., & Abdulahi, A. (2022). Efficiency of herbicides for weed control in chickpea and effect of their residues on wheat growth. *Agronomía Colombiana*, 40(2), 249-257.
- Barros, J., Calado, J., Carvalho, M., & Duarte, I. (2018). Effect of different doses and spray volumes of the herbicide acclonifen for pre-emergence weed control in chickpea crop. *Revista de Ciências Agrárias (Portugal)*, 41(2), 432-442. <https://doi.org/10.19084/RCA17224>
- Bayer Crop Science. (2009). <http://www.bayercropscience.com/bcsweb/cropprotection.nsf/id/acclonifen>.
- Chalechale, Y., Minbashi Moeni, M., & Shiranirad, A. H. (2014). Weed mapping in chickpea (*Cicer arietinum* L.) fields and prediction of their presence in agricultural lands of Kermanshah province using geographic information system. *Journal of Weed Ecology*, 2, 95-112. (In Persian with English Abstract).
- Covarelli, L., & Tosi, L. (2006). Presence of sunflower downy mildew in an integrated weed control field trial, *Journal of Phytopathology*, 154, 281-285. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2006.01094.x>
- Delchev, G. (2022). Efficacy of herbicides, herbicide combinations and herbicide tank mixtures on lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Agricultural Science and Technology*, 14(3), 40-48. <https://doi.org/10.15547/ast.2022.03.035>
- Delchev, G. (2021). Efficacy of herbicides, herbicide combinations and herbicide tank mixture on chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agronomy*, 64(1), 283-290.
- Devine, M. D. & Shukla, A. (2000). Altered target sites as a mechanism of herbicide resistance, *Crop Protection*, 19, 881-889. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00123-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00123-X)
- European Food Safety Authority. (2008). Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance acclonifen. *EFSA Journal*, 149, 1-80.
- Fallah, S., & Pezeshk-Pour, P. (2009). Effect of plant density and time of weeding on quantitative characteristics of autumn chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Lorestan region. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40(2), 67-74. (In Persian with English Abstract).
- FAOSTAT. (2022). Online database. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. (Verified 15 Sept 2022).
- Fathi, E., Tahmasebi, I., & Teimoori, N. (2016). The effects of sowing dates on weed populations and identification of dominant species in chickpea field. *Agroecology Journal*, 12(1), 59-67. (In Persian with English Abstract).
- Gore, A. K., Gobade, S. M. & Patil, P. V. (2015). Effect of pre and post emergence herbicides on yield and economics of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Tropical Agriculture*, 33(2), 909-912.
- Harker, K. N. & O'Donovan, J. T. (2013). Recent weed control, weed management, and integrated weed management. *Weed Technology*, 27, 1-11. <https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00109.1>
- Heap, I. (2020). The International Herbicide-Resistant Weed Database. Online. Monday, June 8, 2020. Available at www.weedscience.org
- Jha, P., & Kumar, V. (2017). Pulse crop tolerance and weed control with fall-applied soil-residual herbicides. *Agronomy Journal*, 109(6), 2828-2838. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.06.0320>
- Kahlau, S., Schröder, F., Freigang, J., Laber, B., Lange, G., Passon, D., Kleeßen, S., Lohse, M., Schulz, A., von Koskull-Döring, P., & Klie, S. (2020). Acclonifen targets solanesyl diphosphate synthase, representing a novel mode of action for herbicides. *Pest Management Science*, 76(10), 3377-3388. <https://doi.org/10.1002/ps.5781>

- Kanatas, P. J. & Gazoulis, I. (2022). The integration of increased seeding rates, mechanical weed control and herbicide application for weed management in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Phytoparasitica*, 50(1), 255-267. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00955-3>
- Kaya, M., Sener, A., Karaman, R., Atak, M. & Kan, A. (2018). Effect of reduced and increased herbicides doses on weed control strategies in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5A), 3846-3853.
- Kilinc, O. (2011). Aclonifen: The identikit of a widely used herbicide. *African Journal of Agricultural Research*, 6(10), 2411-2419.
- Kousta, A., Katsis, C., Tsekoura, A., & Chachalis, D. (2024). Effectiveness and selectivity of pre-and post-emergence herbicides for weed control in grain legumes. *Plants*, 13(2), 211. <https://doi.org/10.3390/plants13020211>
- Latif, A., Jilani, M. S., Baloch, M. S., Hashim, M. M., Khakwani, A. A., Khan, Q. U., Saeed, A., & Mamoonur-Rashid, M. (2021). Evaluation of critical period for weed crop competition in growing broccoli crop. *Scientia Horticulturae*, 287, 110270. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110270>
- Lee, H., Duke, M., & Duke, S. (1993). Cellular localization of protoporphyrinogen-oxidizing activities of etiolated barley (*Hordeum vulgare*) leaves. *Plant Physiology*, 102, 881-889. <https://doi.org/10.1104/pp.102.3.881>
- Mahoney, K. J., Shropshire, C., & Sikkema, P. H. (2014). Weed management in conventional-and no-till soybean using flumioxazin/pyroxasulfone. *Weed Technology*, 28(2), 298-306. <https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00128.1>
- Mansourian, S., Izadidarbandi, E., Rashed Mohassel, M. H., Rastgo, M., & Kanouni, H. (2021). weed mapping for dryland chickpea (*Cicer arietinum* L.) fields in Kurdistan province using geographic information system. *Iranian Plant Protection*, 35(1), 69-89. https://jpp.um.ac.ir/index.php/jpp/issue/article_39791.html
- Mohammadi, G., Javanshir A., Rahimzadeh-khoosheh, F., Mohammadi, A., & Zehtab-Salmasi, S. (2005). Critical period of weed interference in chickpea. *Journal of Weed Research*, 45(1), 57-63. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00431.x>
- Mousavi, S. K. (2010). Chemical weed control in autumn sowing of chickpea (*Cicer arietinum* L.) at Lorestan province. *Iranian Journal of Pulses Research*, 1(2), 131-142. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v1i2.9223>
- Mousavi, S. K., Pezeshkpour, P., & Shahverdi, M. (2007). Weed population response to chickpea (*Cicer arietinum* L.) variety and planting date. *Science and Technology of Agricultural and Natural Resources*, 11, 167-177. (In Persian with English Abstract). <http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763594.1386.11.40.14.4>
- Norsworthy, J. K., Ward, S. M., Shaw, D. R., Llewellyn, R. S., Nichols, R. L., Webster, T. M., Bradley, K. W., Frisvold, G., Powles, S. B., Burgos, N. R., Witt, W. W. & Barrett, M. (2012). Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science*, 60(1), 31-62. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00155.1>
- Pannacci, E., & Bartolini, S. (2018). Evaluation of chemical weed control strategies in biomass sorghum. *Journal of Plant Protection Research*, 58(4), 404-412. <http://dx.doi.org/10.24425/jppr.2018.125881>
- Pannacci, E., Graziani, F., & Covarelli, G. (2007). Use of herbicide mixtures for pre and post-emergence weed control in sunflower (*Helianthus annuus*). *Crop Protection*, 26(8), 1150-1157. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.008>
- Ramakrishna, A., Rupels, O. P., Reddy, S. L. N., & Sivaramakrishna, C. (1992) Promising herbicides for weed control in chickpeas. *Tropical Pest Management*, 38(4), 398-399. <https://doi.org/10.1080/09670879209371735>
- Rasal, S. J., Ingole, P. G., Pagar P. C., & Chimote, A. N. (2015). Weed management in kabuli chickpea. 25Asian-Pacific Weed Science Society Conference on Weed Science for Sustainable Agriculture, Environment and Biodiversity Hyderabad, India during 13-16 October.
- Sandral, G., Dear, B., Pratley, J., & Cullis B. (1997). Herbicide dose rate response curves in subterranean clover determined by a bioassay. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37, 67-74.
- Sasnauskas, A., Kavaliauskaitė, D., Karklelienė, R., & Bobinas, C. (2010). Weed control by herbicides and their combination in carrot crop. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 936. pp. 295-298.
- Saxena, N. P., Saxena, M. C., & Johansen, C. N. (1996). Adaptation of chickpea in the West Asia and North Africa Region. ICARDA, pp. 181-188.
- Soltani, N., Shropshire, C., & Sikkema, P. H. (2016). Winter wheat (*Triticum aestivum*) response to flumioxazin soil residues from preceding dry bean (*Phaseolus vulgaris*) desiccation. *Canadian Journal of Plant Science*, 96(5), 790-795. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0390>

- Takil, E., & Kayan, N. (2021). The effects of some weed control methods on yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Eskişehir conditions. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2, 205-213. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.911860>
- Veisi, M., Jahedi Turk, A., & Mansouri, M. S. (2024). Influence of herbicides-based weed management in chickpea. *Journal of Food Legume*, 37(3), 297-304.
- Veisi, M., Jahedi, Turk, A., & Hatami, S. (2023). Investigation on the effect of aclonifen (600 SC) on weed control in rain-fed autumn sown chickpea and residual effects of herbicides on wheat in rotation in rainfed system. Final Report of Plant Protection Institute, p. 38. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.59797/jfl.v37.i3.210>
- Veisi, M., Moeini, M. M., Jahedi, A., Mansoori, M. S., & Sabeti, P. (2022). Weed control efficacy: Response of chickpea to pre and post-emergence herbicides. *Gesunde Pflanzen*, 74(2), 447-456. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00621-6>
- Veisi, M. (2021). Weeds of chickpea. Introduction and management of important pests, diseases and weeds in chickpea. F. Shafaqi, S. Ashtari, K. Tahnabi, N. Shahraain, & M. Veisi. In *The handbook of the Iranian Research Institute of Plant Protection*. pp. 61-92. (In Persian with English Abstract).
- Veisi, M., Zand, E., Moeini, M. M. & Bassiri, K. (2019). Review of research on weed management of chickpea in Iran: challenges, strategies and perspectives. *Journal of Plant Protection Research*, 60(2), 113-125. <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.132212>
- Yenish, J. P. (2009). Garbanzo beans (chickpeas). In: E. Peachey, D. Ball, R. Parker, J. Yenish, D. Moroshita, P. Hutchinson, (eds). *Pacific Northwest Weed Management Hand Book*. Pullman (WA): Extension Publishing and Printing. p. 204-206
- Yilar, M., Sozen, O., & Karadavut, U. (2020). The effects of weed density and different weed control applications on yield and yield components of chickpea cultivars. *Legume Research-An International Journal*, 43(1), 117-121. <http://dx.doi.org/10.18805/LR-480>



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.90074.1100>

Evaluation the Effect of Seed Priming with Zinc Sulfate on Photosynthesis and Yield Components, of Two Varieties of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under Water Deficit Stress

Sara Raisi Bidkani¹, Mohammad Javad Zarea^{1*}

Received: 02-10-2024
Revised: 25-11-2024
Accepted: 10-12-2024
Available Online: 10-12-2024

Cite this article:

Raisi Bidkani S., & Zarea, M. J. (2025). Evaluation the effect of seed priming with zinc sulfate on photosynthesis and yield components, of two varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 95-115. (In Persian with English Abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.90074.1100>

Introduction

Cowpea is among the most important plants of the legume family, being a good source of protein, fiber, and essential nutrients. Cowpeas are also cost-effective and have high nutritional value. It has been shown that priming seeds with zinc can improve seedling vigor, growth, and overall plant performance. Priming seeds with ZnSO_4 has been found to increase plant tolerance to environmental stress such as drought and water deficiency. Overall, it has been well-documented that priming seeds with zinc can be a promising practice for improving crop productivity under environmental stresses. Considering the simplicity of this technique and the widespread use of priming seeds with nutrients, this experiment was conducted to investigate the effect of priming seeds with zinc sulfate on some physiological traits, improvement in drought tolerance, and seed yield of two cowpea varieties.

Materials and Methods

The present study was conducted to investigate the effect of seed priming with zinc sulfate on the plant growth and yield performance of two different varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under two different soil water content conditions. The experiment was carried out as a pot experiment in 2022 at the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Ilam University. Treatments were replicated four times. The three main factors included the irrigation level (irrigation at 70% or 50% of the field capacity), the cowpea genotype (local and Mashhad), and the priming of seeds with zinc sulfate (hydropriming, prime level 1, prime level 2). Seeds were primed in either 0.14% or 0.28% zinc solution. $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ was used as the source of zinc. After surface sterilization, seeds were soaked in a solution with different concentrations of zinc sulfate (0.14% or 0.28%) for 5 hours at a ratio of 1:3 distilled seed to solution (w.v^{-1}). 20 seeds were planted in each pot. Plants at the 4-5 leaf stage were subjected to well-watered and water-stressed conditions. At the 50% flowering stage, leaf samples were randomly taken from 5 plants in each pot, and various plant growth and physiological characteristics such as fresh and dry weight, plant height, leaf surface area and weight, as well as the rates of photosynthesis and transpiration, leaf relative humidity, and leakage rate were measured.

Results and Discussion

The results of the analysis of variance of the present study showed that the effect of water deficiency on some growth, physiological and biochemical traits such as leaf area and weight, photosynthesis rate, transpiration intensity, electrolyte leakage, water ratio per thousand seed weight, and harvest index was significant. Treatments affected by seed priming with zinc showed better growth performance under stress conditions than control treatments (no priming). Additionally, the effect of the variety on traits such as photosynthesis rate, and harvest index was significant. The highest leaf weight (7.10 g) was observed in the irrigation treatment with 70% of field capacity (FC), Mashhad variety, and prime level 2, while the lowest leaf weight (2.11 g) was recorded in the irrigation treatment with 50% of crop capacity, local variety, and hydropriming. The Mashhad cultivar exhibited a higher photosynthesis rate ($4.99 \mu\text{Mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$) than the local cultivar ($4.65 \mu\text{Mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$). The application of 70% FC led to a two-fold increase in the rate of photosynthesis ($6.07 \mu\text{Mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$) compared to irrigation with 50% of FC ($3.56 \mu\text{Mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$). The highest and lowest transpiration rates were observed under the conditions of no stress in the Mashhad cultivar ($160.1 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$) and under the

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

* Corresponding Author: mj.zarea@ilam.ac.ir



conditions of stress in the local cultivar ($0.72 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{S}^{-1}$), respectively. Under low irrigation, the lowest (46%) and highest (49%) percentage of electrolyte leakage were obtained in priming level 2 and hydropriming, respectively. Regarding the traits related to yield, the highest number of pods per plant (8.22) was obtained in the Mashhad variety under well-irrigation conditions (70% FC), and the lowest amount (5.56) was obtained in the local variety with 50% FC. Under well-watered conditions (70% FC), the Mashhad variety had an 18% superiority in the number of seeds per plant compared to the local variety. The highest amount of seed yield in the pot was obtained under well-watered conditions and priming with 0.28% zinc solution resulting in a 28% increase compared to 50% FC and hydroprime. The use of the Mashhad cultivar under well-watered conditions led to the production of the highest harvest index (53.85%), while applying water deficit reduced the harvest index to 39.71%.

Conclusions

Drought stress and water deficiency are the most significant constraints contributing to reduced bean yields in arid and semi-arid regions. The findings of the present study indicate that water deficit stress can significantly decline plant yield, but seed priming with zinc could mitigate the negative effects of water stress, particularly on the plant's physiological traits. Priming seeds with zinc resulted in improved photosynthesis and subsequently increased seed yield compared to control seeds

Keywords: Electrolyte leakage, Harvest index, Micronutrients, Transpiration



بررسی اثر پرایم بذر با سولفات روی، بر فتوستنر و اجزای عملکرد دو رقم لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم‌آبی

سارا رئیسی بیدکانی^{۱*}، محمد جواد زارع^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۰

چکیده

کمبود آب از عامل مهم محدودکننده تولید لوبیا می‌باشد، پرایم بذر با برخی عناصر ریزمغذی از جمله روی می‌تواند تا حدودی اثرات منفی کم‌آبی را تعدیل نماید. در همین راستا، به منظور بررسی تأثیر پرایم بذر با سولفات روی بر دو رقم لوبیا چشم‌بلبلی تحت شرایط تنش کم‌آبی، آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل سه‌عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول میزان آبیاری (آبیاری در ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، فاکتور دوم رقم (محلی، مشهد) و فاکتور سوم پرایمینگ بذر با سولفات روی (پرایم با محلول ۰/۱۴ درصد سولفات روی (سطح ۱)، پرایم با محلول ۰/۲۸ درصد سولفات روی (سطح ۲) و شاهد) بود. نتایج نشان داد که سرعت فتوستنر گیاهانی که تحت آبیاری مطلوب قرار گرفته بودند در مقایسه با گیاهان در معرض کم‌آبی ۷۰ درصد افزایش یافت، که به تبع آن، شاخص برداشت نیز افزایش ۳۵ درصدی نشان داد. همچنین عملکرد دانه در گلدان، در شرایط تنش در رقم مشهد دارای برتری ۳۰/۳۱ درصدی نسبت به رقم محلی بود. میزان نشت الکترولیت در پرایم سطح ۲ و عدم تنش نسبت به شاهد (تنش و عدم پرایم با سولفات روی) کاهش ۵۳ درصدی نشان داد. براساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که پرایمینگ بذر علاوه بر افزایش در عملکرد لوبیا، می‌تواند نقش بسزایی در کاهش اثرات منفی کمبود آب ایفا کند.

واژه‌های کلیدی: تعرق، شاخص برداشت، عناصر ریزمغذی، نشت الکترولیت

مقدمه

غذایی آن‌ها افزوده شود (Frota et al., 2017). لوبیا چشم‌بلبلی به‌طور وسیعی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری آسیا، آفریقا و آمریکا کشت شده است (Boukar et al., 2019). براساس آمار فائو، آسیا بزرگ‌ترین تولیدکننده حبوبات در جهان است، سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد لوبیا در جهان به‌ترتیب ۳۰/۶۱ میلیون هکتار، ۲۶/۵۲ میلیون تن و ۸۶۶ کیلوگرم در هکتار و در ایران به‌ترتیب ۱۰۹۲۴۹ هکتار، ۲۰۴۱۹۲ تن و ۱۸۶۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (FAO, 2022).

براساس رویکرد تغییرات آب‌وهوایی فعلی، افزایش دما و تغییر در شدت و نحوه پراکنش بارش منجر به افزایش تنش‌های مرتبط با خشکی و تغییرات دمایی و در نتیجه کاهش رشد و توسعه گیاهان می‌شود (Fracasso et al., 2020). ایران به‌دلیل قرار داشتن در کمربند خشک کره زمین، همواره با تنش‌های آبی مواجه بوده و در دهه‌های آینده، به‌طور متوسط کاهش ۳۵

حبوبات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات، دومین منبع مهم غذایی انسان به‌شمار می‌روند، حبوبات از منابع مهم پروتئین، فیبر و مواد مغذی هستند و نقش مهمی در رژیم غذایی انسان به‌ویژه در بسیاری از کشورهای در حال توسعه ایفا می‌کنند (Rezaei et al., 2022). بسیاری از افراد در اکثر کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران از حبوباتی نظیر نخود (*Cicer arietinum*)، عدس (*Lens culinaris*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) پروتئین مورد نیاز خود را تأمین می‌کنند (Kakaei, 2024). دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) دارای ۲۰ تا ۲۵ درصد و گاهی تا ۳۵ درصد پروتئین هستند (Makkizadeh et al., 2008). پروتئین این گیاه دارای اسیدآمینه لیزین فراوان است و می‌توان آن را به محصولات غذایی که بر پایه غلات تولید می‌شوند و دچار کمبود لیزین هستند، اضافه کرد تا بر کیفیت

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
* - نویسنده مسئول: mj.zarea@ilam.ac.ir

درصدی بارندگی را تجربه خواهد کرد (Mansouri Daneshvar & Ebrahimi, 2019). تنش خشکی به عنوان مهم ترین عامل محدودکننده تولیدات زراعی در کشور مطرح است و برای حصول عملکرد مناسب، گیاهان زراعی باید قادر به تحمل این دوره خشکی باشند، در حال حاضر نیز تولید حبوبات در کشور بیشتر به صورت دیم بوده و تنش خشکی یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد حبوبات می باشد (Barzegari et al., 2020). با توجه به وسعت نگران کننده مناطق خشک و نیمه خشک در ایران (۹۰ درصد کل مساحت کشور) و همچنین کاهش دسترسی به منابع آب، نیاز به تمهیدات مناسبی برای استفاده بهینه از آب در بخش کشاورزی است، استفاده از رژیم های کم آبیاری با صرفه جویی در مصرف آب می تواند به عنوان یک راهبرد مناسب در افزایش سطح زیر کشت و اصلاح الگوی کشت باشد (Amir et al., 2015).

کمبود آب باعث کاهش قابل ملاحظه ای در عملکرد دانه لوبیا می شود و مقدار کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیپ متفاوت است (Munoz Perea et al., 2006). فرام و همکاران (Frahm et al., 2004) بیان داشتند که خشکی باعث کاهش عملکرد زیست توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن دانه لوبیا می شود. بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا به تنش خشکی نشان داده است که تنش خشکی باعث کاهش طول دوره رشد زایشی لوبیا می شود (Merwad et al., 2018). طبق مطالعات انجام گرفته، تنش خشکی عملکرد دانه را ۸۰ درصد، تعداد غلاف در بوته را ۶۰ درصد، تعداد دانه در غلاف را ۲۶ درصد و وزن ۱۰۰ دانه را ۱۳ درصد کاهش داد (Kroner et al., 2017).

تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش ها نقش بسزایی دارد، که در این میان عنصر روی یکی از عناصر کم مصرف و ضروری در تغذیه گیاهی می باشد (Prasad, 1984). کمبود روی یکی از عوامل محدودکننده مهم در تولید بسیاری از محصولات کشاورزی به شمار می رود و حدود ۳۰ درصد خاک های جهان با این مشکل مواجه می باشند (Tandon, 1996). در ایران کمبود عنصر روی در خاک عمدتاً ناشی از آهکی بودن خاک های زراعی، pH بالا، حضور بی کربنات فراوان در آب های آبیاری، مصرف فراوان و بیش از اندازه کودهای فسفاته و در نهایت، عدم رواج مصرف کودهای محلولی روی است. بیش از ۶۰ درصد زمین های زراعی ایران دارای کمبود روی هستند که این کمبود می تواند تا ۵۰ درصد کاهش در تولید محصول را منجر شود (Malakoti & Tehrani, 2000). روی عمدتاً در کانی های ZnS و ZnCO₃ در خاک یافت می شود. مقدار روی در خاک های سطحی کمتر از

خاک زیرین است، روی قابل جذب خاک به صورت محلول و تبادل ی یا پیوند یافته با مواد آلی می باشد و عوامل متعددی در قابلیت جذب آن دخالت دارند (Cakmak, 2008). در استان ایلام، بلوکه شدن آهن و روی خاک به دلیل آهکی بودن و فقر شدید مواد آلی خاک ها و همچنین بی کربنات زیاد آب های موجود است، نتایج آزمایش چراغی تبار روی ۲۰ نمونه از خاک زراعی مناطق مختلف استان ایلام نشان داد که خاک های مورد مطالعه نه تنها از لحاظ مقدار روی قابل جذب، بلکه از نظر مقدار کل روی نیز دچار مشکل هستند و ضرورت اقدامات مناسب برای تقویت این خاک ها و جلوگیری از کمبود روی در گیاهان در این منطقه حائز اهمیت است (Cheraghi Tabar, 2018). با توجه به حساسیت بالای لوبیا به کمبود روی، نقش این عنصر در رشد گیاه مورد تأکید بوده است (Farooq et al., 2018). هریس و همکاران (Harris et al., 2008) پیشنهاد کردند که پرایمینگ بذور با عناصر غذایی یک روش جدید بوده که علاوه بر اثرات مثبت پرایمینگ بر جوانه زنی، افزایش سطح عناصر غذایی طی دوره رشد را به همراه دارد. مطالعات زیادی در خصوص تأثیرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پرایمینگ بذر روی دانه های مختلف حبوبات از جمله لوبیا چشم بلبلی، نخود و عدس انجام شده و نشان دادند که تیمار پرایمینگ قادر به بهبود فرآیند جوانه زنی و ایجاد مقاومت در شرایط تنش است (Posmyk & Janas, 2007). خاک های زراعی در ایران به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن، تنش خشکی و پایین بودن مقدار مواد آلی دچار کمبود شدید عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف نظیر روی، آهن، منگنز و بور هستند (Malakoti & Tehrani, 2000). گزارش شده است که پرایم بذر با سولفات روی در گیاهان نخود موجب افزایش کمی و کیفی محصول شده است (Harris et al., 2008).

به طور کلی، با توجه به قلیایی بودن خاک های زراعی و کاهش بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک که منجر به کاهش فراهمی و قابلیت دسترسی عناصر غذایی می شود، می توان با فناوری های جدید از جمله پرایمینگ بذر با عناصر کم مصرف اعم از روی و سایر عناصر ریز مغذی در حل مشکل کمبود عناصر غذایی در گیاهان به خصوص گیاهان خانواده بقولات پیش قدم شد. هدف از این پژوهش، ارزیابی تأثیر پرایمینگ بذر با محلول حاوی عنصر ریز مغذی روی بر برخی شاخص های فیزیولوژیکی، رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم رایج لوبیا چشم بلبلی در استان ایلام تحت شرایط کم آبیاری می باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر با سولفات روی تحت شرایط اعمال و عدم اعمال کم‌آبیاری روی دو رقم مختلف لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) آزمایشی طی سال زراعی ۱۴۰۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی ایلام با میانگین دمای روز و شب به ترتیب ۲۷ و ۱۲ درجه سانتی‌گراد، طول دوره روشنایی ۱۰ تا ۱۲ ساعت و رطوبت نسبی حدود ۴۵ تا ۶۰ درصد اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول میزان آبیاری (آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) (sabzi & tahmasbi, 2017)، فاکتور دوم رقم (رقم محلی، رقم مشهد) و فاکتور سوم پرایمینگ بذر (پرایم با محلول ۰/۱۴ و ۰/۲۸ درصد سولفات روی و شاهد) بود. تیمار هیدروپرایمینگ بذرها به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد، برای تهیه محلول پرایم از سولفات روی هفت آبه $(ZnSO_4 \cdot 7H_2O)$ شرکت مرک (آلمان) استفاده شد.

جهت اعمال تیمار کم‌آبیاری، ابتدا ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها تعیین و سپس بر مبنای ظرفیت زراعی خاک، تیمار تنش کم‌آبی اعمال شد. برای تعیین مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی، یک کیلوگرم خاک مزرعه (خاک مورد استفاده در آزمایش) در یک گلدان پلاستیکی زهکش‌دار ریخته شد و آبیاری تا حد رطوبت اشباع انجام گرفت و روی گلدان با فویل پوشیده شد. پس از گذشت ۱۲ ساعت، نمونه خاک تهیه، توزین و به‌مدت ۱۲ ساعت به آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس منتقل شد. در نهایت، درصد رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه از طریق معادله ۱ تعیین گردید:

$$\text{معادله (۱)} \quad FC (\%) = (FW-DW)/DW \times 100$$

که در آن، FC: ظرفیت زراعی، FW: وزن خاک مرطوب و DW: وزن خاک خشک است.

هر ۱۲ ساعت، نمونه‌برداری صورت گرفت تا عدد به‌دست‌آمده از معادله بالا طی دو نمونه‌برداری متوالی ثابت شود. آن عدد به‌عنوان ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد (Gardner, 1968). ظرفیت زراعی در حد ۳۰ درصد بود که برای آبیاری مطلوب، ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و برای تنش، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی ملاک آبیاری بود. براساس محاسبات انجام‌شده، وزن هر گلدان برای هر دو تیمار (۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) محاسبه گردید (براساس ظرفیت زراعی و اعمال تیمار کم‌آبیاری، در شرایط شاهد آبیاری با ۱/۵ لیتر آب در شرایط کمبود آب، آبیاری با ۱ لیتر آب انجام شد) و به‌منظور

اندازه‌گیری رطوبت خاک از سیستم توزین گلدان‌ها استفاده و آبیاری براساس تغییر وزن خاک گلدان‌ها نسبت به‌میزان رطوبت تعیین‌شده انجام گرفت. آبیاری گلدان‌ها برای عدم تنش براساس حفظ ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و تیمار تنش خشکی معادل با حفظ ۵۰ درصد ظرفیت زراعی انجام شد.

جهت انجام آزمایش مربوط، گلدان‌ها با استفاده از خاک مزرعه پر شدند، که برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آورده شده است. بذور لوبیای دو رقم محلی و مشهد از جهاد کشاورزی شهرستان بدره واقع در استان ایلام تهیه شد. رقم مشهد از ارقام پربازده در مناطق نیمه‌خشک با وزن ۱۰۰ دانه ۲۱ گرم و رقم محلی رقم غالب مورد استفاده در استان ایلام به‌ویژه مناطق گرمسیر از جمله دهلران و بدره با وزن ۱۰۰ دانه ۲۰/۶ گرم می‌باشد. قبل از انجام آزمایش، بذرها ابتدا با اتانول ۷۰ درصد به‌مدت یک دقیقه و سپس با محلول هیپوکلریت سدیم سه درصد به‌مدت سه دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شست‌وشو داده شدند (Davoudpour et al., 2020).

به‌منظور پرایم با محلول روی بذرها با نسبت وزنی یک به سه (به‌ازای هر یک گرم بذر سه میلی‌لیتر محلول پرایم) به‌مدت پنج ساعت (براساس زمان‌های به‌دست‌آمده برای اتمام فاز ۲ جوانه‌زنی) در محلول پرایم خیسانده شدند (Harris et al., 2008) و سپس در محیط آزمایشگاه هوا خشک شدند. زمان خیساندن بذرها در محلول پرایم طی آزمایشی برای به‌دست آوردن مدت زمان و غلظت مناسب بدون اینکه تأثیر محدودکنندگی (سمیت عنصر) بر بذر داشته باشد و یا اینکه منجر به ظهور ریشه‌چه گردد، انتخاب شده بود.

در پایان، اقدام به کشت بذور به تعداد ۲۰ عدد دانه در هر گلدان گردید که پس از جوله‌زنی به ۱۵ بوته تنک گردید. قطر هر گلدان ۲۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۱/۵ سانتی‌متر بود، که با حجم هفت کیلوگرم از خاک مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام پر شدند، همچنین عمق کشت بذر بین دو تا سه سانتی‌متر و تاریخ کشت بذر ۲۹ تیرماه ۱۴۰۲ بود.

اعمال تنش از مرحله سه تا چهار برگی و پس از اطمینان از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها آغاز و تا پایان مرحله رسیدگی (زمانی که حدود ۷۰-۸۰ درصد غلاف‌های لوبیا چشم‌بلبلی به رنگ زرد درآمدند) ادامه پیدا کرد. در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی برگ‌های پنج بوته به‌طور تصادفی در هر تیمار جدا و صفات وزن تازه و خشک بوته، سطح و وزن برگ و همچنین سرعت فتوسنتز و تعرق، رطوبت نسبی برگ و میزان نش‌ت یونی اندازه‌گیری گردید.

و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سلسیوس درون آون گذاشته و بعد از خشک شدن توزین شدند. برای اندازه‌گیری سطح برگ تمامی برگ‌ها از بوته جدا و بعد از شمارش و توزین برگ‌ها، سطح برگ آن‌ها با استفاده از دستگاه AREA METER CL-203 اندازه‌گیری شد. پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به‌منظور تعیین عملکرد نهایی، هشت بوته از هر گلدان برداشت و اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه (گرم)، عملکرد دانه در گلدان و درصد شاخص برداشت (حاصل تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیستی) اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از صفات اندازه‌گیری‌شده توسط نرم‌افزار SAS 9.2 انجام گردید و در صورت معنی‌دار شدن اثر تیمار آزمون مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار انجام شد.

نتایج و بحث

سطح و وزن برگ

جدول ۲، خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده را تحت تأثیر تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. صفات اندازه‌گیری‌شده شامل سطح و وزن برگ تحت تأثیر اعمال تیمارهای (اثرات ساده) تنش کم‌آبی، نوع رقم و پرایم با سولفات‌روی معنی‌دار گردید (جدول ۲).

براساس تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل رقم $\times$ پرایم فقط بر وزن برگ، اثر متقابل پرایم $\times$ تنش بر سطح و وزن برگ و اثر پرایم $\times$ تنش بر وزن برگ معنی‌دار گردید.

بیشترین مقدار سطح برگ در بوته (۱۴/۷) در تیمار پرایم با محلول ۰/۲۸ درصد سولفات‌روی و آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد و کمترین میزان آن (۶/۷۵) در شرایط هیدروپرایمینگ و آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (شکل ۱). در واقع، پرایمینگ بذر و همچنین آبیاری مطلوب موجب افزایش ۱۱۷ درصدی نسبت به شرایط شاهد در سطح برگ شد، با توجه به حساسیت بالای لوبیا به کمبود روی و همچنین خشکی (Ehlers & Hall, 1997) و داده‌های آزمون خاک (جدول ۱)، خاک این منطقه با کمبود روی شدید (۵/۰ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک) مواجه بود، حد بحرانی روی در دامنه وسیعی از خاک‌های زیر کشت لوبیا در حدود ۱ تا ۱/۵ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک گزارش شده است (Sumner, 1999)، حد بحرانی، غلظتی از عنصر در خاک است که در

جهت اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز و شدت تعرق، در هر بوته، برگ قبل از آخر انتخاب و درون اتاقک اندازه‌گیری دستگاه فتوسنتز متر قرار گرفت، به‌طوری‌که سطح فوقانی برگ به طرف بالا باشد تا نور کافی دریافت کند. در نهایت داده‌های اصلی شدت تعرق براساس میلی‌مول H_2O بر مترمربع بر ثانیه ($mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) و سرعت فتوسنتز براساس میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه ($\mu M \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر مدل kR8700 با میانگین‌گیری از سه قرائت گزارش گردید.

محتوای نسبی آب برگ (RWC^1) به‌روش مارتینز و همکاران (Martinez et al., 2007) با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد. بدین صورت که بعد از پایان اعمال تنش کم‌آبی، جهت اندازه‌گیری در ساعت ۱۰ صبح از برگ‌ها نمونه‌برداری انجام گرفت، برگ‌های جداشده از هر بوته به‌طور جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده‌شدند و به‌سرعت به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها جهت محاسبه وزن آماس‌یافته در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و بدون نور غوطه‌ور شدند و پس از آن، نمونه‌ها به‌سرعت و با دقت با کاغذ صافی خشک و وزن آماس آن‌ها اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار گرفت و پس از توزین، میزان عددی داده‌های وزن در معادله ۲ قرار داده شد و میزان رطوبت نسبی برگ محاسبه گردید.

معادله (۲)

$$WC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$$

که در آن، RWC: محتوای نسبی آب برگ، FW: وزن تر برگ، DW: وزن خشک برگ و TW: وزن آماس برگ می‌باشد.

برای تعیین نشت الکترولیت که در واقع معرف میزان پایداری غشا است از روش سنجش میزان نشت یونی و النتوویک و همکاران (Valentovic et al., 2006) و معادله ۳ استفاده شد و نشت الکترولیت به‌وسیله دستگاه EC متر مدل (HI-98304) قرائت شد.

معادله (۳)

$$EL = EC1 / EC2 \times 100$$

که در آن، EL نشت یونی غشا، EC1: هدایت الکتریکی نمونه‌ها بعد از ۲۴ ساعت و EC2: هدایت الکتریکی نمونه‌ها بعد از اتوکلاو است.

به‌منظور اندازه‌گیری صفات کمی وزن و سطح برگ، از هر گلدان تعداد پنج بوته انتخاب و برداشت شد، سپس وزن بخش هوایی اندازه‌گیری گردید و نمونه‌ها درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفته

بخش تعرق کننده گیاه می باشد که منجر به کندشدن سرعت جذب مواد غذایی می شود و رشد و توسعه سلول ها در اندام هوایی برگ و ساقه کم شده و ارتفاع و حجم اندام هوایی کاهش می یابد. براساس گزارش های منتشرشده، کاهش آب برگ منجر به کاهش فشار تورژسانس بافت برگ ها می شود و برگ ها شروع به پژمرده شدن می کنند (Wahyudi & Syukur, 2021)، همچنین کاهش تقسیم سلولی و کاهش هدایت روزنه ای یا بسته شدن روزنه ها، کاهش فتوسنتز و رشد گیاه را به همراه دارد که این ها از عوامل ثانویه کاهش سطح برگ قلمداد می شود (Nohong & Nompo, 2015).

مقادیر کمتر از آن، احتمال پاسخ مثبت گیاه به مصرف عنصر زیاد می باشد، از عوامل تأثیرگذار بر حدود بحرانی روی می توان به اسیدیته خاک، آهک، فسفر و ماده آلی، اشاره نمود، این عوامل در خاک مورد بررسی منجر به کاهش روی در خاک کمتر از حد بحرانی شده است، و استفاده از پرایمینگ بذر با سولفات روی توانسته این کمبود را جبران کند. در گیاهان با کمبود روی، ریزبرگی به سبب عدم سنتز اکسین و متناوباً تجمع تریپتوفان و کاهش سنتز پروتئین و اسید آمینه اتفاق می افتد که این امر مرتبط با کاهش مقدار RNA و فعالیت بالای RNA از در اثر کمبود روی است (Marschner, 1995). از اولین نشانه های کمبود آب، کاهش تورژسانس سلول و کاهش

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1- Some of the physical and chemical properties of the experimental soil

عمق خاک (سانتی متر) Sampling depth (cm)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب) ρ_b (g.cm ⁻³)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	روی (جزء در میلیون) Zinc (ppm)	فسفر (جزء در میلیون) Phosphorus (ppm)	گوگرد (جزء در میلیون) Sulfur (ppm)	پتاسیم قابل تبادل (جزء در میلیون) Exchangeable potassium (ppm)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	اسیدیته (پی اچ) Acidity (pH)
0-30	1.46	9	0.5	26	19	150	>0.5	7.98

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر رقم، پرایم بذر و تنش کم آبی روی برخی از صفات لوبیا چشم بلبلی

Table 2- Analysis of variance results of the effect of cultivar, seed prime and water deficit stress on some characteristics of cowpea

میانگین مربعات Mean of squares			
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک برگ Weight of leaf	سطح برگ Leaf area
بلوک Block	3	1.48**	0.44 ^{ns}
تنش خشکی Drought stress	1	43.2**	70.76**
رقم Cultivar	1	12.3**	1.287 ^{ns}
پرایم Prime	2	22.3**	168**
رقم × پرایم Cultivar × prime	2	2.7**	0.111 ^{ns}
رقم × تنش خشکی Cultivar × drought stress	1	0.8 ^{ns}	0.235 ^{ns}
پرایم × تنش خشکی Prime × drought stress	2	3.78**	3.293*
پرایم × تنش خشکی × رقم Prime × drought stress × cultivar	2	0.2**	0.004 ^{ns}
خطا Error	14	0.28	0.642
ضریب تغییرات CV (%)	-	12	7.12

***, * و ns: به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی داری می باشد

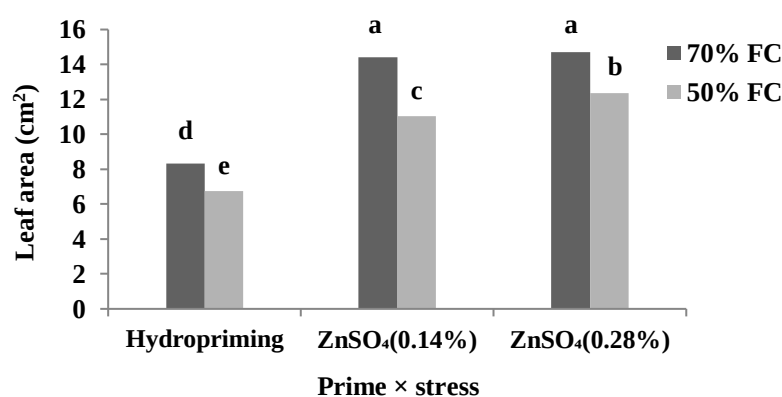
***, * and ns: significant at 1%, 5% and non-significant probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای تنش کم آبی، پرایمینگ بذر و رقم‌های مختلف لوبیا چشم‌بلبلی بر برخی صفات کمی
Table 3- Means comparison of effects of water deficit stress, seed priming and different cultivars of cowpea on some quantitative traits

تیمار Treatment	وزن صد دانه (گرم) 100-grain weight (g)	تعداد دانه در غلaf Number of seeds per pod	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	سرعت فتوسنتز (میکرومول دی اکسیدکربن در مترمربع بر ثانیه) photosynthesis rate ($\mu\text{Mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
سطوح آبیاری Irrigation levels					
۷۰ درصد ظرفیت زراعی 70% field capacity	11 ns	7.20 ns	8.87 ns	6.07a	51.45 ns
۵۰ درصد ظرفیت زراعی 50% field capacity	10 ns	5.47 ns	5.66 ns	3.56 b	37.28 ns
رقم Cultivar					
مشهد Mashhad	12.1 ns	6.51 ns	6.99 ns	4.99 a	46.78 ns
محلی Indigenous	8.9 ns	6.16 ns	6.54 ns	4.65 b	41.95 ns
پرایمینگ بذر Seed priming					
هیدروپرایم Hydro priming	10.21 c	5.98 c	6.56 b	4.35 c	41.53 c
پرایم سطح ۱ Priming 1	10.55 b	6.03 b	6.78 a	4.73b	44.63 b
پرایم سطح ۲ Priming2	10.86 a	6.72 a	6.95 a	5.39 a	46.94 a

* میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

* Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability



شکل ۱- اثر متقابل تنش کم آبی و پرایم بذر بر سطح برگ در بوته لوبیا چشم‌بلبلی

Fig. 1- The interaction of water deficit stress and seed prime on the Leaf Area per plant in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level

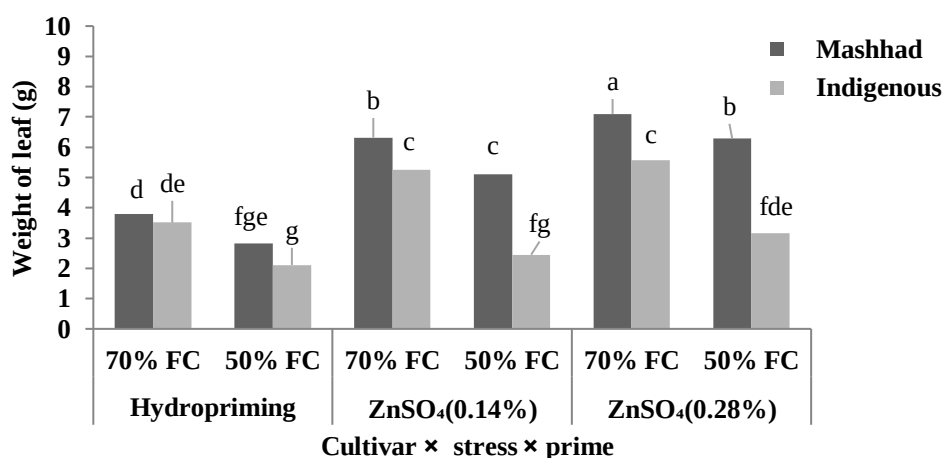
شده و در نتیجه، این امر سبب کاهش مواد فتوسنتزی شده و به دنبال آن با کاهش مواد فتوسنتزی، وزن خشک برگ و ساقه کاهش می‌یابد. گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش وزن خشک برگ در اثر استفاده از عنصر روی ارائه شده است. ابراهیمیان و بایبوردی (Ebrahimian & Bybordi, 2011) اظهار داشتند که کاربرد روی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) باعث افزایش وزن خشک برگ و ساقه شد که این بهبود در لندام‌های رویشی در نهایت منجر به بهبود صفات مربوط به عملکرد گردید. همچنین بروسکی و میچارلد (Borowski & Michalek, 2011) اظهار داشتند که کاربرد دو عنصر روی و آهن، میزان کلروفیل را در برگ‌های لوبیا افزایش می‌دهد، لذا با کاربرد این دو عنصر، میزان تولید آسیمیلات‌ها افزایش یافته و در نتیجه آن، وزن خشک بخش‌های مختلف گیاه افزایش می‌یابد. همچنین گزارش شده است که در حضور عنصر روی همراه بذر، سنتز هورمون‌ها از جمله اکسین افزایش می‌یابد (Cakmak, 2008). بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش اکسین بذر همراه با میزان روی بالا باعث بهبود رشد و در نتیجه آن، افزایش وزن خشک می‌شود.

صفات فیزیولوژیک

اثرات ساده تیمارها (تنش، رقم و پرایم) به‌جز تأثیر پرایم بر شدت تعرق که معنی‌دار نگردید بر سایر صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری‌شده شامل محتوای نسبی آب برگ، شدت تعرق، سرعت فتوسنتز و نشت الکترولیت معنی‌دار گردید (جدول ۴).

به‌طور کلی، رقم مشهد دارای وزن برگ بیشتری نسبت به رقم محلی بود، در شرایط مشابه پرایم سطح ۲ و آبیاری مطلوب رقم مشهد دارای برتری ۲۳ درصدی نسبت به رقم محلی بود (شکل ۲). بیشترین وزن برگ (۷/۱ گرم) از اعمال تیمار آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، رقم مشهد و پرایم سطح ۲ و کمترین وزن برگ (۲/۱ گرم) از اعمال تیمار آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، رقم محلی و هیدروپرایمینگ حاصل شد (شکل ۲). همچنین در شرایط پرایمینگ بذر با عنصر روی، وزن برگ در هر دو رقم به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت، به‌طوری‌که پرایم سطح ۲ در رقم مشهد در شرایط آبیاری مطلوب، منجر به برتری ۶۵ درصدی نسبت به هیدروپرایمینگ (شاهد) شد و رقم محلی در شرایط مشابه دارای برتری ۵۸ درصدی نسبت به هیدروپرایمینگ (شاهد) بود. استفاده از عنصر روی به‌عنوان پرایم توانست تا حد زیادی اثر منفی کمبود آب را جبران کند (شکل ۲).

یکی از واکنش‌های گیاه در شرایط کمبود آب، کوتاه کردن دوره رشد و تسریع رسیدگی می‌باشد، در برخورد با تنش خشکی، گیاه میزان سطح و تعداد برگ‌های خود را کاهش می‌دهد و متعاقباً مواد فتوسنتزی نیز کاهش می‌یابد که در چنین شرایطی، کاهش وزن خشک برگ گیاه به دور از انتظار نمی‌باشد. در این راستا، محمدی البرزی و همکاران (alborzi et al., 2013) گزارش کردند زمانی که گیاه با خشکی مواجه می‌شود، از شاخ‌وبرگ خود که منابع اصلی تبخیر و تعرق در گیاه هستند، می‌کاهد و همچنین روزه‌ها نیمه‌بسته یا بسته می‌گردد که این موضوع موجب کاهش جذب کربن دی‌اکسید



شکل ۲- اثر متقابل رقم، تنش کم‌آبی و پرایم بذر بر وزن برگ در بوته لوبیا چشم بلبلی

Fig. 2- The interaction of water deficit stress and seed prime on the Weight of leaf per plant in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تأثیر رقم، پرایم و تنش کم آبی روی برخی از صفات فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی
 Table 4- Analysis of variance results of the effect of cultivar, zinc priming and water deficit stress on some Physiological characteristics of cowpea

میانگین مربعات Mean of squares					
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شدت تعرق Transpiration rate	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	نشت الکترولیت Electrical leakage
بلوک Block	3	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}	9.1 ^{ns}	11.2 ^{ns}
تنش خشکی Drought stress	1	5.93 ^{**}	75.60 ^{**}	440 ^{**}	4760 ^{**}
رقم Cultivar	1	0.39 ^{**}	1.36 ^{**}	30 ^{ns}	168 ^{**}
پرایم Prime	2	0.041 ^{ns}	4.42 ^{**}	3.6 ^{**}	139 ^{**}
رقم × پرایم Cultivar × prime	2	0.01 ^{ns}	0.012 ^{ns}	2.33 ^{ns}	1.93 ^{ns}
رقم × تنش خشکی Cultivar × drought stress	1	0.11 ^{**}	0.0006 ^{ns}	5.33 ^{ns}	0.33 ^{ns}
پرایم × تنش خشکی Prime × drought stress	2	0.029 ^{ns}	0.202 ^{ns}	105 ^{**}	27.52 ^{**}
پرایم × تنش خشکی × رقم Prime × drought stress × cultivar	2	0.007 ^{ns}	0.237 ^{ns}	17 ^{ns}	7.89 ^{ns}
خطا Error	14	0.01	0.11	8.27	3.58
ضریب تغییرات CV (%)	-	10	7	5	5

***، * و ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌داری می‌باشد

***, * and ns: significant at 1%, 5% and non-significant probability levels, respectively.

پروتئین و کلروفیل فراهم می‌شود که خود باعث تقلیل فرایند فتوسنتز می‌شود (Jaleel et al., 2009). اگرچه بسته شدن روزنه‌ها از طریق کاهش اتلاف آب گیاه می‌تواند در تحمل به خشکی مؤثر باشد، ولی بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش خشکی موجب افزایش دمای برگ و کاهش فتوسنتز می‌گردد (Singh et al., 2012). از طرفی، میزان کلروفیل در گیاهان یکی از مهم‌ترین عوامل حفظ ظرفیت فتوسنتزی به‌شمار می‌رود. همچنین عنصر روی در راه‌اندازی برخی از آنزیم‌های مسیر بیوسنتز کلروفیل و نیز برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند آسکوربات پروکسیداز و گلوکاتایون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن نقش اساسی دارد (Malakoti & Tehrani, 2000).

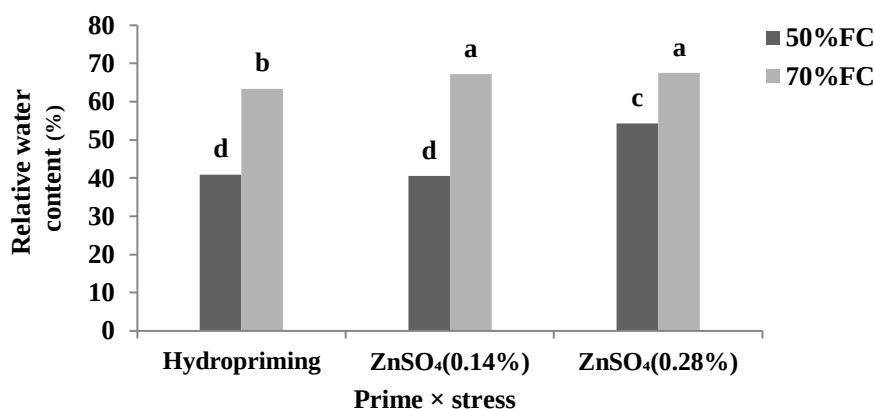
اثر متقابل رقم × تنش بر شدت تعرق و اثر متقابل پرایم × تنش بر نشت الکترولیت و محتوای نسبی آب معنی‌دار بود

رقم مشهد از سرعت فتوسنتز بالاتری نسبت به رقم محلی برخوردار بود، به‌طوری‌که در شرایط مشابه، سرعت فتوسنتز رقم مشهد دارای برتری هفت درصدی نسبت به رقم محلی بود. اعمال کم‌آبیاری تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش ۷۰ درصدی سرعت فتوسنتز نسبت به آبیاری مطلوب شد. همچنین اعمال پرایم سطح دو موجب افزایش سرعت فتوسنتز تا ۲۳ درصد نسبت به شرایط شاهد گردید (جدول ۳). سرعت فتوسنتز تحت تأثیر اثرات متقابل دو و سه‌گانه تیمارها قرار نگرفت کاهش فعالیت‌های بیوشیمیایی فتوسنتزی تحت تنش خشکی به دلیل کاهش هدایت روزنه‌ای و در نتیجه، کاهش مقدار گاز کربنیک در کلروپلاست است (Wu et al., 2008). به نظر می‌رسد که با کاهش سطح برگ از یک طرف و بسته شدن روزنه‌ها ناشی از تنش خشکی و نیز کاهش فعالیت‌های پروتوپلاسمی و تثبیت گاز کربنیک، شرایطی برای کاهش سنتز

به این دلیل که این عنصر در نگهداری عنصر پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه نقش دارد و از طریق کاهش تلفات آب برگ باعث افزایش محتوای آب نسبی برگ می‌شود (Weisany et al., 2011).

قنبری و همکاران (Ghanbari & Rao, 2013) نیز کاهش محتوای پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه را در گیاهانی که با روی تیمار نشده بودند مشاهده نمودند، در صورت عدم مصرف عنصر روی یکپارچگی غشا کاهش یافته و محتوای آب برگ کاهش می‌یابد. در آزمایشی روی آفتابگردان نیز تیمارهایی که سولفات روی بیشتری دریافت کرده بودند، از محتوای آب نسبی برگ بالاتری برخوردار بودند (Weisany et al., 2011).

(جدول ۴). آبیاری مطلوب و پرایمینگ بذر با سولفات روی، محتوای نسبی آب برگ را تا ۶۵ درصد نسبت به شرایط شاهد (اعمال تنش کم‌آبی و هیدروپرایمینگ) بهبود بخشید (شکل ۳). محتوای نسبی آب بالاتر می‌تواند مسئول بقا هدایت روزنه ای و در نتیجه، تعرق و فتوسنتز بالاتر در تیمارها شود. عبدشاهی و همکاران (Abdolshahi et al., 2015) در لوبیا، کاهش محتوای آب نسبی را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. به‌طور کلی، بین محتوای نسبی آب برگ و میزان رطوبت خاک رابطه مستقیم وجود دارد، به‌طوری‌که با کاهش رطوبت خاک و ایجاد تنش، محتوای نسبی آب برگ هم کاهش خواهد یافت. عنصر روی نقش مهمی در میزان باز بودن روزنه‌ها دارد،



شکل ۳- اثر متقابل تنش کم‌آبی و پرایم بذر بر محتوای نسبی آب برگ لوبیا چشم بلبلی

Fig. 3- The interaction of water deficit stress & seed prime on Relative Water Content in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level

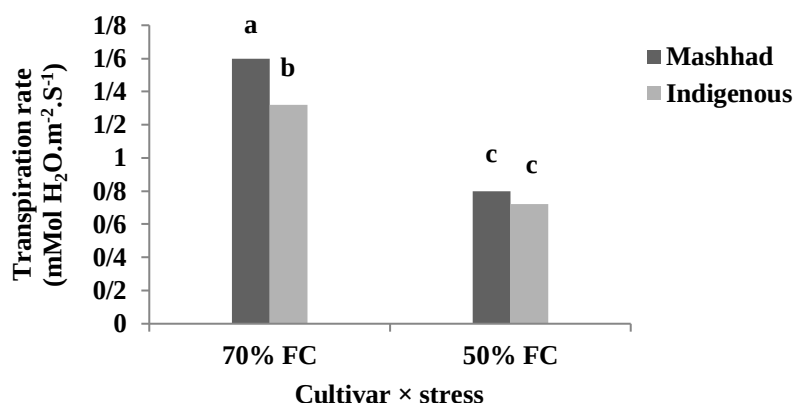
به‌عنوان سازوکاری برای حفظ آب برگ و جلوگیری از هدر رفتن آن طی تنش خشکی بیان شود (Zhu et al., 2002). کمترین (۴۶ درصد) و بیشترین (۴۹ درصد) درصد نشت الکترولیت تحت اعمال تنش، به‌ترتیب در پرایم سطح ۲ و هیدروپرایمینگ حاصل گردید (شکل ۵). همچنین اثر متقابل آبیاری مطلوب و پرایمینگ سطح ۲ توانست میزان نشت الکترولیت را نسبت به شرایط شاهد (کم‌آبیاری و هیدروپرایمینگ) تا ۵۳ درصد کاهش دهد. مدت زمان و شدت تنشی که گیاه تحت تأثیر آن قرار می‌گیرد در میزان آسیبی که به غشا سلولی وارد می‌شود، موثر است. تحت شرایط کمبود آب، غشا سلولی پایداری خود را از دست‌داده و در صورت قرار گرفتن برگ در یک محیط آبی، مواد محلول از سلول‌های آن به

شکل ۴، شدت تعرق برگ تحت تأثیر رقم و تنش کمبود آب را نشان می‌دهد. بیشترین میزان تعرق تحت شرایط آبیاری مطلوب در رقم مشهد مشاهده شد که نسبت به رقم محلی و شرایط کم‌آبیاری ۶۵ درصد بیشتر بود (شکل ۴). گزارش شده است که طی کمبود آب به‌علت بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای، سرعت تبادل گازی کاهش یافته و سبب کاهش سرعت تعرق می‌شود (Tatrai et al., 2016). همچنین با کاهش پتانسیل آماسی در برگ، اسید آبسزیک^۱ در ریشه سنتز و به برگ‌ها ارسال می‌شود، اسید آبسزیک تولیدی سبب بسته شدن روزنه‌ها به‌هنگام کم‌آبی می‌شود تا از تعرق جلوگیری کند، در واقع کاهش میزان تعرق در شرایط تنش خشکی از طریق بسته شدن روزنه‌ها به کمک اسیدآبسزیک می‌تواند

¹- Absciscic acid

(Munjonji et al., 2017). صدمات غشایی ناشی از اکسیداسیون لیپیدهای غشایی در حضور رادیکال‌های آزاد حاصل می‌شود (Wahyudi & Syukur, 2021). بر این اساس، تعادل بین رادیکال‌های آزاد تولیدی و دفاع در برابر این رادیکال‌های آزاد تعیین‌کننده بقا سیستم گیاهی می‌باشد. عناصر روی و آهن از طریق افزایش فعالیت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان در تعدیل رادیکال‌های آزاد و اثرات تخریبی آن‌ها در سیستم‌های غشایی نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Zago & Oteiza, 2001). لذا بر این اساس، به نظر می‌رسد که کاربرد پرایمینگ سولفات روی با افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش خشکی (از طریق افزایش تولید آنزیم‌های حذف‌کننده رادیکال‌های آزاد) باعث شد که گیاه دیرتر با شرایط تنش مواجه گردد و در نتیجه، درصد نشت کمتری داشته باشد.

بیرون تراوش می‌کند، لذا پایداری غشا به‌وسیله ارزیابی تراوش یون‌ها از آن ارزیابی می‌شود (Munjonji et al., 2017). نتایج نشان داد که افزایش شدت و مدت زمانی که گیاه در معرض کمبود آب قرار دارد باعث ایجاد اختلال شدیدتر در فعالیت‌های زیستی غشا سلولی، کاهش سیالیت آن و غیرفعال‌سازی یا کاهش سرعت پمپ شدن یون‌های غشایی می‌شود، بنابراین بر میزان نشت یون‌ها نیز افزوده گردید. تنش خشکی، تغییراتی را در فسفولیپیدهای غشا ایجاد می‌کند و اسیدهای چرب غیراشباع افزایش می‌یابند. در تنش‌های شدید، بعضی از قسمت‌های فسفولیپیدهای دو لایه‌ای غشا، حالت شش وجهی پیدا کرده و ساختار غشا به ساختار منفذدار تبدیل می‌شود و نشت مواد رخ می‌دهد. به‌طور کلی، تنش خشکی باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و در نهایت، کاهش شاخص پایداری غشا سلول در گیاهان مختلف می‌شود.

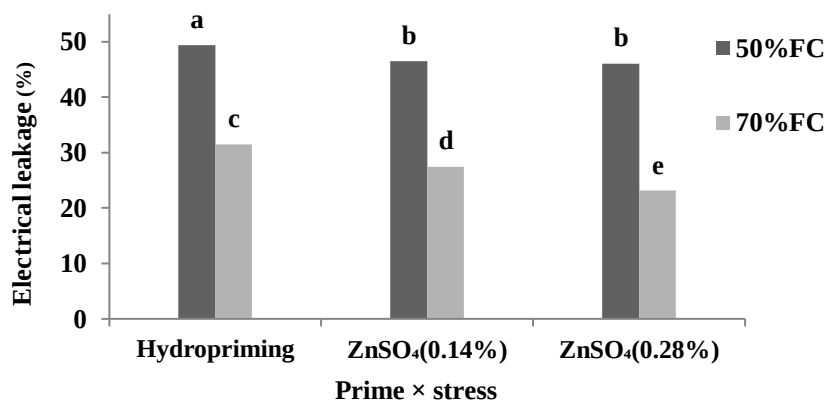


شکل ۴- اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم بر شدت تعرق در گیاه لوبیا چشم بلبلی

Fig. 4- The interaction of water deficit stress & cultivar on Transpiration rate in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level



شکل ۵- اثر متقابل تنش کم‌آبی و پرایم بذر بر درصد نشت الکترولیت در گیاه لوبیا چشم بلبلی

Fig. 5- The interaction of water deficit stress & seed prime on Electrical Leakage in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level

عملکرد و اجزای عملکرد

مطابق جدول ۵، اثرات اصلی عامل‌های آزمایش (تنش، رقم و پرایم) بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه در گلدان) و نیز شاخص برداشت در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار گردید. برهم‌کنش رقم $\times$ پرایم بر هیچ‌کدام از صفات ذکرشده معنی‌دار نشد (جدول ۵). اثر متقابل رقم $\times$ تنش به‌جز شاخص برداشت اثر معنی‌داری بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد داشت (جدول ۵). از بین صفات اندازه‌گیری‌شده، فقط دو صفت تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری متأثر از اثر متقابل پرایم و تنش بودند. اثر سه‌گانه پرایم $\times$ تنش $\times$ رقم تأثیر معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده نداشت (جدول ۵).

طبق جدول مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۳) پرایم سطح ۲ منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت نسبت به هیدرو پرایمینگ گردید. افزایش تعداد غلاف در بوته در اثر استفاده از روی اثبات شده، تغذیه گیاه با سولفات روی به‌دلیل افزایش ذخیره هیدروکربن دانه کرده، باعث افزایش طول عمر دانه کرده شده، در نتیجه منجر به افزایش تلقیح و تشکیل تعداد بیشتر دانه در غلاف می‌گردد، که در نهایت منجر به افزایش تمامی شاخص‌های مرتبط با اجزای عملکرد در لوبیا خواهد شد (Saeidi Aboueshaghi & Yadavi, 2015). همچنین بیان شده است که عنصر روی از طریق افزایش سطح برگ، وزن خشک و طول دوره گل‌دهی، باعث افزایش تعداد غلاف در گیاه می‌شود. عنصر روی نقش مهمی در سنتز تریپتوفان دارد، تریپتوفان، آمینو اسید لازم برای سنتز اکسین می‌باشد، که موجب افزایش ارتفاع و تعداد گره در ساقه می‌شود. کاربرد روی سبب افزایش تعداد گره در ساقه، افزایش تعداد شاخه‌های جانبی در ساقه و در نهایت تعداد غلاف در بوته می‌شود. از طرف دیگر، این عنصر در ساختمان فسفو اینول پیرووات کربوکسیلاز نیز نقش اساسی دارد و به این ترتیب در حضور عنصر روی توان فتوسنتزی و در نتیجه میزان کربوهیدرات‌های گیاه افزایش می‌یابد (Thalooth et al., 2006). قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2013) بیان داشتند که با توجه به نقش اساسی عنصر روی در گیاه که به‌طور مستقیم در بیوسنتز مواد رشد همانند اکسین دخالت دارد، بنابراین می‌تواند سلول‌های گیاهی بیشتر و در نتیجه، مواد خشک بیشتری را تولید و در دانه به‌عنوان مخزن ذخیره نماید که موجب افزایش عملکرد بیش از حد انتظار می‌گردد. ایشان گزارش کردند که عنصر روی در افزایش

غلظت کلروفیل و افزایش جذب نیتروژن و فسفر نقش داشته و از این طریق نیز باعث افزایش عملکرد می‌شود.

بیشترین تعداد غلاف در بوته در رقم مشهد تحت شرایط آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد که برتری ۳۱ درصدی نسبت به رقم محلی و با اعمال آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی داشت (شکل ۶).

در واقع هنگام کمبود آب، تعداد زیادی از گل‌هایی که توانایی تبدیل شدن به غلاف را داشته‌اند، از بین رفته و تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابند. سایر تحقیقات نیز کاهش تعداد غلاف در بوته را تحت تنش خشکی ناشی از ریزش اندام‌های زایشی از جمله گل‌ها و نیام‌ها دانستند. پتانسیل و توانایی حبوبات در تشکیل جوانه‌های گل‌ها و غلاف‌ها بسیار بالا است، اما دستیابی به این پتانسیل مستلزم وجود شرایط محیطی مناسب است. در شرایط تنش رطوبتی به‌دلیل پساییده شدن دانه‌های گرده و پژمردگی کلاله، رشد لوله‌های گرده متوقف شده و در نتیجه، تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابد (Mazengo & Tryphone, 2019) همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام لوبیا چشم‌بلبلی مورد بررسی برای تمامی صفات مربوط به عملکرد در دو شرایط آبیاری مطلوب و آبیاری محدود اختلاف معنی‌داری وجود داشت و رقم مشهد دارای عملکرد بالاتری بود که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی در بین دو رقم مورد بررسی می‌باشد.

براساس نتایج حاصل از شکل ۷، تعداد دانه در غلاف رقم مشهد در شرایط آبیاری مطلوب دارای برتری ۱۱ درصدی نسبت به رقم محلی بود، که با کاهش آبیاری تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، ۳۸ درصد (تقریباً به‌صورت یکسان) از تعداد دانه در غلاف در هر دو رقم کاهش یافت (شکل ۷).

در واقع در شرایط تنش خشکی و با کاهش پتانسیل آبی گیاه، سرعت رشد گیاه به‌دلیل افزایش شدت تنفس و کاهش فتوسنتز کاهش می‌یابد که به تبع کم شدن فتوسنتز، تعداد دانه نیز کاهش خواهد یافت. در مطالعه‌ای در بین عوامل مختلف ایجادکننده تنش در نخود، تنش خشکی به‌تنهایی ۴۵ درصد کاهش عملکرد دانه در غلاف را موجب شد (Amiri et al., 2015). طبق بررسی ژوو (Zhu, 2002) کمبود مواد قابل انتقال بر اثر تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی باعث سقط دانه در غلاف شد. در هر گیاه زراعی، عملکرد دانه یا به عبارت بهتر عملکرد اقتصادی، نتیجه برآیند همه فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از زمان سبز شدن تا بلوغ فیزیولوژیکی و تأثیرات متقابل این فرآیندها با محیط است، در شرایط کم‌آبی کلیه فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاه تحت تأثیر قرار

خواهند گرفت که در نهایت، منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه، کاهش عملکرد خواهد شد.

طبق نتایج حاصل از مقایسات میانگین در شکل ۸ تحت شرایط آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، رقم مشهد از برتری ۱۸ درصدی تعداد دانه در بوته نسبت به رقم محلی برخوردار بود که با کاهش آبیاری تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، تعداد دانه در بوته در رقم مشهد ۴۸ درصد و در رقم محلی ۴۰ درصد کاهش یافت (شکل ۸). در شرایط تنش خشکی، گیاه برای بقا خود تلاش می‌کند تا با افزایش طول ریشه به آب بیشتر و

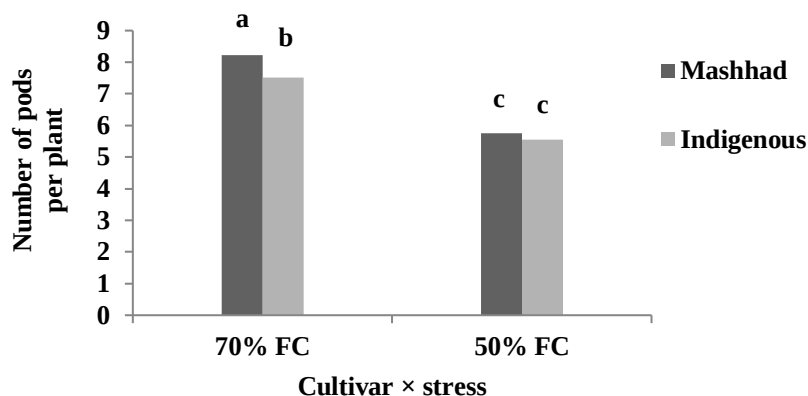
عمیق‌تر خاک دسترسی پیدا کند، بنابراین مواد فتوسنتزی بیشتری به سمت ریشه رفته و صرف توسعه ریشه شده و وزن و تعداد دانه در بوته کاهش می‌یابد (Amiri et al., 2015). به دنبال کاهش تعداد دانه در غلاف در شرایط کم‌آبی که مربوط به اختلال در فرآیندهای بیوشیمیایی و فتوسنتزی بود، کاهش دانه در بوته بدیهی می‌باشد، و با کم شدن شدت تنش و آبیاری مطلوب، با افزایش تولید کلروپلاست و میزان فتوسنتز سبب تولید محصول بیشتر و در نهایت، افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی می‌گردد.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس تاثیر رقم، پرایم روی و تنش کم‌آبی بر صفات مربوط به عملکرد لوبیا چشم بلبلی
Table 5. Analysis of variance results of the effect of cultivar, zinc priming and water deficit stress on yield characteristics of cowpea

میانگین مربعات (Mean square)							
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن صد دانه 100-grain weight	تعداد دانه در بوته Number of seeds per pod	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه در گلدان Grain yield in pot
بلوک Block	3	0.09*	58.4*	0.9*	0.02 ^{ns}	2.7 ^{ns}	23.1*
تنش خشکی Drought stress	1	12.30**	8031**	35.8**	58.52**	2411**	1191**
رقم Cultivar	1	116.25**	382.3**	1.50**	2.43**	279**	3164**
پرایم Prime	2	1.72**	237.8**	2.18**	0.58**	118**	123**
رقم × پرایم Cultivar × prime	2	0.026 ^{ns}	3.93 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.19 ^{ns}	2.62 ^{ns}	0.66 ^{ns}
رقم × تنش خشکی Cultivar × drought stress	1	0.091*	178.6**	0.58*	0.80**	0.01 ^{ns}	229**
پرایم × تنش خشکی Prime × drought stress	2	0.005 ^{ns}	52.7**	0.22 ^{ns}	0.09 ^{ns}	1.40 ^{ns}	24.8**
پرایم × تنش خشکی × رقم Prime × drought stress × cultivar	2	0.004 ^{ns}	3.44 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.65 ^{ns}	0.14 ^{ns}
خطا Error	14	0.016	8.70	0.10	0.06	2.64	3.31
ضریب تغییرات CV (%)	-	1.2	6.7	5.1	3.7	3.6	7.65

*** و * و ns: به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی داری می باشد

***, * and ns: significant at 1%, 5% and non-significant probability levels, respectively

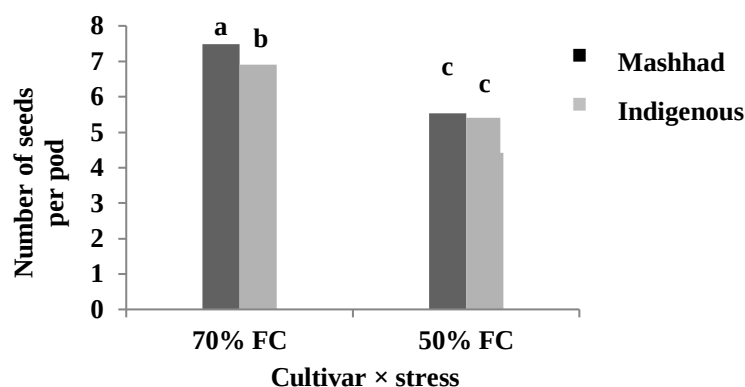


شکل ۶- اثر متقابل تنش کم آبی و رقم بر تعداد غلاف در بوته در گیاه لوبیا چشم بلبلی

Fig. 6- The interaction of water deficit stress & cultivar on number of pods per plant in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level

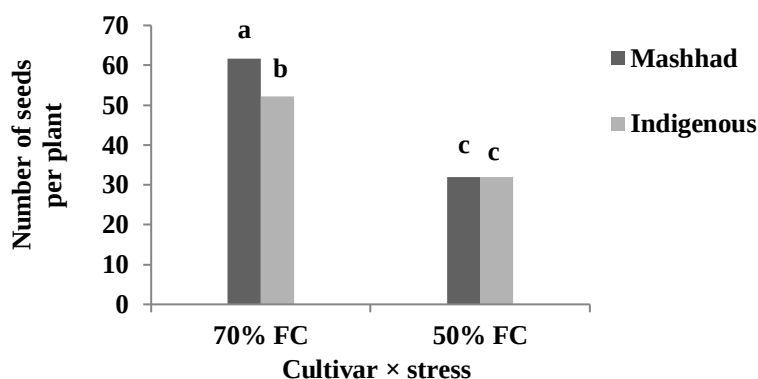


شکل ۷- اثر متقابل تنش کم آبی و رقم بر تعداد دانه در غلاف گیاه لوبیا چشم بلبلی

Fig. 7- The interaction of water deficit stress and cultivar on number of seeds per pod in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level



شکل ۸- اثر متقابل تنش کم آبی و رقم بر تعداد دانه در بوته گیاه لوبیا چشم بلبلی

Fig. 8- The interaction of water deficit stress & Cultivar on Number of seeds per plant in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

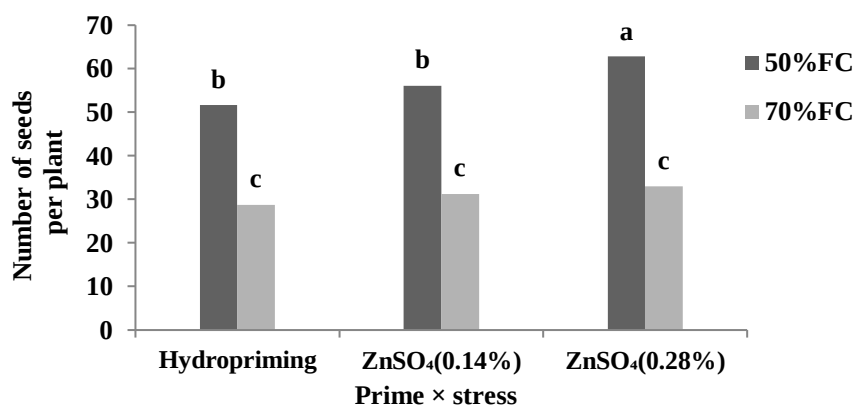
Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level

(Sharafzadeh, 2012). از طرفی، پرایمینگ بذر با سولفات روی (پرایم سطح ۲) در شرایط کمبود آب توانست عملکرد دانه در گلدان را ۱۵ درصد افزایش دهد. با توجه به اینکه عنصر روی در گیاه به‌طور مستقیم در بیوسنتز مواد مؤثر بر رشد همانند اکسین دخالت دارد، بنابراین در دسترس بودن عنصر روی موجب رشد و توسعه بیشتر گیاه و در نتیجه، تولید ماده خشک بیشتر و ذخیره آن‌ها در دانه‌ها به‌عنوان مخزن می‌گردد، بنابراین فهمیدن این نکته، ساده به نظر می‌رسد که کاربرد روی سبب افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش (۱۸ درصد) و عدم تنش (۲۲ درصد) گردید. همان‌طور که در نتایج قبلی مشاهده شد کمبود این عنصر با تأثیر بر فتوسنتز، تشکیل دانه و قدرت حیات آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

رقم مشهد در شرایط آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین عملکرد دانه در گلدان را منجر شد که با کاهش میزان آبیاری به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تا ۵۲/۸ درصد کاهش داشت (شکل ۱۱). همچنین رقم مشهد نسبت به رقم محلی چه در شرایط کم‌آبیاری (برتری ۳۰/۳ درصدی) و چه در شرایط آبیاری مطلوب (برتری ۳۶/۸ درصدی) دارای عملکرد دانه بهتری نسبت به رقم محلی بود که طبق سایر نتایج قبلی در فتوسنتز، نشت الکترولیت و تعداد دانه در گلدان، این برتری دور از ذهن نمی‌باشد. با توجه به اینکه حفظ پتانسیل عملکرد دانه در شرایط تنش را می‌توان به‌عنوان یک معیار فیزیولوژیک مقاومت به تنش خشکی در نظر گرفت، لذا به نظر می‌رسد که ارقام با درصد کاهش بالا و پایین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب به‌عنوان ارقام حساس و مقاوم به تنش مطرح شوند (Ahmadi et al., 2009).

بیشترین تعداد دانه در بوته (شکل ۹) در شرایط آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و پرایم سطح ۲ حاصل شد که نسبت به آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و هیدروپرایمینگ افزایش ۵۵ درصدی مشاهده شد. در مطالعه‌ای روی لوبیا نیز مشاهده شد که کاربرد عنصر روی باعث افزایش عملکرد دانه شده است (Wahyudi & Syukur, 2021). کاهش دسترسی به آب و برهم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک و گیاه، متابولیسم گیاه را نیز تغییر می‌دهد. افزایش تعداد دانه در واکنش به مصرف عنصر روی می‌تواند به‌دلیل نقش این عنصر در تقسیمات سلولی و همچنین نقش کلیدی عنصر روی در تشکیل دانه، به‌دلیل تأثیر بر فرایندهای زایشی و ماده‌سازی باشد (Mohsin et al., 2014) به‌صورت کلی، عنصر روی در تشکیل بیشتر میوه و دانه و فعال کردن آنزیم کربونیک آنهیدراز نقش اساسی دارد. بدیهی است که در حضور این عنصر، سنتز کربوهیدرات‌ها در گیاه در سطح بالاتری صورت می‌گیرد و باعث افزایش عملکرد می‌گردد (Cakmak, 2008).

بیشترین میزان عملکرد دانه در گلدان (شکل ۱۰)، در شرایط آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و پرایم سطح ۲ حاصل شد که نسبت به آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و هیدروپرایمینگ افزایش ۶۱ درصدی را منجر شد. بر اثر کمبود آب، رشد و توسعه گیاه کاهش می‌یابد که منجر به اختلال در گل‌دهی، پر شدن دانه‌ها و در نتیجه، عملکرد کمتر گیاه می‌شود. کمبود آب در مرحله گل‌دهی باعث افزایش سقط جنین در دانه‌گرده می‌شود و از طریق افزایش آبسزیک اسید و کاهش شدت فتوسنتز باعث کاهش بارگیری آسیمیلات‌ها شده که در نهایت، با ریزش گل‌ها و غلاف‌ها، عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Zadehbagheri &)

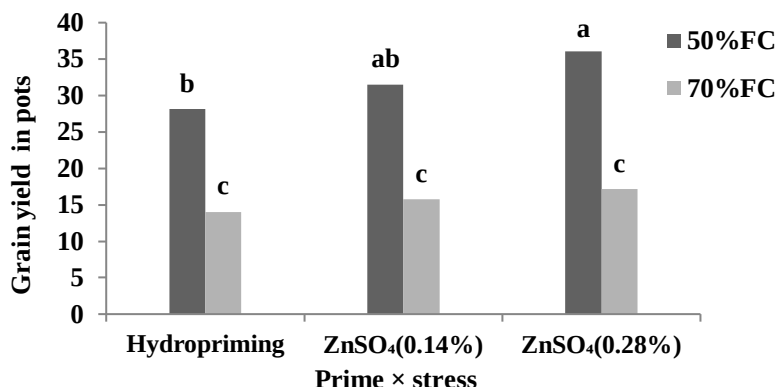


شکل ۹- اثر متقابل پرایم بذر و تنش کم‌آبی بر تعداد دانه در بوته گیاه لوبیا چشم بلبلی

Fig. 9- The interaction of seed prime & water deficit stress on Number of seeds per plant in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level

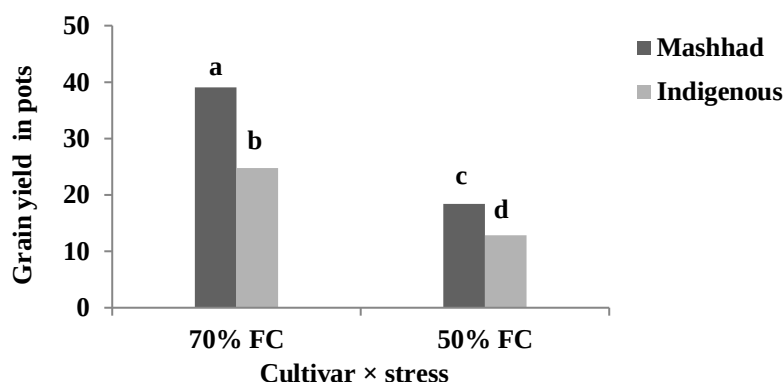


شکل ۱۰- اثر متقابل پرایم بذر و تنش کم آبی بر عملکرد دانه در گلدان گیاه لوبیا چشم بلبلی

Fig. 10- The interaction of seed prime & water deficit stress on Grain yield in pots in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level



شکل ۱۱- اثر متقابل تنش کم آبی و رقم بر عملکرد دانه در گلدان گیاه لوبیا چشم بلبلی

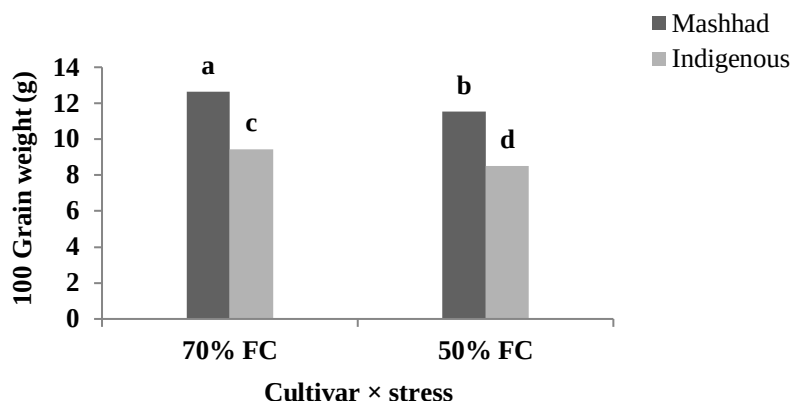
Fig. 11- The interaction of water deficit stress & Cultivar on Grain yield in pots in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level

دارای توارث‌پذیری بالا هستند، در افزایش عملکرد، مهم محسوب می‌شوند. مطالعه وزن ۱۰۰ دانه در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی نشان‌داد که تنوع برای این صفت در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی وجود داشت. استفاده از رقم مشهد در شرایط آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به تولید بیشترین شاخص برداشت (۵۳/۸ درصد) گردید، در مقابل کمترین شاخص برداشت (۳۴/۸) مربوط به رقم محلی و اعمال کم آبی تا سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود در واقع رقم مشهد در شرایط آبیاری مطلوب دارای برتری ۳۵/۳ درصدی شاخص برداشت نسبت به رقم محلی و تنش خشکی بود (شکل ۱۳).

با توجه به شکل ۱۲، به صورت کلی رقم مشهد دارای وزن ۱۰۰ دانه بیشتری نسبت به رقم محلی بود که با کاهش میزان آب مصرفی، وزن ۱۰۰ دانه در هر دو رقم کاهش داشت. بیشترین وزن ۱۰۰ دانه در شرایط آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و رقم مشهد به دست آمد، که نسبت به رقم محلی در شرایط آبیاری مشابه دارای برتری ۲۵/۲۸ درصدی می‌باشد (شکل ۱۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های لوبیا چشم بلبلی مورد بررسی برای تمامی صفات مربوط به عملکرد در دو شرایط آبیاری مطلوب و کاهش آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود دارد که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد. هانتز و همکاران (Hunter et al., 2004) گزارش کردند که صفات مورفوفیزیولوژیکی که

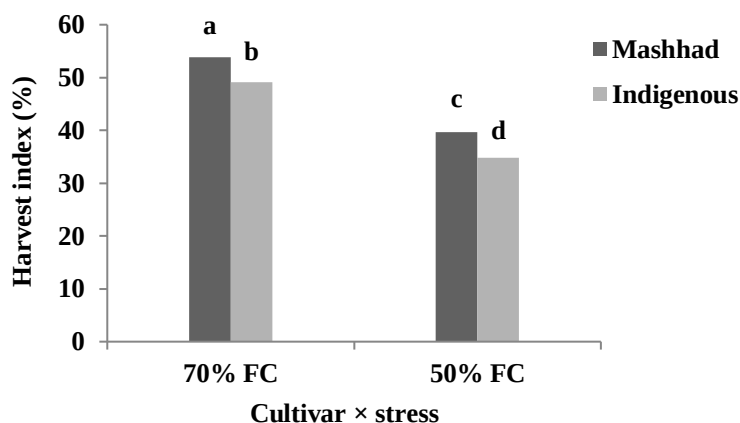


شکل ۱۲- اثر متقابل تنش کم آبی و رقم بر وزن ۱۰۰ دانه گیاه لوبیا چشم بلبلی

Fig. 12- The interaction of water deficit stress and cultivar on 100 grain weight in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level



شکل ۱۳- اثر متقابل تنش کم آبی و رقم بر شاخص برداشت گیاه لوبیا چشم بلبلی

Fig. 13- The interaction of water deficit stress & Cultivar on Harvest index in cowpea

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ probability level

اندام‌های مختلف گیاه نیز مهم است. کمبود آب در طی رشد و گل‌دهی باعث می‌شود که بخش بیشتری از مواد فتوسنتز شده صرف ریشه‌ها شده تا آب بیشتری برای گیاه تأمین نماید، بنابراین در چنین شرایطی شاخص برداشت کاهش خواهد یافت (Amiri et al., 2015).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که کمبود آب تا حد زیادی توانست عملکرد گیاه را کاهش دهد، اما در این میان رقم مشهد دارای مقاومت بیشتری نسبت به رقم محلی بود و توانست چه در شرایط کاهش آب آبیاری چه در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد بالاتری نسبت به رقم محلی نشان دهد، از طرفی پرایمینگ

از آنجایی که پارامتر شاخص برداشت نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی را نشان می‌دهد، بنابراین کاهش شاخص برداشت در اثر کمبود آب ناشی از کاهش وزن ۱۰۰ دانه می‌باشد که در بررسی‌های قبلی نیز برتری وزن دانه رقم مشهد نسبت به رقم محلی مشاهده شد. طبق گزارش رامیرز و کلی (Ramirez & Kelly, 1998)، تنش خشکی متوسط تا شدید می‌تواند زیست‌توده، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد روز تا رسیدگی، شاخص برداشت، عملکرد دانه و وزن دانه لوبیا را کاهش دهد. کاهش شاخص برداشت در اثر کمبود آب می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده و کاهش انتقال مجدد مواد فتوسنتز شده در مرحله پر شدن دانه‌ها باشد، علاوه بر تجمع ماده خشک، تسهیم مواد پرورده بین

همچنین شاخص برداشت شود. بنابراین استفاده از رقم مناسب تحت اعمال پرایم بذر با روی می‌تولند در کاهش اثرات کمبود آب، افزایش تولید و بهبود وضعیت فتوسنتزی گیاه مؤثر باشد.

بذور با سولفات روی توانست تا حدی اثرات نامطلوب کمبود آب را تعدیل کند، پرایم سطح ۲ (پرایم با محلول ۰/۲۸ درصد سولفات روی) نسبت به شاهد و پرایم سطح ۱ توانست منجر به بیشترین میزان فتوسنتز، بیشترین میزان وزن ۱۰۰ دانه و

References

- Abdolshahi, R., Nazari, M., Safarian, A., Sadathossini, T., Salarpour, M., & Amiri, H. (2015). Integrated selection criteria for drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding programs using discriminant analysis. *Field Crops Research*, 174, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.01.009>
- Ahmadi, A., Jodi, M., Tavakoli, A., & Ranjbar, M. (2009). Investigation of yield and its related morphological traits responses in wheat genotypes under drought stress and irrigation conditions. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 12(46), 155-165. (In Persian with English Abstract). <http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763594.1387.12.46.14.3>
- Alborzi, M., Safikhani, F., MASOUD, S. J., Abbaszadeh, B., & Zadeh, A. (2013). The effect of drought stress on dry mather yield and essential oils of anisum (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Medicinal Plants and By-Products*, 2(4), 285-291. (In Persian)
- Amiri, A., Yadolahi, P., & Esmaeilzadeh, S. (2015). Effect of drought stress and chitosan and salicylic spray on morphological parameters of *Carthamus tinctorius* L. in Sistan. *Journal of Oil Plants Production*, 2(1), 43-56. (In Persian with English Abstract). <http://yujs.yu.ac.ir/jopp/article-1-45-en.html>
- Barzegari, M., Emam, Y., & Zamani, A. (2020). Yield components and grain yield responses of four wheat cultivars to growth retardant Cycocel under terminal drought stress conditions. *Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing*, 10(3), 139-156. (In Persian with English Abstract). <http://dx.doi.org/10.47176/jcpp.10.3.20124>
- Borowski, E., & Michalek, S. (2011). The effect of foliar fertilization of French bean with iron salts and urea on some physiological processes in plants relative to iron uptake and translocation in leaves. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 10(2), 183-193. <https://bibliotekanauki.pl/articles/11542046.pdf>
- Boukar, O., Togola, A., Chamarthi, S., Belko, N., Ishikawa, H., Suzuki, K., & Fatokun, C. (2019). Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. *Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes*, 7, 201. https://www.researchgate.net/publication/336354732_Cowpea_Vigna_unguiculata_L_Walp_Breeding
- Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, 302, 1-17. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-007-9466-3>
- Cheraghi Tabar, E. A. a. H. R. O. (2018). Distribution of zinc fractions in some calcareous soils of mahidashtand helilan plains of Kermanshah and Ilam provinces. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*, 22, 12. (In Persian with English Abstract). <http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763594.1397.22.4.3.8>
- Davoudpour, Y., Schmidt, M., Calabrese, F., Richnow, H. H., Musat, N., & Musat, N. (2020). High resolution microscopy to evaluate the efficiency of surface sterilization of *Zea mays* seeds. *Plos One*, 15(11), e0242247. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294203>
- Ebrahimian, E., & Bybordi, A. (2011). Effect of iron foliar fertilization on growth, seed and oil yield of sunflower grown under different irrigation regimes. *Middle East Journal of Scientific Research*, 9(5), 621-625.
- Ehlers, J., & Hall, A. (1997). Cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp.). *Field Crops Research*, 53(1-3), 187-204. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00031-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00031-2)
- FAO, (2022). FAOSTAT Rome. [(accessed on 17 December 2021)]. Available online: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- Farooq, M., Ullah, A., Rehman, A., Nawaz, A., Nadeem, A., Wakeel, A., Nadeem, F., & Siddique, K. H. (2018). Application of zinc improves the productivity and biofortification of fine grain aromatic rice grown in dry seeded and puddled transplanted production systems. *Field Crops Research*, 216, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.004>
- Fracasso, A., Telo, L., Lanfranco, L., Bonfante, P., & Amaducci, S. (2020). Physiological beneficial effect of *Rhizophagus intraradices* inoculation on tomato plant yield under water deficit conditions. *Agronomy*, 10(1), 71. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010071>

- Frahm, M. A., Rosas, J. C., Mayek-Pérez, N., López-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J. A., & Kelly, J. D. (2004). Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. *Euphytica*, 136, 223-232. <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000030678.12073.a9>
- Frota, K., Gonvalves, M., Lopes, L. A. R., Silva, I. C. V., & Areas, J. A. G. (2017). Nutritional quality of the protein of *Vigna unguiculata* L. Walp and its protein isolate. *Revista Ciência Agronômica*, 48(5spe), 792-798. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170092>
- Gardner, W. (1968). Availability and measurement of soil water. *Water Deficits and Plant Growth*, 1(22 may), 107-135.
- Ghanbari, A. A., & Rao, I. (2013). Effects of water stress on leaves and seeds of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 18(1), 73-77. https://www.researchgate.net/publication/286218430_Effects_of_water_stress_on_leaves_and_seeds_of_bean_Phaseolus_vulgaris_L
- Ghanbari Zarmehri, S., Moosavi, S. G., Zabihi, H. R., & Seghateslami, M. J. (2013). The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and zinc fertilizer on forage yield of maize under water deficit stress conditions. *Journal of Applied Science, Engineering and Technology*, 3(23), 3281-3290.
- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., Yunas, M., & Yunas, M. (2008). 'On-farm' seed priming with zinc in chickpea and wheat in Pakistan. *Plant and Soil*, 306, 3-10. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9465-4>
- Hunter, D. A., Ferrante, A., Vernieri, P., & Reid, M. S. (2004). Role of abscisic acid in perianth senescence of daffodil (*Narcissus pseudonarcissus* "Dutch Master"). *Physiologia Plantarum*, 121(2), 313-321. <https://doi.org/10.1111/j.0031-9317.2004.0311.x>
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition., *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(1), 100-105.
- Kakaei, M. (2024). The Effect of planting density and supplementary irrigation on the agricultural traits of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in dry conditions. *Iranian Journal Pulses Research*, 15(2), 129-139. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.83555.1062>
- Kroner, N., Kotlarski, S., Fischer, E., Lüthi, D., Zubler, E., & Schär, C. (2017). Separating climate change signals into thermodynamic, lapse-rate and circulation effects: Theory and application to the European summer climate. *Climate Dynamics*, 48, 3425-3440.
- Malakoti, M., & Tehrani, M. (2000). The role of micronutrients on yield and qualify increasing of crops: Tabiat Modares University Press, 328 p.(In Persian).
- Makkizadeh Tafti, M., Tavakol Afshari, R., Majnoon Hosseini, N., & Naghdi Badi, H. A. (2008). Evaluation of salinity tolerance and absorption of salt by borage (*Borago officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 24(3), 253-262. (In Persian).
- Mansouri Daneshvar, M. R., & Ebrahimi, M. (2019). An overview of climate change in Iran: facts and statistics. *Environmental Systems Research*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3>
- Marschner, H. (1995). Nutrition of higher plants. *Nutrition of Higher Plants*, 4(1), 375-288.
- Martinez, J. P., Silva, H., Ledent, J. F., & Pinto, M. (2007). Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, 26(1), 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.08.003>
- Mazengo, K. D., & Tryphone, G. M. (2019). Response of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) to drought for growth and yield characteristics in the southern highlands of Tanzania. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4(3), 643-651. <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/4.3.8>
- Merwad, A. R. M., Desoky, E. S. M., & Rady, M. M. (2018). Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. *Scientia Horticulturae*, 228, 132-144. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.008>
- Mohsin, A. U., Ahmad, A. U. H., Farooq, M., & Ullah, S. (2014). Influence of zinc application through seed treatment and foliar spray on growth, productivity and grain quality of hybrid maize. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(5), 1494-1503. <https://www.thejaps.org.pk/docs/v-24-5/29.pdf>
- Munjonji, L., Ayisi, K. K., Boeckx, P., & Haesaert, G. (2017). Stomatal behavior of cowpea genotypes grown under varying moisture levels. *Sustainability*, 10(1), 12. <https://doi.org/10.3390/su10010012>
- Munoz Perea, C. G., Terán, H., Allen, R. G., Wright, J. L., Westermann, D. T., & Singh, S. P. (2006). Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. *Crop Science*, 46(5), 2111-2120. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.01.0029>
- Nohong, B., & Nompo, S. (2015). Effect of water stress on growth, yield, proline and soluble sugars contents of Signal grass and Napier grass species. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 9(5), 14-22. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20153342076>

- Posmyk, M., & Janas, K. (2007). Effects of seed hydropriming in presence of exogenous proline on chilling injury limitation in *Vigna radiata* L. seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29, 509-517. <https://doi.org/10.1007/s11738-007-0061-2>
- Prasad, A. S. (1984, October). Discovery and importance of zinc in human nutrition. In *Federation Proceedings*, 43(13), 2829-2834.
- Ramirez-Vallejo, P., & Kelly, J. D. (1998). Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99, 127-136.
- Rezaei, H., Saadat, S., Mirkhani, R., Bagheri, Y. R., Esmaeelnejad, L., Nouri Hosseini, M., Baybordi, A., karimi, A., Sedri, M., & Hamed, F. (2022). The state of soil organic carbon in agricultural lands of Iran with different agroecological conditions. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102(16), 4623-4639. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1786547>
- Sabzi, S., Tahmasebi, Z., & Barari, M. (2017). Study of the yield and some important plant of common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes at different moisture levels. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(1), 21-30. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22077/escs.1396.528>
- Saeidi Aboueshaghi, R., & Yadavi, A. (2015). Effects of irrigation levels and foliar application with iron and zinc on quantitative and qualitative traits of red bean (*Phaseolus vulgaris* L. *Iranian Journal Pulses Research*, 6(1), 54-65. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v1394i1.49008>
- Singh, H. P., Kaur, G., Batish, D. R., Kumar, R. K., & Batish, D. (2012). Growth, photosynthetic activity and oxidative stress in wheat (*Triticum aestivum*) after exposure of lead to soil. *Journal of Environmental Biology*, 33(2), 265.
- Sumner, M. E. (1999). *Handbook of Soil Science*: CRC Press, 2148 pp.
- Tandon, P. (1996). Effect of zinc and iron supply on production potential of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 176(3), 213-216. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1996.tb00465.x>
- Tatrai, Z. A., Sanoubar, R., Pluhár, Z., Mancarella, S., Orsini, F., & Gianquinto, G. (2016). Morphological and physiological plant responses to drought stress in *Thymus citriodorus*. *International Journal of Agronomy*, 2016(1), 4165750. <https://doi.org/10.1155/2016/4165750>
- Thalooth, A., Tawfik, M., & Mohamed, H. M. (2006). A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2(1), 37-46.
- Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovic, L., Gasparikova, O., & Kolarovic, L. (2006). Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil and Environment*, 52(4), 184. <https://doi.org/10.17221/3364-PSE>
- Wahyudi, A., & Syukur, M. (2021). Multi-location evaluation of yield component character and proximate analysis of cowpea grown in Lampung province, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(10), 4246-4253. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221015>
- Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A., & Ghassemi-Golezani, K. (2011). Physiological responses of soybean (*Glycine max* L.) To zinc application under salinity stress. *Australian Journal of Crop Science*, 5(11), 1441-1447.
- Wu, F., Bao, W., Li, F., & Wu, N. (2008). Effects of water stress and nitrogen supply on leaf gas exchange and fluorescence parameters of *Sophora davidii* seedlings. *Photosynthetica*, 46, 40-48.
- Zadehbagheri, M., & Sharafzadeh, S. (2012). Effect of drought stress on yield and yield components, relative leaf water content, proline and potassium ion accumulation in different white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotype. *African Journal of Agricultural Research*, 7(42), 5661-5670. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.901>
- Zago, M. P., & Oteiza, P. I. (2001). The antioxidant properties of zinc: Interactions with iron and antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*, 31(2), 266-274. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(01\)00583-4](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(01)00583-4)
- Zhu. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 53(1), 247-273. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329>
- Zhu, Kimbal, B., Cheng, L., Kobayashi, K., & Bindi, M. (2002). Responses of agricultural crops to free-air CO₂ enrichment. *Yingyong Shengtai Xuebao*, 13, 1323-1338. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(02\)77017-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(02)77017-X)



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.90068.1099>

Study of Planting Pattern and Herbicide Effects on Weed Population and Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Grain Yield

Hossein Najafi^{1*}, Soheyla Pourheydar Ghafarbi², Gholamreza Gahramanian², Ajang Jahedi³

Received: 05-10-2024

Revised: 06-11-2024

Accepted: 04-12-2024

Available Online: 04-12-2024

Cite this article:

Najafi, H., Pourheydar Ghafarbi, S., Gahramanian, G., & Jahedi, A. (2025). Study of planting pattern and herbicide effects on weed population and chickpea (*Cicer arietinum* L.) grain yield. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 117-130. (In Persian with English Abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.90068.1099>

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.), with an average production of 439 kg.ha⁻¹, is one of the most important pulses that holds a special place in rain-fed conservation farming systems in Kermanshah, Kordestan and Lorestan provinces of Iran. Recently, it covers 6.9% of the cultivated land area for agricultural products and accounts for 5.3% of the total rain-fed crop production, placing it fourth in rank. High distance between global mean of grain yield (1038 kg.ha⁻¹) and Iran (439 kg.ha⁻¹) is significant and weeds are the most important limiting factors in chickpea production systems in Iran, and due to the limited registered herbicides, increasing row spacing and using non-selective herbicides by shielded sprayers is one of the other ways for application of these herbicides in chickpea farming. Optimizing chickpea row-spacing and the application possibility of non-selective herbicides in chickpea was our objective in this experiment.

Materials and Methods

In order to study planting pattern and chemical control effects on weed population and yield of rain-fed chickpea farming, two experiments conducted. Field experiments were conducted in East Azerbaijan and Hamadan provinces and greenhouse experiment was in Alborz province of Iran in 2021-2022. The field and greenhouse experiments were conducted as completely randomized block design and a completely randomized design with four replications, respectively. In field experiment, two intra-rows spacing of chickpea (35 and 53 cm) and seven herbicides (including: imazethapyr (Pursuit® SL 10%) at a rate of 100 ml.ai ha⁻¹, imazethapyr (Pursuit® SL 10%), at a rate of 100 ml.ai.ha⁻¹ + cytogate (at a rate of 2%), oxyfluorfen (Goal® EC 24%), at a rate of 168 ml.ai.ha⁻¹, phenmedipham + desmedipham + ethofumesat (Betanal progress OF® EC 27.4%), in two rates: 160 and 300 ml.ai.ha⁻¹, protected application of imazethapyr (Pursuit® SL 10%), at a rate of 100 ml.ai.ha⁻¹ + paraquat (Gramoxone® SL 20%), at a rate of 600 ml.ai.ha⁻¹, protected application of paraquat (Gramoxone® SL 20%), at a rate of 600 ml.ai.ha⁻¹, pyridate ((Lentagran® EC 60%), at a rate of 1200 ml.ai.ha⁻¹ and control were evaluated. In green house experiment, different doses of Phenmedipham+ Desmedipham+ Ethofumesat (Betanal progress OF® in 411, 548, 685 and 822 ml.ai.ha⁻¹) and its application time (2, 4, 6 and 8 leaf stages) were tested. Weed dry weight, visual evaluation and chickpea grain yield were evaluated 30 days after treatments and in the end of experiment and data were analyzed by Sas, Mstatc and Sigmaplot software and means were compared by Duncan.

Results and Discussion

Dominant weeds in two locations were *Alyssum* spp., *Descurainia sophia*, *Acroptilon repens*, *Galium aparin*, *Polygonum aviculare*, *Astragalus* sp., *Euphorbia* spp., *Fumaria parviflora*, *Poa* spp., *Gypsophila* spp., *Allium*

1- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran

2- Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Maragheh, Iran

3- Agricultural and Natural Research Resource and Education Center of Hamadan, Agricultural Research Education and Extension Organization, Hamadan, Iran

* Corresponding Author: Najafihossein2017@gmail.com



spp., *Falcaria vulgaris* and *Geranium* spp. Field results indicated that all herbicides had the same effect on the weed dry weight and chickpea grain yield at both planting row distance. Therefore, the distance between chickpea planting rows can be increased up to 53 cm for the use of shielded sprayers. In terms of herbicide efficacy in the Hamadan and Maragheh regions, protected application of Imazethapyr + Paraquat was found to be the best treatment for weed control. This treatment resulted in an average weed dry weight of 1.7 grams per square meter in Hamadan and 7.3 grams per square meter in Maragheh. With this treatment, weed dry weight was reduced by approximately 94.4% and 69.9% compared to the control, respectively. Chickpea grain yield was highest with Imazethapyr + Cytogate and Pyridate, resulting in an increase of approximately 83% and 75.4%, respectively, compared to the control in Maragheh region. In Hamadan region, Oxyfluorfen showed an increase in chickpea grain yield up to 122.7%, Pyridate up to 125.4%, and Imazethapyr + Paraquat up to 111.7% compared to the control. Betanal progress OF® (at a rate of 3 l.ha⁻¹) also exhibited good weed control but like Imazetapyr, is not recommended for use due to its damage on chickpea growth and grain yield. Additionally, Paraquat has been removed from the registered list in Iran; therefore, it is not recommended for application on chickpeas either.

Conclusions

For improved weed control in chickpea, it is recommended to increase row spacing to 53 cm and use a protected application of non-selective herbicides (such as Imazethapyr). However, it is important to note that Paraquat has been removed from the list of registered herbicides in Iran and cannot be recommended for weed control in chickpea. Instead, other approved non-selective herbicides can be recommended, provided they are applied using a shielded sprayer. Additionally, Betanal progress OF® is also caused damage to chickpea in both field and greenhouse conditions and it do not recommend.

Keywords: Cultural control, Integrated control, Protected sprayer, Pulses



بررسی تأثیر آرایش کاشت و کاربرد علف‌کش بر جمعیت علف‌های هرز و عملکرد نخود

حسین نجفی^{۱*}، سهیلا پورحیدر غفاری^۲، غلامرضا قهرمانیان^۲، آژنگ جاهدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر آرایش کاشت و کنترل شیمیایی بر جمعیت علف‌های هرز در مزارع نخود (*Cicer arietinum* L.)، دو آزمایش مزرعه‌ای و گلخانه‌ای طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در آذربایجان شرقی، همدان و کرج اجرا شد. آزمایش مزرعه‌ای و گلخانه‌ای به ترتیب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شدند. در شرایط مزرعه، فاصله ردیف کشت (۳۵ و ۵۳ سانتی‌متر) و کنترل شیمیایی (شامل کاربرد علف‌کش‌های ایمازتاپیر (پرسوئیت، SL 10%) در مقدار ۱۰۰ به تنهایی و یا در ترکیب با ماده افزودنی سیتوگیت در مقدار دو درصد و یا علف‌کش پاراکوات (گراماکسون، SL 20%) در مقدار ۶۰۰، اکسی‌فلورفن (گل، EC 24%) در مقدار ۱۶۸، پیریدات (لنتاگران، EC 60%) در مقدار ۱۲۰۰، پاراکوات (گراماکسون، SL 20%) در مقدار ۶۰۰ و فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت (فن‌دساتو) (بتنال پراگرس‌آف، EC 27.4%) در مقادیر ۱۶۰ و ۳۰۰ (همگی بر حسب میلی‌لیتر ماده مؤثره در هکتار) ارزیابی و در شرایط گلخانه تأثیر دوزهای مختلف فن‌دساتو بر رشد نخود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش مزرعه‌ای و بررسی کارایی علف‌کش‌ها در دو منطقه همدان و مراغه حاکی از برتری تیمارهای ایمازتاپیر و پاراکوات با میزان کنترل ۹۴/۴ و ۶۹/۹ درصدی علف‌های هرز (با میانگین وزن خشک ۷/۱ و ۳۰/۷ گرم در مترمربع به ترتیب در همدان و مراغه) در مقایسه با شاهد هر کرت بود. عملکرد دانه نخود در مراغه و در تیمار کاربرد ایمازتاپیر + سیتوگیت (با افزایش ۸۳ درصد نسبت به شاهد آلوده)، همراه با پیریدات (با افزایش ۷۵/۴ درصد نسبت به شاهد آلوده) و پس از شاهد وجین در بالاترین مقدار بود. در منطقه همدان، بیشترین عملکرد از تیمارهای کاربرد اکسی‌فلورفن (با ۲۲/۷ درصد)، پیریدات (با ۱۲۵/۴ درصد) و ایمازتاپیر و پاراکوات (با ۱۱۱/۷ درصد) (همگی نسبت به شاهد آلوده) حاصل شد. نتایج آزمایش گلخانه نشان داد که کاربرد علف‌کش فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت در تمامی مراحل رشد نخود و مقدار مصرف این علف‌کش، به نخود خسارت می‌زند و از این جهت، کاربرد این علف‌کش و همچنین پاراکوات به دلیل حذف از فهرست آفت‌کش‌های مجاز کشور، توصیه نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: حبوبات، سم‌پاشی حفاظت‌شده، کنترل تلفیقی، کنترل زراعی

مقدمه

ایران پس از هند، ترکیه، پاکستان، میانمار، اتیوپی و روسیه، رتبه هفتم تولیدکننده نخود (*Cicer arietinum* L.) در جهان است (FAO, 2023). میانگین تولید جهانی این گیاه ۱۰۳۸ و میانگین تولید آن در ایران ۴۳۹ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Babaei et al., 2022). نخود از جمله محصولات است که در زراعت دیم و به‌خصوص در نظام‌های کشاورزی حفاظتی ایران جایگاه ویژه‌ای داشته و در حال حاضر با ۶/۹ درصد از سطح زیر کشت محصولات زراعی و همچنین تولید ۳/۵

درصدی از کل تولید محصولات دیم، در رتبه چهارم قرار دارد و استان‌های کرمانشاه، کردستان و لرستان رتبه‌های اول تا سوم تولید نخود دیم را به خود اختصاص می‌دهند (Anonymous, 2022). دانه نخود غنی از اسیدهای آمینه ضروری نظیر لایسین است و به دلیل وجود ۱۵ تا ۲۵ درصد پروتئین، نقش قابل توجهی در جیره غذایی انسان و به‌ویژه اقشار کم‌درآمد ایفا می‌کند (Jukanti et al., 2012). فاصله میانگین عملکرد دانه نخود در ایران (۴۳۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به میانگین‌های جهانی و آسیا (به ترتیب با میانگین‌های ۱۰۳۸ و ۹۱۹/۷

۳- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، همدان، ایران
(Najafihosseini2017@gmail.com) (*- نویسنده مسئول)

۱- مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲- مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

رویش گیاه نخود، هرگونه عملیاتی که منجر به پوشش سریع‌تر زمین شود، در زمینه رقابت با علف‌های هرز به این گیاه کمک خواهد کرد. آرایش کاشت از جمله روش‌هایی است که ضمن فراهم کردن شرایط مطلوب برای رویش سریع‌تر نخود، امکان ورود سم‌پاش‌های حفاظت‌شده به مزرعه و کاربرد علف‌کش‌های غیرانتخابی را فراهم خواهد آورد. در اغلب محصولات زراعی، ردیف‌های باریک‌تر (۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر) در مقایسه با ردیف‌های پهن (۷۵ سانتی‌متر) و به دلیل پوشش سریع‌تر زمین، سایه‌اندازی و نفوذ کمتر نور به داخل تاج‌پوش گیاه زراعی، زمینه مدیریت بهتر علف‌های هرز را فراهم کرده و عملکرد گیاه زراعی را افزایش خواهد داد (Najafi, 2014). گیاه نخود را نیز می‌توان در فاصله ردیف‌های مختلف کشت کرد و براساس توصیه‌های موجود، فواصل ردیف کاشت ۳۰ و فاصله بوته بر روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بهترین توصیه است (Hoseinian Khoshroo et al., 2019). بااین‌حال، به‌منظور افزایش توان رقابت آن با علف‌های هرز، فاصله بین بوته روی ردیف‌های کاشت قابل تغییر است و می‌توان با افزایش فاصله بین ردیف و کاهش فاصله بوته روی ردیف‌های کاشت، پوشش سریع‌تر زمین را افزایش و امکان مدیریت شیمیایی و یا مکانیکی در بین ردیف‌های کاشت را فراهم آورد. با توجه به اینکه عملکرد نخود حاصل رقابت برون و درون گونه‌ای برای جذب بیشتر منابع است، حداکثر عملکرد این گیاه زمانی حاصل خواهد شد که رقابت به حداقل برسد و گیاه بتواند از عوامل محیطی موجود حداکثر استفاده را بنماید. فواصل مناسب بین ردیف‌های کاشت و بین بوته‌ها تعیین‌کننده فضای رشد قابل استفاده برای هر بوته است و تراکم مناسب و توزیع متعادل بوته‌ها در واحد سطح موجب استفاده بهتر از رطوبت، مواد غذایی و نور و به تبع آن افزایش عملکرد می‌شود (Najafi, 2014). در این ارتباط، بررسی‌های موسوی و پزشک‌پور (Mousavi & Pezeshkpour, 2006) مشخص کرد که با افزایش فاصله ردیف کاشت نخود از ۳۰ به ۵۰ سانتی‌متر و افزایش فاصله بوته‌ها روی ردیف کاشت از ۵ به ۲۰ سانتی‌متر، تعداد غلاف نخود در واحد سطح به ترتیب ۳۰ و ۶۷ درصد کاهش یافت. با توجه به تغییر توان رقابت گیاه زراعی، تغییر آرایش کاشت زمینه را برای کاهش مصرف آفت‌کش‌ها نیز فراهم خواهد کرد. بررسی‌های گان و همکاران (Gan et al., 2009) نشان داد که در آرایش کاشت دو ردیفه (با پشته‌های ۷۵ سانتی‌متر)، ضمن کاهش ۳۰ درصدی در مصرف آفت‌کش، عملکرد مطلوب نخود نیز حاصل شد. هدف از اجرای این آزمایش، بررسی نقش آرایش کاشت و امکان استفاده از علف‌کش‌های غیرانتخابی در مهار علف‌های هرز مزارع نخود بود.

کیلوگرم در هکتار) (Babaei et al., 2022; Anonymous, 2022; Veisi et al., 2019) و رکوردهای موجود (تا ۳۷۵۰ کیلوگرم در هکتار) (Plew et al., 1994) و به دلیل مشکلات ناشی از نبود ارقام مناسب، مدیریت زراعی، مکانیزاسیون و همچنین عدم توان رقابت این گیاه با علف‌های هرز پایین‌تر است. این در حالی است که مدیریت کارآمد این گیاهان در نخود، که خود چالشی بزرگ (Mohammed et al., 2020) است، اما می‌تواند عملکرد دانه نخود را بین ۱۷ تا ۱۰۵ درصد افزایش دهد (Taran et al., 2013; Mohammed et al., 2020). بااین‌حال، رشد رویشی نخود در شرایط دیم به گونه‌ای است که امکان رقابت آن با علف‌های هرز را فراهم نکرده (Veisi et al., 2019) و از این جهت، انتخاب زمین عاری از علف‌های هرز به‌منظور کشت نخود و یا کنترل این گیاهان در طول دوره رشد گیاه ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. میزان خسارت علف‌های هرز به نخود متفاوت و در صورت عدم مدیریت، تا بیش از ۹۰ درصد برآورد شده است (Tepe et al., 2011). این مقدار در ایران و در تبریز، کرمانشاه و ارومیه به ترتیب به میزان ۴۸، ۵۷ و ۳۶ درصد گزارش شده است و عدم وجود علف‌های هرز در هفته‌های ابتدایی پس از جوانه‌زنی این گیاه (تا ۳۰ روز پس از سبز شدن) زمینه کاهش خسارت را فراهم خواهد آورد (Veisi, 2018). تحقق این امر نیازمند وجود علف‌کش‌های انتخابی در کشور و یا بهینه‌سازی کاربرد علف‌کش‌های غیرانتخابی به‌منظور ایجاد خسارت حداقلی به نخود می‌باشد. در این ارتباط، می‌توان به کاربرد علف‌کش‌های عمومی و یا غیرانتخابی توسط سم‌پاش‌هایی با نازل‌های حفاظت‌شده اشاره کرد. در این روش، امکان مهار علف‌های هرز موجود در بین ردیف‌های کاشت توسط علف‌کش‌های عمومی و یا غیرانتخابی نخود فراهم خواهد شد. خسارت علف‌کش‌های غیرانتخابی نخود توسط میتکوف و همکاران (Mitkov et al., 2017) بررسی شده است. به‌طوری‌که، علف‌کش کوروم (مخلوطی از علف‌کش‌های ایمازامکس و بنتازون) بین ۵۵ تا ۹۰ درصد علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ را مهار، اما به میزان ۲۰ تا ۳۰ درصد نیز به نخود خسارت وارد کرد. بررسی‌های ویسی و همکاران (Veisi et al., 2019 a,b) نیز مشخص کرد که کاربرد پس‌رویش ایزوکسافلوتل با وجود مهارمطلوب علف‌های هرز، تاثیر گیاه‌سوزی روی نخود دارد. هرچند بررسی‌های موسوی (Mousavi et al., 2010) و تاران و همکاران (Taran et al., 2013) نیز حاکی از تأثیر مطلوب علف‌کش‌های فومسافن، ایزوکسافلوتل، متری‌بیوزین و سولفن‌ترازون بر علف‌های هرز نخود دارند، اما خسارت آن‌ها به نخود، لزوم جایگزینی علف‌کش‌های امن و یا کاربرد بهینه و یا تلفیقی آن‌ها را گوشزد می‌کند. با توجه به ضعیف بودن ساختار

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در استان‌های آذربایجان شرقی (مراغه با مختصات ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و ۴۶ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی) و همدان (همدان با مختصات ۳۴ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی) و در مزرعه‌ای با شرایط دیم و مشخصات مندرج در **جدول ۱** اجرا شد.

با توجه به ماهیت تیمارهای مورد بررسی، آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار و در چهار تکرار اجرا و تیمارهای آزمایش ترکیبی از آرایش کاشت (شامل تک‌ردیفه و دو ردیفه با فاصله ردیف کاشت ۳۵ و ۵۳ سانتی‌متر) و کاربرد علف‌کش بودند (**جدول ۲**).

رقم نخود در منطقه همدان و مراغه به ترتیب منصور و آنا و کشت آن به صورت حفاظتی (بدون خاک‌ورزی) و در زمینی که در سال قبل به گندم اختصاص یافته بود، انجام شد. کشت نخود توسط بذرکار عمیق کار (آسکه مدل 23II، ساخت شرکت ماشین برزگر خاوری همدان) و تراکم آن در هر دو آرایش کاشت برابر و ۴۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. بر این اساس، فاصله بوته روی ردیف و برای آرایش کاشت اول و دوم به ترتیب ۸ و ۴ سانتی‌متر بود. فرمولاسیون علف‌کش‌های مورد استفاده در این آزمایش در تمامی مناطق اجرا یکسان و از یک شرکت خریداری شده و مطابق اطلاعات مندرج در **جدول ۲** بود. در تیمارهای شاهد وجین، کلیه علف‌های هرز در کل دوره رشد نخود به صورت دستی حذف شدند.

در تمامی تیمارهای آزمایشی، هر کرت به دو قسمت (۱۲ و ۴ متری) تقسیم و تنها بخش پایینی آن سم‌پاشی و بخش

بالایی به عنوان شاهد عدم کنترل سم‌پاشی نشد. سم‌پاشی تمامی کرت‌های آزمایش به غیر از پاراکوات، توسط سم‌پاش پشته‌ی شارژی (برند ماتابی) با نازل شره‌ای زردرنگ و با مقدار آب ۳۲۰ لیتر در هکتار تیمار با فشار ۲/۲ بار انجام شد. پاراکوات (تیمارهای ۱۱ و ۱۲ در جدول ۲) صرفاً در حدواسط بین ردیف‌های کاشت استفاده شد و برای جلوگیری از خسارت به بوته‌های نخود، سم‌پاش پشت تراکتوری بوم‌دار (مجهز به نازل‌های تی‌جت (۸۰۰۲) حفاظت‌شده، با مقدار آب ۳۵۰ لیتر در هکتار و فشار ۲/۵ بار) به کار رفت و به منظور جلوگیری از خسارت به بوته‌های نخود، این دو تیمار تنها در فاصله ردیف کاشت ۵۳ سانتی‌متر اعمال گردید. با توجه به اینکه تیمار کاربرد پیریدات (تیمار شماره ۱۳ در جدول ۲) نیز به عنوان شاهد مد نظر بود، صرفاً در فاصله ردیف توصیه‌شده برای نخود (۳۵ سانتی‌متر) اعمال شد. طی ۳۰ روز بعد از آخرین سم‌پاشی، اندازه‌گیری تراکم و وزن خشک علف‌های هرز (به تفکیک گونه) در سطح یک مترمربع صورت گرفت. ارزیابی چشمی مهار علف‌های هرز نیز در همان روز انجام و با استفاده از روش پیشنهادی شورای تحقیقاتی اروپا (ارزیابی چشمی با روش استاندارد EWRC) به هر تیمار امتیازدهی شد (Sandal et al., 1997). به منظور تعیین میزان خسارت علف‌کش‌های گراماکسون و بتانال پراگرس‌آف روی نخود، مزرعه طی ۱۵ روز بعد از سم‌پاشی بازدید و مشاهدات مربوطه ثبت شد. به منظور تعیین میزان تأثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه نخود، از دو خط میانی هر ردیف و پس از حذف حاشیه‌ها، نمونه‌گیری و عملکرد دانه نخود تعیین گردید. داده‌های آزمایش در زمان مورد نظر جمع‌آوری و توسط نرم‌افزارهای Sas و Mstac تجزیه و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی در دو منطقه همدان و مراغه

Table 1- Soil characteristics of experimental fields in Hamadan and Maragheh

مکان	بافت	ماده آلی (درصد)	اسیدیته	درصد کلسیم
Location	Texture	Organic matherial (%)	pH	Calcium (%)
همدان	شنی-رسی	0.2	8.5	30
Hamadan	Sand-clay			
مراغه	لوم-رسی	1.1	7.4	5.2
Maragheh	Lome-clay			

جدول ۲- تیمارهای آزمایش در دو منطقه مراغه و همدان

Table 2- The experimental treatments in two regions of Hamadan and Maragheh

شماره No.	فاصله ردیف کاشت (سانتی‌متر) Planting row spacing (cm)	تیمارهای علف‌کش ^۱ Herbicides ¹ treatments	مقدار مصرف (میلی لیتر ماده مؤثره در هکتار) Rate (ml ai.ha ⁻¹)	زمان کاربرد Application time
1	35	ایمازتاپیر (پرسوئیت 10% SL) Imazethapyr (Pursuit SL 10%)	100	قبل یا همزمان با کاشت Immediately before or simultaneously with planting
2	35	ایمازتاپیر (پرسوئیت 10% SL) + سیتوگیت Imazethapyr (Pursuit SL 10%) + Cytogate	100	پس‌رویش و در مراحل اولیه رشد علف‌هرز Post and early growth stages of weeds
3	35	اکسی‌فلورفن (گل 24% EC) Oxyfluorfen (Goal EC 24%)	168	بلافاصله بعد از کاشت Immediately after planting
4	35	فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت (بتنال پراگرس اف EC 27.4%) Phenmedipham + Desmedipham + Ethofumesat (Betanal Progress OF, EC 27.4%)	160+100	پس‌رویش و در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری نخود Post and at 10 cm of chickpea height
5	35	فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت (بتنال پراگرس اف EC 27.4%) Phenmedipham + Desmedipham + Ethofumesat (Betanal Progress OF, EC 27.4%)	300+100	پس‌رویش و در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری نخود Post and at 10 cm of chickpea height
6	53	ایمازتاپیر (پرسوئیت 10% SL) Imazethapyr (Pursuit SL 10%)	100	قبل یا همزمان با کاشت Immediately before or simultaneously with planting
7	53	ایمازتاپیر (پرسوئیت 10% SL) + سیتوگیت Imazethapyr (Pursuit SL 10%) + Cytogate	100	پس‌رویش و در مراحل اولیه رشد علف‌هرز Post and early growth stages of weeds
8	53	اکسی‌فلورفن (گل 24% EC) Oxyfluorfen (Goal EC 24%)	168	بلافاصله بعد از کاشت Immediately after planting
9	53	فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت (بتنال پراگرس اف EC 27.4%) Phenmedipham + Desmedipham + Ethofumesat (Betanal Progress OF, EC 27.4%)	160+100	پس‌رویش و در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری نخود Post and at 10 cm of chickpea height
10	53	فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت (بتنال پراگرس اف EC 27.4%) Phenmedipham + Desmedipham + Ethofumesat (Betanal Progress OF, EC 27.4%)	300+100	پس‌رویش و در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری نخود Post and at 10 cm of chickpea height
11	53	ایمازتاپیر (پرسوئیت 10% SL) + پاراکوات (گراماکسون 20% SL) Imazethapyr (Pursuit SL 10%) + Paraquat (Gramoxone SL 20%)	100+600	پیش‌کاشت برای ایمازتاپیر و در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری برای پاراکوات Pre plant for imazethapyr and at 10 cm of chickpea height for paraquat
12	53	پاراکوات ^۲ (گراماکسون 20% SL) Paraquat (Gramoxone SL 20%)	600	در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری نخود at 10 cm of chickpea height
13	35	پیریدات (لنتاگران 60% EC) Pyridate (Lentagran EC 60%)	1200	در مرحله دو تا چهار برگ علف‌های هرز 2-4 weed leaf stage
14	35	شاهد و جین علف‌هرز Weed free control	-	تمام فصل Whole season

۱- به ترتیب نام عمومی، تجاری و فرمولاسیون علف‌کش. مقدار مصرف سیتوگیت در تیمارهای مربوطه به میزان دو درصد در نظر گرفته شد.

۲- مصرف پاراکوات به صورت حفاظت‌شده و در بین ردیف‌های کاشت بود

1- Common and trade name and formulation of herbicides respectively. The amount of Cytogate used in the respective treatments was 2%.

2- Application of paraquat was done in a protected manner and between planting rows.

انجام گردید و در زمان سمپاشی، بوته‌هایی که به مرحله رشدی مورد نظر (مطابق سطوح تیماری) نرسیده بودند، حذف و ارزیابی‌ها براساس تعداد بوته‌های باقی‌مانده در هر گلدان انجام شد. بر این اساس، در هر گلدان دو تا سه بوته حفظ و مابقی حذف گردید. عملیات سمپاشی با استفاده از سمپاش ۲۰ لیتری پشتی ماتابی با نازل شره‌ای (زردرنگ)، با فشار ۲/۵ بار و مقدار آب ۲۳۰ لیتر در هکتار طی مراحل رشدی مورد نظر در تیمارهای آزمایش انجام شد. ارزیابی‌ها براساس وزن خشک تولیدی توسط بوته‌های نخود طی ۳۰ روز بعد از سمپاشی انجام و داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار Mstatc تجزیه شد.

نتایج و بحث

آزمایش مزرعه‌ای

گونه‌های علف‌های هرز موجود در مزرعه آزمایشی در جدول ۳ معرفی شده است. با توجه به پراکندگی علف‌های هرز در هر دو منطقه همدان و مراغه، تجزیه آماری داده‌های آزمایش روی مجموع علف‌های هرز انجام و امکان تفکیک آن براساس گونه میسر نشد. براساس مشاهدات این آزمایش، تعدد گونه‌های غالب در منطقه مراغه بیشتر از منطقه همدان بود.

آزمایش دوم: با توجه به دریافت گزارش‌هایی مبنی بر کاربرد علفکش فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت (بتنال پراگرس اف، ۲۷.۴٪ EC) در زراعت نخود توسط برخی کشاورزان و عدم ثبت این علفکش برای این گیاه، تأثیر این علفکش بر نخود و در شرایط گلخانه‌های تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور (واقع در کرج) مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفت. بدین منظور، دوزهای صفر، ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳ لیتر در هکتار ماده تجاری (معادل صفر، ۴۱۱، ۵۴۸، ۶۸۵ و ۸۲۲ میلی‌لیتر از ماده مؤثره) این علفکش در مرحله رشدی دو، چهار، شش و هشت برگگی نخود مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل (دوز علفکش در پنج سطح و زمان مصرف علفکش در چهار سطح) در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش، بذر نخود (رقم منصور) به‌منظور جلوگیری از شیوع بیماری‌های قارچی با قارچ‌کش‌های کاربندازیم + ایپرودیون (۲۶ درصد سوسپانسیون SC)، تولیدی شرکت پاک سم ایرانیان) به‌میزان دو در هزار ضد عفونی و سپس در گلدان‌هایی به قطر ۲۰ سانتی‌متر و در خاک دو بار استریل کشت شد. دمای روز و شب گلخانه به‌طور روزانه ثبت و در طول دوره آزمایش به‌ترتیب در دمای ۲۲ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. آبیاری گلدان‌ها بسته به نیاز گیاه

جدول ۳- گونه‌های علف‌های هرز غالب در مزرعه آزمایشی در دو منطقه همدان و مراغه

Table 3- Dominant weeds of experimental field in Hamadan and Maragheh

خانواده Family	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	غالبیت Dominance	
			همدان Hamadan	مراغه Maragheh
Brassicaceae	<i>Alyssum</i> spp.	قدومه	-	+++
Brassicaceae	<i>Descurainia sophia</i> L.	خاکشیر خوراکی	+++	-
Asteraceae	<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	تلخه	-	++
Rubiaceae	<i>Galium aparin</i> L.	بی تی راخ	-	++
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	علف هفت بند	+	+++
Fabaceae	<i>Astragalus</i> sp.	گون	+++	-
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i> spp.	فرفیون	-	+
Fumariaceae	<i>Fumaria parviflora</i> Lam.	شاه تره	+	++
Poaceae	<i>Poa</i> spp.	چمن پیازی	-	+
Caryophyllaceae	<i>Gypsophila</i> spp.	گچ دوست	-	+
Liliaceae	<i>Allium</i> spp.	سیر وحشی	-	++
Apiaceae	<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	غاز یاغی	-	++
Geraniaceae	<i>Geranium</i> spp.	شمعدانی وحشی	-	+++

+, ++, +++ و - به‌ترتیب غالبیت کم، متوسط، بالا و عدم مشاهده علف‌هرز در منطقه می‌باشند
+, ++, +++ and -: are low, medium, high dominance and Absence of weeds in location

مترمربع (به‌ترتیب برای همدان و مراغه) کمترین وزن خشک علف‌های هرز و همچنین با ۹۴/۴ و ۶۹/۹ درصد، بیشترین کاهش وزن خشک نسبت به شاهد هر کرت را ثبت و به‌عنوان بهترین تیمار معرفی شد. با این حال، تفاوت این تیمار با برخی دیگر از تیمارهای علف‌کشی در مراغه (مثل پیریدات، اکسی‌فلورفن، فن‌دساتو (سه لیتر در هکتار) و کاربرد ایمازتاپیر به‌تنهایی) معنی‌دار نشد (جدول ۴). بررسی درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز نسبت به شاهد هر کرت در همدان نیز نشان داد که کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر + پاراکوات با بیش از ۹۴ درصد کاهش، بیشترین مهار علف‌های هرز را به دنبال داشت. این در حالی بود که در تیمارهای کاربرد فن‌دساتو (در مقدار ۱/۶ لیتر در هکتار) و اکسی‌فلورفن، کمترین درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز ثبت شد (جدول ۴). در منطقه مراغه کارایی علف‌کش‌ها پایین‌تر و درصد کنترل علف‌های هرز کمتر از همدان بود. با این حال، بیشترین درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز در این منطقه به تیمار ایمازتاپیر (با و بدون سیتوگیت و پاراکوات) و فن‌دساتو (در مقدار سه لیتر در هکتار) اختصاص یافت (جدول ۴).

وزن خشک علف‌های هرز: نتایج تجزیه واریانس

داده‌های آزمایش در هر دو منطقه همدان و مراغه حاکی از تأثیر معنی‌دار تیمار بر وزن خشک کل علف‌های هرز (مقدار در واحد سطح و درصد نسبت به شاهد هر کرت) بود (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است). براساس نتایج این بررسی در دو منطقه مراغه و همدان، مصرف مقدار ۱/۶ لیتر در هکتار از علف‌کش فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت (فن‌دساتو) در فاصله ردیف کاشت ۵۳ سانتی‌متر و بعد از شاهد آلوده، بالاترین وزن خشک علف‌های هرز را دارا بود و حتی این تیمار در مراغه، هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن خشک علف‌های هرز نداشت و تفاوت آن با شاهد آلوده نیز معنی‌دار نشد (جدول ۴). این تیمار و تیمار کاربرد فن‌دساتو (در فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر) در مراغه به‌ترتیب با میانگین ۸۲/۲ و ۶۸/۸ و در همدان با میانگین ۴۴/۴ و ۴۰/۶ گرم بر مترمربع و پس از شاهد آلوده (به‌ترتیب با میانگین ۱۰۴/۳ و ۱۲۱/۴ گرم بر مترمربع برای مراغه و همدان) بالاترین وزن خشک علف‌های هرز را ثبت کردند. در بین سایر تیمارهای آزمایش، کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر + پاراکوات با میانگین‌های ۷/۱ و ۳۰/۴ گرم در

جدول ۴- میانگین تأثیر تیمارهای آزمایش بر وزن خشک کل علف‌های هرز (گرم در مترمربع و درصد نسبت به شاهد هر کرت) طی ۳۰ روز بعد از

سم‌پاشی در همدان و مراغه

Table 4- Mean effects of experimental treatments on total weed dry weight (g.m^{-2} and reduction % in Comparison to control, 30 days after spraying) in Hamadan and Maragheh

تیمار Treatments	مقدار مصرف (میلی‌لیتر ماده مؤثره در هکتار) Rate (ml ai.ha^{-1})	فاصله ردیف (سانتی‌متر) Row spacing (cm)	وزن خشک Dry weight			
			همدان Hamadan		مراغه Maragheh	
			گرم بر مترمربع (g.m^{-2})	% نسبت به شاهد (compared to the control)	گرم بر مترمربع (g.m^{-2})	% نسبت به شاهد (compared to the control)
Imazethapyr	100	35	16.9 e*	85 b	34.9 ef	66.1 ab
Imazethapyr	100	53	18.2 e	84.7 b	42.9 def	58.4 a-e
Imazethapyr + Cytogate	100	35	19 e	84.5 b	51.6 c-f	49 a-e
Imazethapyr + Cytogate	100	53	18.7 e	84.7 b	39.7 def	61.3 abc
Oxyfluorfen	168	35	30.3 d	74.6 c	68 bc	34.4 def
Oxyfluorfen	168	53	29.3 d	75.9 c	42.5 def	59 a-d
Phen.Des.Etho (1.6) ¹	160 + 100	35	40.6 c	66.1 d	68.8 bc	20.3 f
Phen.Des.Etho (1.6)	160 + 100	53	44.4 b	64.3 d	82.2 ab	33.7 ef
Phen.Des.Etho (3)	300 + 100	35	18.7 e	85.5 b	35.6 ef	64.3 ab
Phen.Des.Etho (3)	300 + 100	53	18.2 e	84.8 b	59.1 b-e	42.7 b-f
Imazethapyr + Paraquat	100 + 600	53	7.1 f	94.4 a	30.7 f	69.9 a
Paraquat	600	53	17.9 e	84.9 b	63.5 bcd	39.1 c-f
Pyridate	1200	35	17.6 e	84.9 b	43.3 def	57.9 a-e
Control (weed infested)	-	35	121.4 a	-	104.3 a	-

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

مقدار مصرف سیتوگیت در تیمارهای مربوطه دو درصد ماده تجاری می‌باشد.

فن‌دساتو مخفف فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت است

In each column, means with the same letter have no significant difference (Duncan, $p \leq 0.05$).

The amount of Cytogate used in the respective treatments was 2%.

Phenmedipham + Desmedipham + Ethofumesat (1.6 and 3 L.ha⁻¹)

در زراعت عدس (*Lens culinaris Medicus*) نیز با افزایش ۵۰ و ۱۵۰ درصدی تراکم، درصد کنترل علف‌های هرز به ترتیب ۳۳ و ۷۷ درصد افزایش یافت (Boerboom & Young, 1995). برخلاف گزارش‌های فوق و براساس نظر کمپبل (Campbell, 2016)، تراکم به تنهایی قادر به افزایش توان رقابت نخود و عدس نخواهد شد، چرا که ساختار پوشش گیاهی با جذب تشعشع در ارتباط است و نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد گیاه دارد.

ارزیابی چشمی

نتیجه ارزیابی چشمی تأثیر تیمارهای علف‌کش بر بوته‌های نخود و همچنین علف‌های هرز موجود در کرت‌های آزمایشی در جدول ۵ ارائه شده است. براساس نتایج این ارزیابی در منطقه همدان، پیریدات، پاراکوات، ایمازتاپیر، فن‌دساتو (در مقدار سه لیتر در هکتار) و ترکیب ایمازتاپیر + پاراکوات بیشترین درصد کنترل علف‌های هرز (با دامنه ۸۵ تا ۹۵ درصد) را ثبت کردند و کمترین درصد کنترل به اکسی‌فلورفن و فن‌دساتو (با مقدار ۱/۶ لیتر در هکتار) به ترتیب به میزان ۷۵ و ۶۵ درصد اختصاص یافت (جدول ۵). در بین علف‌کش‌های مصرفی، اکسی‌فلورفن و پیریدات در هر دو منطقه همدان و مراغه، هیچ‌گونه خسارتی به بوته‌های نخود وارد نیاوردند و این در حالی بود که ایمازتاپیر در ۴۵ تا ۶۶ درصد بوته‌های نخود گیاه‌سوزی ایجاد کرد و رشد این گیاه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۵). زمانی که ایمازتاپیر به صورت پیش‌رویش مورد استفاده قرار گرفت، درصد سبز نخود در منطقه همدان و برخلاف مراغه کاهش یافت و این در حالی بود که مصرف پس‌رویش این علف‌کش، رشد نخود را تحت تأثیر قرار داد و بوته‌های این گیاه حالت جارویی به خود گرفتند. هرچند بعد از گذشت زمان، بوته‌های نخود رشد عادی خود را بازیافتند، اما به دلیل سپری شدن زمان و نزدیکی به پایان فصل، عملکرد مطلوبی حاصل نشد. مصرف فن‌دساتو نیز در نخود موجب کلروز برگ‌ها، کاهش رشد بوته و ارتفاع این گیاه شد و از این جهت، کاربرد این علف‌کش به خصوص در مقادیر بالا (سه لیتر در هکتار) در نخود توصیه نمی‌شود.

در تیمار کاربرد پاراکوات، هرچند انجام سم‌پاشی با استفاده از سم‌پاش‌های دارای محافظ نازل انجام شد، اما کم‌دقتی راننده تراکتور و بادبردگی پاراکوات متصاعدشده در فضا موجب خسارت جزئی به بوته‌های نخود شد که البته بعد از گذشت چند روز، بوته‌های نخود رشد طبیعی خود را بازیافتند.

براساس نتایج آزمایش و صرف نظر از علف‌کش مورد استفاده، وزن خشک گونه‌های هرز در فاصله ردیف کاشت ۳۵ سانتی‌متر مشابه فاصله ردیف کاشت ۵۳ سانتی‌متر بود (جدول ۴). بر این اساس و در صورت بالا بودن کارایی علف‌کش، کاشت نخود در فاصله ردیف ۵۳ سانتی‌متر موجب افزایش جمعیت علف‌های هرز نشد و این در حالی بود که در این آرایش، امکان ورود تراکتور به مزرعه، کاربرد ادوات مکانیکی و استفاده از تجهیزات سم‌پاش دارای محافظ جهت کاربرد علف‌کش‌های عمومی فراهم گردید و مدیریت علف‌های هرز با خطر و خسارت کمتر به نخود انجام شد. هرچند انتظار می‌رفت که با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۳۵ به ۵۳ سانتی‌متر، توازن رقابت درون و برون گونه‌ای به هم خورده و آثار آن در وزن خشک نخود و علف‌های هرز مشاهده شود، اما به دلیل ساختار ضعیف تاج‌پوش نخود در شرایط دیم (رشد آهسته در ابتدای جوانه‌زنی، ارتفاع کم و تاج‌پوش باز) و عدم توان آن در رقابت با علف‌های هرز (Najafi et al, 2023, Mohammed et al., 2020)، حتی فاصله بیشتر ردیف کاشت، باعث افزایش قدرت رقابت در این گیاه نشد. باید توجه داشت که به کارگیری روش‌های مختلف در برنامه‌های کنترل تلفیقی (IWM) علف‌های هرز تحت تأثیر گونه گیاه زراعی قرار دارد و نقش رقم در موفقیت این برنامه‌ها اختصاصی است و از این جهت، ممکن است راهبردهایی که در یک محصول زراعی موفقیت‌آمیز است، در گیاه دیگر کارآمد نباشد (Mohammed et al., 2020). ارقام مورد استفاده در این آزمایش، رقم منصور با متوسط ارتفاع ۵۲ سانتی‌متر و رقم آنا با متوسط ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر بودند که همین خصوصیت، امکان رقابت با علف‌های هرز را از این ارقام سلب کرده بود. البته اگر کاهش فاصله ردیف کاشت همراه با افزایش تراکم گیاه زراعی باشد، می‌تواند در افزایش توان رقابت آن تأثیر بگذارد (Benaragama & Shirtliffe, 2013)، اما در این آزمایش، تراکم نخود در هر دو فاصله ردیف کاشت ثابت در نظر گرفته شده بود و این می‌تواند دلیل احتمالی عدم تأثیر معنی‌دار این عامل در ارزیابی‌ها باشد. این در حالی است که براساس نتایج بررسی‌های موسوی و پزشکیپور (Mousavi & Pezeshkpour, 2006)، کاهش فاصله ردیف کاشت از ۵۰ به ۳۰ سانتی‌متر موجب افزایش عملکرد دانه و همچنین عملکرد بیولوژیک نخود شد. در خصوص سایر گیاهان زراعی نیز گزارش‌های مشابهی در دست است، به طوری که اصلاح الگوی کاشت و افزایش تراکم گندم باعث کاهش ۶۰ درصدی در جمعیت علف‌های هرز و افزایش ۶۰ درصدی در عملکرد این گیاه شد (Weiner et al., 2001).

جدول ۵- ارزیابی چشمی مهار علف‌های هرز و خسارت تیمارهای علف‌کشی بر بوته‌های نخود

Table 5- Visual evaluation of treatments on weeds and chickpea

تیمار Treatments	مقدار مصرف (میلی لیتر ماده مؤثره در هکتار) Rate (ml ai.ha ⁻¹)	فاصله ردیف (سانتی متر) Row spacing (cm)	ارزیابی چشمی Visual evaluation			
			علف هرز Weeds		نخود Chickpea	
			همدان Hamadan	مراغه Maragheh	همدان Hamadan	مراغه Maragheh
Imazethapyr	100	35	85	77	50	45
Imazethapyr	100	53	85	70	50	66
Imazethapyr + Cytogate	100	35	85	70	25	22
Imazethapyr + Cytogate	100	53	85	85	25	15
Oxyfluorfen	168	35	75	70	0	0
Oxyfluorfen	168	53	75	75	0	0
Phen.Des.Etho (1.6) ¹	160 + 100	35	65	70	5	15
Phen.Des.Etho (1.6)	160 + 100	53	65	58	5	8
Phen.Des.Etho (3)	300 + 100	35	85	85	40	33
Phen.Des.Etho (3)	300 + 100	53	85	77	40	42
Imazethapyr + Paraquat	100 + 600	53	95	90	65	70
Paraquat	600	53	85	75	15	23
Pyridate	1200	35	85	80	0	0

مقدار مصرف سیتوگیت در تیمارهای مربوطه دو درصد ماده تجاری می‌باشد.

فن‌دساتو مخفف فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت است

The amount of Cytogate used in the respective treatments was 2%.

Phenmedipham + Desmedipham + Ethofumesat (1.6 and 3 L.ha⁻¹)

عملکرد دانه نخود

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش در هر دو منطقه حاکی از تأثیر معنی‌دار تیمار بر عملکرد دانه نخود بود (میانگین مربعات نشان داده نشده است)، اما این تأثیر تنها در مورد علف‌کش‌های مختلف مشاهده شد و آرایش کاشت تأثیری بر عملکرد دانه نخود نداشت. بررسی درصد افزایش وزن دانه نخود نسبت به شاهد آلوده در هر دو منطقه همدان و مراغه نشان داد که پس از تیمار شاهد وجین (که در مقایسه با شاهد آلوده به ترتیب در همدان و مراغه بیش از ۱۹۰ و ۱۲۰ درصد باعث افزایش عملکرد دانه شد)، عملکرد نخود در تیمارهای پیریدات، کاربرد حفاظت‌شده ایمازتاپیر + پاراکوات و اکسی‌فلورفن در بیشترین مقدار بود. کمترین درصد افزایش عملکرد (در مقایسه با شاهد آلوده) نیز در مراغه و همدان برای تیمار کاربرد فن‌دساتو (سه لیتر در هکتار) ثبت شد که البته تفاوت آن با تیمارهای کاربرد فن‌دساتو (در مقدار ۱/۶ لیتر در هکتار)، ایمازتاپیر و ایمازتاپیر + سیتوگیت معنی‌دار نشد (جدول ۶). هرچند این دو علف‌کش

تأثیر مطلوبی بر جمعیت علف‌های هرز داشتند، اما به دلیل خسارت به نخود، عملکرد دانه در این گیاه در حداقل مقدار بود. این نتیجه با گزارش موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2010) تطابق داشت، به‌طوری‌که کاربرد پیش‌کاشت و پیش‌رویشی ایمازتاپیر در این آزمایش، علی‌رغم مهار ۸۰ درصدی علف‌های هرز و به دلیل گیاه‌سوزی شدید در نخود، موجب کاهش عملکرد دلنه آن شد. در این بررسی، کاربرد پس‌رویشی پیریدیت، پیش‌رویشی فومسافن، سیمازین و مخلوط سیمازین + پرومترین، برترین تیمارهای علف‌کشی به لحاظ حداقل اثرات گیاه‌سوزی روی نخود و داشتن تأثیر کنترلی مناسب روی گونه‌های علف‌هرز بودند. ویسی و همکاران (Veisi et al., 2019) نیز معتقدند که علف‌کش‌های پیش‌رویش در زراعت نخود بهتر از علف‌کش‌های پس‌رویش هستند، اما در بین علف‌کش‌های پس‌رویش نیز پیریدات از کارایی بالاتری در مهار علف‌های هرز برخوردار است. خسارت اکسی‌فلورفن به نخود در گزارش یوسفی و همکاران (Yousefi et al., 2006) نیز تأیید شد.

جدول ۶- تأثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه نخود (درصد افزایش نسبت به شاهد آلوده) در دو منطقه همدان و مراغه

Table 6- Treatment effects on chickpea grain yield (increase (%) in comparison to infested control) in Hamadan and Maragheh

تیمار Treatments	فاصله ردیف (سانتی متر) Row spacing (cm)	عملکرد دانه (%) Grain yield (%)	
		همدان Hamadan	مراغه Maragheh
Mazethapyr	35	51.8 d	34.7 ef
Imazethapyr	53	47.8 d	35.8 ef
Imazethapyr + Cytogate	35	88.3 c	42.4 de
Imazethapyr + Cytogate	53	91.9 bc	44.8 de
Oxyfluorfen	35	122.7 b	65.7 cde
Oxyfluorfen	53	115.8 b	71 bc
Phen.Des.Etho (1.6) ¹	35	91.4 c	42.5 ef
Phen.Des.Etho (1.6)	53	84.9 c	48.7 de
Phen.Des.Etho (3)	35	45.9 d	26.7 f
Phen.Des.Etho (3)	53	88.7 c	22.9 f
Imazethapyr + Paraquat	53	111.7 b	83 b
Paraquat	53	71.8 c	61.2 cde
Pyridate	35	125.4 b	75.4 bc
Control	35	192 a	120.4 a

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

مقدار مصرف سیتوگیت در تیمارهای مربوطه دو درصد ماده تجاری می‌باشد

فن‌دس‌اتو مخفف فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت است

In each column, means with the same letter have no significant difference (Duncan, $p \leq 0.05$).

The amount of Cytogate used in the respective treatments was 2%.

Phenmedipham + Desmedipham + Ethofumesat (1.6 and 3 L.ha⁻¹)

آزمایش گلخانه‌ای

براساس مشاهدات این آزمایش، حتی در کمترین مقدار

مصرف علف‌کش (دوز ۱/۵ لیتر در هکتار از ماده تجاری) نیز حدود ۲۰ درصد افت وزن خشک در نخود مشاهده شد. این مقدار براساس ارزیابی چشمی حدود ۷ تا ۱۰ درصد بود که می‌تواند بر عملکرد انتهای فصل تأثیرگذار باشد و از این جهت، کاربرد این علف‌کش در نخود براساس نتایج گلخانه قابل توصیه نیست. بررسی‌های گلخانه‌ای نشان داد که با افزایش مقدار مصرف علف‌کش در تمام مراحل رشد گیاه، ارتفاع نخود کاهش و اندام‌های هوایی آن ضعیف شدند (شکل ۱). کلروز برگ‌های پایین در گیاه از جمله دیگر علائمی بود که در نخود و پس از کاربرد این علف‌کش مشاهده شد که البته دوام نداشت و پس از مدتی رفع شد.

نتیجه تجزیه واریانس داده‌های آزمایش در گلخانه حاکی از تأثیر معنی‌دار تیمار دوز و زمان کاربرد علف‌کش فن‌دس‌اتو و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک نخود بود (جدول آنالیز واریانس ارائه نشده است). با توجه به معنی‌دار بودن اثرات متقابل بین تیمارهای آزمایش، اثرات ساده مورد مقایسه قرار نگرفتند و مقایسه میانگین‌ها صرفاً روی اثرات متقابل انجام شد. نتیجه مقایسه میانگین اثرات متقابل زمان سم‌پاشی و مقدار مصرف علف‌کش نشان داد که در تمامی مراحل رشد و با افزایش دوز مصرف علف‌کش، میزان خسارت به نخود افزایش و این خسارت در دوزهای ۲/۵ و ۳ لیتر در هکتار و در مرحله رشدی دوبرگی نخود در بیشترین مقدار بود (جدول ۷).

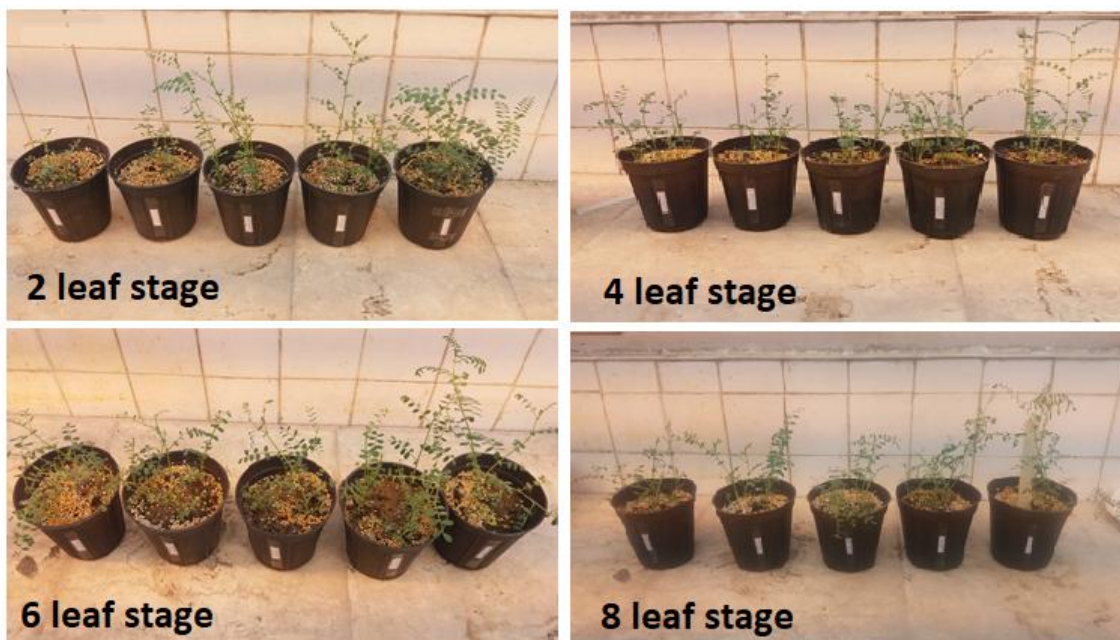
جدول ۷- تأثیر زمان و مقدار کاربرد علف‌کش فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت (بتانال پراگرس اف ۲۷.۴٪) بر درصد کاهش وزن خشک نخود نسبت به شاهد و ارزیابی چشمی خسارت وارده به نخود

Table 7- Effect of dose and application time of Phenmedipham + Desmedipham + Ethofumesat (Betanal progress OF 27.4%) on chickpea dry weight reduction compared with control and visual damage assessment of chickpea

مرحله رشد نخود Leaf stage of chickpea	مقدار کاربرد علف‌کش (میلی لیتر بر هکتار) Herbicide dose (ml ai.ha ⁻¹)	وزن خشک (%) Dry weight (%)	ارزیابی چشمی (%) Visual damage (%)
2	411	20.8 e	7.5 fg
	548	30.1 cde	10 efg
	685	67.6 a	32.5 b
	822	67.0 a	46.2 a
4	411	24.1 de	8.7 fg
	548	54.4 ab	16.2 defg
	685	28.0 cde	6.2 g
	822	64.2 a	30 bc
6	411	53.3 ab	27.5 bcd
	548	55.7 ab	18.7 cdef
	685	35.4 cde	26.2 bcd
	822	54.1 ab	31.2 b
8	411	33.2 cde	6.2 g
	548	33.8 cde	0 g
	685	40.5 bcd	21.2 bcde
	822	44.3 bc	13.7 efg

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

* In each column, means with the same letter have no significant difference (Duncan, $p \leq 0.05$).



شکل ۱- تأثیر کاربرد مقادیر مختلف علف‌کش فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت بر نخود

Fig. 1- Effects of different doses of Phenmedipham + Desmedipham + Ethofumesate on height and canopy structure of chickpea در تمامی شکل‌ها، اولین گلدان از سمت راست، شاهد بدون علف‌کش می‌باشد و پس از آن، به ترتیب دوزهای ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳ لیتر در هکتار از ماده تجاری اعمال شده است.

In each figure, the first pot (from right) is control, and others are herbicide treatments (at 1.5, 2, 2.5, 3 L.ha⁻¹ respectively).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش و در بین علفکش‌های مورد استفاده، پیریدات، ایمازتاپیر، ایمازتاپیر + پاراکوات و فن‌دساتو در مقدار سه لیتر در هکتار، بیشترین کاهش وزن خشک علف‌های هرز را به دنبال داشتند و در این بین، کاربرد حفاظت‌شده ایمازتاپیر + پاراکوات با ۹۵ درصد کاهش وزن خشک نسبت به شاهد عدم سم‌پاشی، برترین تیمار معرفی شد. این در حالی بود که اکسی‌فلورفن و فن‌دساتو (در مقدار ۱/۶ لیتر در هکتار) با کمترین تأثیر، در رتبه‌های انتهایی قرار گرفتند. عملکرد نخود نیز در تیمارهای کاربرد پیریدات و تیمار ترکیبی ایمازتاپیر + پاراکوات در بیشترین مقدار بود. با توجه به اینکه افزایش فاصله ردیف کاشت نخود از ۳۵ به ۵۳ سانتی‌متر تأثیری بر جمعیت علف‌های هرز و نخود نداشت، امکان کاربرد علفکش عمومی در مزرعه و با استفاده از سم‌پاش‌هایی با نازل‌های حفاظت‌شده را فراهم کرد و از این طریق، کنترل شیمیایی علف‌های هرز در نخود و به‌خصوص کاربرد علفکش‌های عمومی و غیرانتخابی با کارایی بالاتری انجام شد. بنابراین، برای تسهیل ورود تراکتو و سم‌پاش به مزرعه، اصلاح آرایش کاشت نخود و افزایش فواصل ردیف

کاشت تا ۵۳ سانتی‌متر ضروری و امکان‌پذیر است. در این حالت، علف‌های هرز موجود در بین ردیف‌های کاشت توسط علفکش عمومی از بین خواهند رفت و بوته‌های نخود در شرایط آلودگی کم جوانه زده و تاج‌پوش خود را کامل خواهند کرد. با توجه به حذف علفکش پاراکوات از لیست فهرست آفت‌کش‌های مجاز کشور، کاربرد این علفکش توصیه نمی‌شود، اما به‌جای آن می‌توان از دیگر علفکش‌های تماسی غیرانتخابی در سم‌پاش‌های مجهز به نازل حفاظت‌شده بهره جست.

سیاسگزاری

این آزمایش در قالب پروژه مصوب به شماره ۰۸۵-۹۹۰۶۴۳-۰۳-۱۶-۱۶۱۵ و به‌صورت مشترک بین دو مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور (بخش تحقیقات گیاهپزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان) و مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور اجرا شد که بدینوسیله از همکاری این دو مجموعه جهت فراهم آوردن امکانات لازم سپاسگزاری می‌شود.

References

- Anonymous. (2022). Agricultural Statistics (Crops 2021-2022). Statistics, Information and Communication Technology Center. Ministry of Jihad - E- Agriculture. Tehran, Iran. p. 103.
- Babaei, S., Lahooni, S., Mousavi, S. K., Tahmasebi, I., Sabeti, P., & Abdulahi, A. (2022). Efficiency of herbicides for weed control in chickpea and effect of their residues on wheat growth. *Agronomía Colombiana*, 40(2), 249-257. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v40n2.101580>
- Benaragama, D., & Shirlcliffe, S. J. (2013). Integrating cultural and mechanical methods for additive weed control in organic systems. *Agronomy Journal*, 105, 1728-1734. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0007>
- Boerboom, C. M., & Young, F. L. (1995). Effect of postplant tillage and crop density on broadleaf weed control in dry pea (*Pisum sativum*) and lentil (*Lens culinaris*). *Weed Technology*, 9, 99-106. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00023022>
- Campbell, J. (2016). Controlling weeds in Pacific Northwest pulse crops. *Crops Soils*, 49, 24-26. <https://doi.org/10.2134/cs2016-49-2-8>
- FAO. (2023). FAOSTAT. <http://faostat.fao.org>. [Verified 2 September 2024].
- Gan, Y., Warkentin, T. D., Chandrasekaran, R., Gossen, B. D., Wolf, T., & Banniza, S. (2009). Effects of planting pattern and fungicide application systems on ascochyta blight control and seed yield in chickpea. *Agronomy Journal*, 101(6), 1548-1555. <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0188>
- Hoseinian Khoshroo, H., Pourali Baba, H. R., Eskandari, A., Gahramanian, G., & Jahangiri, G. (2019). Rain feed farming of chickpea. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Dryland Agricultural Research in Statute. p. 9.
- Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L., & Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *British Journal of Nutrition*, 108, 11-26. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>
- Mitkov, A., Yanev, M., Neshev, N., & Tonev, T. (2017). Possibilities for chemical control of the weeds at chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crop Production 52nd Croatian and 12th International Symposium on Agriculture February 12-17, 2017, Dubrovnik, Croatia.
- Mohammed, Y. A., Miller, Z., Hubbel, K., & Chen, C. (2020). Variety and weed management effects on organic chickpea stand establishment and seed yield. *Agrosystems, Geoscience and Environment*, 3(1), 1-11. <https://doi.org/10.1002/agg2.20035>

- Mousavi, S. K., & Pezeshkpour, P. (2006). Effects of planting pattern on pea (*Pisum sativum* L.) production in dryland situation of Lorestan province. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 4(8), 375-384. <https://doi.org/10.22067/GSC.V4I2.1275>
- Mousavi, K., Sabeti, P., Jafarzadeh, N., & Bazazi, D. (2010). Evaluation of some herbicides efficacy for weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 1(1), 19-31. <https://doi.org/10.22067/ijpr.v1i1.6326>
- Najafi, H. (2014). Non-Chemical Weed Management (Second Edition). Paak Pendaar Publication, Iran. p. 317.
- Najafi, H., Nazer Khakhki, H., & Soheili, B. (2023). Soil-applied herbicides optimization possibility in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) via incorporated by sowing system (IBS). *Iranian Journal of Pulses Research*, 14(2), 55-71. <https://doi.org/10.22067/IJPR.2023.76756.1036>
- Plew, J. N., Hill, G. D., & Dastgheib, F. (1994). Weed control in chickpeas (*Cicer arietinum*). Proceedings Agronomy Society of N.Z. 24.
- Sandral, G. A., Dear, B. S., Pratley, J. E., & Cullis, B. R. (1997). Herbicide dose response rate response curve in subterranean clover determined by a bioassay. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37(1), 67-74. https://www.researchgate.net/publication/240507609_Herbicide_dose_rate_response_curves_in_subterranean_clover_determined_by_a_bioassay
- Taran, B., Holm, F., & Banniza, S. (2013). Response of chickpea cultivars to pre-and post- emergence herbicide applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 93, 279-286. <https://doi.org/10.4141/cjps2012-167>
- Tepe, I., Erman, M., Yergin, R., & Bükün, B. (2011). Critical period of weed control in chickpea under non-irrigated conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(5), 525-534. <https://doi.org/10.3906/tar-1007-956>
- Veisi, M. (2018). Weeds Identification and Management in Chickpea Farming System. Agricultural Research, Education and Extension Organization Iranian Research Institute of Plant Protection. p. 28.
- Veisi, M., Mansoori, M. S., & Ghiasvand, M. (2019a). Survey of possibility weed control in fall and entezari chickpea fields. Final Report of Research Project. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Iranian Research Institute of Plant Protection. p. 36.
- Veisi, M., Mansoori, M. S., & Jahedi Tork, A. (2019b). Investigation the effect of new herbicides on weed control in rainfed winter chickpea. Final Report of Research Project. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Iranian Research Institute of Plant Protection. p. 42.
- Veisi, M., Zand, E., Minbashi Moeini, M., & Basiri, K. (2019). Review of research on weed management of chickpea in Iran: Challenges, strategies and perspectives. *Journal of Plant Protection Research*, 60(2), 113-125. <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.132212>
- Weiner, J., Griepentrog, H. W., & Kristensen, L. (2001). Suppression of weeds by spring wheat *Triticum aestivum* increases with crop density and spatial uniformity. *Journal of Applied Ecology*, 38, 784-790. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00634.x>
- Yousefi, A. R., Alizadeh H. M., Preston, C., Watts, J. H., Cossman, N. D. (2006). Investigation of single and integrated application of different herbicides on chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield and its components in winter sowing. p. 420-422. In: Proceedings of the 15th Australian Weeds Conference "Managing Weeds in a Changing Climate". 24-28 September 2006, Adelaide, South Australia.



<https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.90778.1101>

Evaluation of Grain Yield Stability of Lentil Genotypes using Non-Parametric Statistics and AMMI Analysis

Amin Namdari^{1*}, Payam Pezeshkpoor², Mohammad Barzali³, Asghar Mehraban⁴,
Amir Mirzaie⁵, Mostafa Haghpahan¹

Cite this article:

Received: 16-11-2024

Revised: 25-02-2025

Accepted: 01-03-2025

Available Online: 01-03-2025

Namdari, A., Pezeshkpoor, P., Barzali, M., Mehraban, A., Mirzaie, A., & Haghpahan, M. (2025). Evaluation of grain yield stability in lentil (*Lens culinaris*) genotypes using non-parametric statistics and AMMI analysis. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 131-143. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.90778.1101>

Introduction

To identify and introduce cultivars with high yield and stability, evaluating the genotype-by-environment interaction in multi-environment trials is of paramount importance. One of the most significant challenges for lentil breeders is selecting genotypes with high yield across diverse environments. Assessing genotypes in different environments can lead to the identification of genotype(s) with high yield potential and yield stability. Genotypes exhibiting lower responses to environmental effects typically have lower genotype $\times$ environment interactions and are desirable selections for breeders, especially if they demonstrate higher yield potential compared to control. Various univariate and multivariate methods exist for evaluating genotype-environment interactions. This study evaluated the grain yield stability of advanced lentil genotypes in tropical climates using two methods: univariate (non-parametric statistics) and multivariate (additive main effects and multiplicative interaction, AMMI).

Materials and Methods

Fifteen selected genotypes along with two check cultivars, Gachsaran and Sephar, were evaluated in a randomized complete block design with three replications across eight environments (four warm and semi-warm regions: Gachsaran, Khorramabad, Moghan, and Ilam over two years). Each experimental plot consisted of four rows, 6 meters long, with a plant density of 200 plants per square meter. Grain yield was measured after harvest. To analyze the data, after ensuring the homogeneity of error variances across environments using Bartlett's test, a combined analysis of variance was performed for the eight studied environments. The METAN package in the Rver4.3.2 statistical software was used for AMMI analysis, calculation of non-parametric statistics, and plotting AMMI1 and AMMI2 biplots.

Results and Discussion

The results of the combined analysis of variance for grain yield (based on the AMMI model) showed that the effects of environment, genotype and the interaction of genotype $\times$ environment were significant at the statistical probability level of 1%. Considering the significance of the genotype $\times$ environment interaction, it is possible to perform stability analyze on data in order to interpret this interaction. Stability analysis using the non-parametric TOP statistic, identified genotypes

- 1- Dryland Agricultural Research Institute, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gachsaran, Iran
- 2- Dryland Agricultural Research Institute, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran
- 3- Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gonbad, Iran
- 4- Dryland Agricultural Research Institute, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Moghan, Iran
- 5- Dryland Agricultural Research Institute, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ilam, Iran

* Corresponding Author: namdari@ut.ac.ir



©2025 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

12 and 10 as the most stable genotypes. The Kang statistic also ranked genotypes 12 and 13 as the best genotypes. Among the non-parametric statistics, TOP and Kang placed high-yielding genotypes at the top of the yield stability rankings, whereas the rankings based on Thennarasu, Nassar and Huehn statistics favored genotypes with lower mean yields. According to the Thennarasu statistic, genotypes 5, 6, and 2 were identified as the most stable, but all three had low mean yields. Similarly, genotypes with high yield stability based on the Nassar and Huehn statistics, had low mean yields. By calculating the SIIG statistic and considering all non-parametric statistics, genotype 12 was found to have the best combination of yield and yield stability. In addition to this genotype, genotypes 13, 1, and 11 could also be considered desirable, considering both yield and stability. One of the most widely used multivariate methods for stability analysis is the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. The results of the combined analysis of variance for grain yield based on the AMMI model showed that the first three principal components of the genotype $\times$ environment interaction were significant, explaining approximately 40.4%, 26.5%, and 19.8% (a total of 86.7% for the first three components and 67.1% for the first two components) of the genotype $\times$ environment interaction, respectively. The AMMI1 biplot, considering mean grain yield and the value of the first principal component, identified genotypes 10, 11, and 12 as superior genotypes. The AMMI2 biplot, considering the values of the first and second principal components, also identified genotype 12 as the most stable in terms of grain yield. The two check cultivars, Gachsaran and Sephar, showed lower yield stability than the superior genotypes based on both biplots. Genotypes positioned at the center of the biplot exhibit general stability and are recommended for cultivation across most of the investigated environments. In contrast, genotypes located farther from the center and closer to specific environments demonstrate stability exclusive to those environments. In this regard, genotype 3 exhibited specific adaptation to environment 4, while genotypes 13 and 14 showed specific adaptation to environments 2 and 1, respectively.

Conclusions

Based on the obtained results, genotype 12 stands out as the best performer in terms of both high yield and stability. Therefore, it can be considered a promising candidate for release as a new cultivar in warm and semi-warm regions.

Keywords: Adaptation, *Lens culinaris*, Stable genotype, SIIG Statistic, Tropical and semi tropical climate



پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris*) با استفاده از آماره‌های ناپارامتری و روش چند متغیره تجزیه AMMI

امین نامداری^{۱*}، پیام پزشکپور^۲، محمد برزعلی^۳، اصغر مهربان^۴، امیر میرزایی^۵، مصطفی حق پناه^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۱

چکیده

شناسایی ژنوتیپ‌هایی با میانگین و پایداری عملکرد بالا، یکی از هدف‌های عمده در برنامه‌های به‌نژادی گیاهان زراعی می‌باشد. در این پژوهش، پایداری عملکرد دانه ۱۵ لاین پیشرفته عدس (*Lens culinaris*) به همراه دو رقم شاهد گچساران و سپهر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در هشت محیط (چهار منطقه گچساران، خرم‌آباد، مغان و ایلام طی دو سال) مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون همگنی واریانس‌ها توسط آزمون بارتلت انجام شد و با توجه به همگنی واریانس‌ها، تجزیه مرکب برای هشت محیط انجام پذیرفت. براساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط بسیار معنی‌دار بود و برای ارزیابی این برهم‌کنش، روش‌های تجزیه پایداری مورد استفاده قرار گرفت. آماره ناپارامتری TOP، ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۰ را به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها نشان داد و آماره کانگ نیز ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۳ را در رتبه‌های برتر قرار داد. آماره‌های تنارزو، نصار و هیون، ژنوتیپ‌های با میانگین عملکرد پایین را در رتبه‌های برتر قرار دادند و عموماً ژنوتیپ‌های پرمعمکرد در رتبه‌های بالایی قرار نداشتند. با محاسبه آماره SIIG و در نظر گرفتن همه آماره‌های ناپارامتری، ژنوتیپ ۱۲ در بهترین شرایط از نظر عملکرد و پایداری عملکرد قرار گرفت. همچنین نتایج تجزیه AMMI نشان داد که دو مؤلفه نخست در مجموع ۶۷ درصد برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط را توجیه می‌کنند. بای‌پلات AMMI1 ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی نمود و بای‌پلات AMMI2 نیز ژنوتیپ ۱۲ را در بهترین شرایط از نظر پایداری عملکرد تشخیص داد. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ ۱۲ با فاصله به‌عنوان بهترین ژنوتیپ از نظر پایداری و عملکرد دانه می‌باشد و می‌تواند به‌عنوان نامزد معرفی رقم زراعی جدید در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: اقلیم گرم و نیمه‌گرم، آماره SIIG، ژنوتیپ پایدار، سازگاری، *Lens culinaris*

مقدمه

با اصلاح و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا، سعی در معرفی و آزادسازی ارقامی با عملکرد مطلوب‌تر دارند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت می‌تواند سبب شناسایی ژنوتیپ(هایی) شود که دارای پتانسیل عملکرد بالا و پایدار می‌باشند. یکی از مهم‌ترین چالش‌های به‌نژادگران عدس، گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در محیط‌های گوناگون است. ژنوتیپ‌هایی که واکنش کمتری نسبت به اثرات محیطی

سطح زیر کشت و میزان تولید عدس (سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰) در ایران به‌ترتیب ۷۵/۱۴۶ هکتار و ۴۰/۸۹۵ تن می‌باشد که سهم کشت دیم در سطح زیر کشت حدود ۹۳ درصد و در میزان تولید حدود ۸۲ درصد از کل است. پتانسیل عملکرد پایین ارقام محلی موجود باعث شده است که میزان عملکرد عدس در کشور مطلوب نباشد. محققان به‌نژادی گیاهی

۳- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد، ایران

۴- مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و

منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران

۵- مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و

منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

(namdari@ut.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

۱- مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و

منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، گچساران، ایران

۲- مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و

منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد،

ایران

این امر موجب پیچیده شدن فرآیند انتخاب می‌شود. برای ارزیابی برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط، شاخص‌های گزینش ایده‌آل (SIIG) نیز آماره‌ای است که از تجمیع و استاندارد کردن نتایج آماره‌های ناپارامتری حاصل می‌شود و مقدار آن بین صفر تا یک است (Zali et al., 2011).

با توجه به اینکه در فرآیند معرفی رقم، زمان و هزینه زیادی صرف می‌شود، شناسایی ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا و پایدار بسیار مهم است. از این رو استفاده از روش‌های چند متغیره در کنار روش‌های تک متغیره تجزیه پایداری می‌تواند در گزینش بهتر ژنوتیپ‌ها مؤثر باشد. یکی از روش‌های بسیار پرکاربرد چند متغیره تجزیه پایداری، روش اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) می‌باشد. روش AMMI یک ابزار آماری کارآمد جهت انتخاب ژنوتیپ‌های برتر است که از آن برای تجزیه و تحلیل برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط (GE) استفاده می‌شود (Namdari et al., 2022 a; Pezeshkpour et al., 2023). به‌طور کلی، مدل AMMI تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) را با پارامترهای جمع‌پذیر و تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) با پارامترهای ضرب‌پذیر را در یک تجزیه و تحلیل واحد ترکیب می‌کند. مدل AMMI قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با میانگین عملکرد بالا و سازگاری قابل توجه می‌باشد. از تجزیه AMMI به‌طور گسترده در تجزیه پایداری عملکرد محصولات مهم زراعی مانند گندم (*Triticum aestivum*) (Omran et al., 2022; Singh et al., 2019)، ذرت (*Zea mays*) (Katsenios et al., 2021)، سویا (*Glycine max*) (Song et al., 2019)، برنج (*Oryza sativa*) (Senguttuvel et al., 2021)، عدس (*Lens culinaris*) (Subedi et al., 2021) و غیره استفاده شده است.

با وجود اینکه بخش قابل توجهی از سطح زیر کشت عدس به‌صورت دیم کشت می‌شود، رقم‌های کم‌شماری برای کشت دیم در اقلیم گرمسیری معرفی شده‌اند که شامل رقم‌های گچساران، سپهر و بیل سوار می‌شوند. در این راستا، هدف این پژوهش، ارزیابی ژنوتیپ‌های عدس (۱۵ لاین‌های پیشرفته و دو رقم شاهد) براساس اثر متقابل محیط بر صفت عملکرد دانه در هشت محیط (چهار محیط در دو سال) با استفاده از آماره‌های تجزیه ناپارامتری و مدل AMMI است تا بدینوسیله امکان شناسایی لاین‌های برتر جهت معرفی به‌عنوان رقم‌های جدید فراهم شود.

نشان می‌دهند، معمولاً برهم‌کنش محیط $\times$ ژنوتیپ کوچک‌تری دارند و انتخاب بهتری برای به‌نژادگران می‌باشند، به‌ویژه اگر پتانسیل عملکرد بالاتری نسبت به شاهد نشان دهند (Pour-Aboughadareh et al., 2022). روش‌ها و مدل‌های آماری برای تجزیه و تحلیل اثرات متقابل ژنوتیپ $\times$ محیط استفاده می‌شود که به به‌نژادگران اجازه می‌دهد تا پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها را ارزیابی کنند (Amelework et al., 2023). در این خصوص، روش‌های مختلف تک متغیره پارامتری و ناپارامتری و روش‌های چند متغیره ارائه شده‌اند. روش‌های گوناگون ناپارامتری که اغلب براساس رتبه‌بندی عملکرد استوار می‌باشند در جهت شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شده‌اند. ژنوتیپ‌هایی که کمترین تغییرات رتبه‌بندی عملکرد در محیط‌های مختلف را بروز می‌دهند، پایدار می‌باشند (Sun et al., 2012). روش‌های ناپارامتری مزایای گوناگونی نسبت به روش‌های پارامتری دارند. این مزایا شامل عدم نیاز به فرضیات در مورد نرمال بودن، استقلال، یا یکنواختی واریانس داده‌ها است که موجب می‌شود در مقایسه با روش‌های پارامتری، نسبت به انحرافات و خطاهای داده‌ها حساسیت کمتری داشته باشند (Whitley et al., 2002). علاوه بر این، روش‌های ناپارامتری تحت تأثیر مقادیر داده‌های پرت، افزوده یا حذف شدن ژنوتیپ‌ها در مدل قرار نمی‌گیرند و همچنین فرآیند تجزیه و تحلیل و تفسیر این روش‌ها در مقایسه با روش‌های پارامتری بسیار ساده‌تر است. به‌طور کلی، سهولت کاربرد، عدم حساسیت به مفروضات داده‌ها و تحلیل ساده، روش‌های ناپارامتری را به ابزاری ارزشمند برای به‌نژادگران تبدیل ساخته است (Zeinalzadeh-Tabrizi et al., 2021). جهت ارزیابی برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط، آماره‌های ناپارامتری گوناگونی ارائه شده‌اند. در این زمینه، چهار آماره ناپارامتری $Si^{(1)}$ ، $Si^{(2)}$ ، $Si^{(3)}$ و $Si^{(6)}$ برای ارزیابی پایداری فنوتیپی ارائه شده‌اند (Nassar & Huenhn, 1987). همچنین تنارازو (Thennarasu, 1995) چهار آماره جایگزین را شامل $NP_1^{(1)}$ ، $NP_1^{(2)}$ ، $NP_1^{(3)}$ و $NP_1^{(4)}$ پیشنهاد کرد که این آماره‌ها بر رتبه‌های تصحیح‌شده استوار می‌باشند. آماره مجموع رتبه کانگ، از جمع کردن رتبه صفت مورد نظر (مانند عملکرد) با رتبه واریانس پایداری حاصل از تجزیه شوکلا حاصل می‌شود. با توجه به اینکه این آماره هم رتبه میانگین عملکرد و هم رتبه واریانس پایداری را در محاسبه لحاظ می‌کند، برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر کارآمد است (Kang, 1993). آماره‌های پایداری فاکس ژنوتیپ‌ها را در سه بخش TOP، MID و LOW رتبه‌بندی می‌کنند و براساس درصد قرارگیری ژنوتیپ‌ها در این بخش‌ها، ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی می‌شوند (Fox et al., 1990). در برخی موارد، نتایج آماره‌های مختلف پایداری در تضاد با یکدیگر می‌باشند و

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از ۱۵ لاین پیشرفت عدس و دو رقم سپهر و گچساران جهت بررسی پایداری عملکرد دانه استفاده شد (جدول ۱). ژنوتیپ‌های مذکور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی دو سال زراعی (۱۳۹۸-۹۹ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹) در چهار منطقه گچساران، خرم آباد، ایلام و مغان به‌صورت دیم کشت شدند. شرایط آب و هوایی ایستگاه‌های تحقیقاتی شامل متوسط دما و بارش باران ماهانه در جدول ۲ ارائه شده است. شماره محیط‌های آزمایشی به این ترتیب است: E1 و E2 (گچساران سال یک و سال دوم)، E3 و E4 (خرم آباد سال یک و دو)، E5 و E6 (مغان سال یک و دو)، E7 و E8 (ایلام سال یک و دو). هر کرت آزمایشی دارای چهار خط کاشت به‌طول شش متر با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع بود. پس از برداشت، میزان عملکرد هر کرت اندازه‌گیری شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، پس از اطمینان از همگن بودن واریانس‌های خطا در محیط‌ها با استفاده از آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب برای هشت محیط مورد مطالعه انجام شد.

به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه از روش‌های مختلف ناپارامتری استفاده شد. جهت محاسبه شاخص پایداری کانگ YSi، ابتدا ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد، رتبه‌بندی و امتیازدهی شدند (بیشترین عملکرد رتبه یک و غیره). سپس مقدار واریانس شوکلا محاسبه و براساس میزان واریانس به‌دست‌آمده، ژنوتیپ‌ها رتبه‌بندی شدند (به ژنوتیپ‌هایی با واریانس کمتر، رتبه کمتری تعلق گرفت). در نهایت، از جمع این دو رتبه برای هر ژنوتیپ، شاخص YSi به دست آمد (Kang, 1993). آماره‌های پایداری ناپارامتری نصار و هان شامل $Si^{(1)}$ ، $Si^{(2)}$ ، $Si^{(3)}$ و $Si^{(6)}$ و آماره‌های پایداری ناپارامتری تنارازو شامل $NPi^{(1)}$ ، $NPi^{(2)}$ ، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ با استفاده از معادله‌های ارائه‌شده در این منابع محاسبه شدند (Thennarasu, 1987; Nassar & Huehn, 1995). از شاخص ناپارامتری TOP نیز استفاده شد. طبق این شاخص، ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد و پایداری به سه گروه TOP، MID و LOW تفکیک می‌شوند. ژنوتیپ‌ها با بیشترین مقادیر TOP به‌عنوان پایدارترین و مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته شدند (Fox et al., 1990). محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (شاخص SIIG) طبق معادله ارائه‌شده توسط زالی و همکاران (Zali et al., 2011) در محیط EXCEL 2016 انجام شد.

محاسبه برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط با استفاده از مدل

AMMI و طبق معادله ۱ انجام شد.

$Y_{ger} = \mu + \sigma_g + \beta_e + \sum \lambda_n y_{gn} \delta_{ge} + P_{ge} + \varepsilon_{ger}$ (۱) معادله (۱) که در آن، Y_{ger} : عملکرد ژنوتیپ g ام در محیط e ام در تکرار n ام، μ : میانگین کل در آزمایش، σ_g و β_e : اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط، λ_n : مقدار ویژه برای محور مؤلفه n ام، y_{gn} : بردار مقدار ویژه برای محور مؤلفه n ام، δ_{ge} : بردار ویژه محیط برای محور مؤلفه e ام، P_{ge} : مقدار نویز و ε_{ger} : مقدار خطا است. از بسته ویژه آزمایش‌های چند محیطی METAN در بستر نرم‌افزار آماری R_{ver4.3.2} جهت محاسبه تجزیه واریانس مرکب، شاخص‌های ناپارامتری (به‌غیر از شاخص SIIG) و رسم نمودارهای AMMI1 و AMMI2 استفاده شد (Olivoto et al., 2020). رسم نمودار گرمایی نیز با استفاده از XLSTAT ver2018 انجام شد (Haghpahanah et al., 2015).

نتایج و بحث

در این بررسی، پایداری عملکرد تعداد ۱۵ لاین و دو رقم عدس در هشت محیط مورد ارزیابی قرار گرفت. شجرنامه ژنوتیپ‌ها و ارقام شاهد مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۱ ذکر شده است. آماره‌های هواشناسی محیط‌های مورد بررسی نیز در جدول ۲ قابل مشاهده می‌باشد. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در هشت محیط مختلف در نمودار گرمایی (شکل ۱) ارائه شده است. در این نمودار، شدت رنگ آبی نشان‌دهنده بالاتر بودن عملکرد ژنوتیپ در محیط و رنگ قرمز نشان‌دهنده پایین‌تر بودن عملکرد ژنوتیپ می‌باشد.

آماره‌های تنارازو: چهار آماره پیشنهادشده توسط تنارازو

برپایه رتبه تصحیح‌شده میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌باشند، به این ترتیب که ژنوتیپ‌هایی که رتبه آن‌ها در محیط‌های گوناگون، کمترین تغییر را داشته باشند، رتبه بهتری خواهند داشت. بر این اساس، ژنوتیپ‌هایی با مقادیر کم $NPi^{(1)}$ ، $NPi^{(2)}$ ، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ ژنوتیپ‌های پایدارتر در نظر گرفته می‌شوند. برپایه این آماره‌ها، ژنوتیپ‌های ۵، ۶ و ۲ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که ژنوتیپ‌های پایدار براساس آماره‌های ناپارامتری تنارازو، عموماً از عملکرد بالایی برخوردار نیستند (Jamshidmoghaddam et al., 2013). همبستگی منفی میان رتبه عملکرد ژنوتیپ‌ها و رتبه آماره‌های تنارازو در مطالعات فرشادفر و همکاران (Farshadfar et al., 2014) نیز اشاره شده است.

جدول ۱- نام/شجره و منشأ لاین (ژنوتیپ)های عدس دیم

Table 1- Name/pedigree and origin of dry lentil lines (genotypes)

شماره ژنوتیپ Genotype number	منشأ Origin	نام/شجره Name/pedigree	شماره ژنوتیپ Genotype number	منشأ Origin	نام/شجره Name/pedigree
G1	ICARDA	2009S 96575-1	G10	ICARDA	2009S 96501-5-X2007S61- ILL5883xILL6458
G2	ICARDA	08S 40111-01	G11	ICARDA	ILL 4605-2
G3	ICARDA	ILL 5988	G12	ICARDA	08S 41205-13-X2005S140- ILL5883 x ILL7620
G4	ICARDA	ILL 4605-1	G13	ICARDA	2009S 96101-4
G5	ICARDA	ILL 6183	G14	ICARDA	X2012S-154-X2012S-154- ILL6002xILWL118
G6	ICARDA	ILL 590	G15	ICARDA	X2012S-102-X2012S-102- (ILL7986 X ILWL 74)X(ILL4605 X ILL5677)
G7	ICARDA	2009S 96505-2-X2007S67- ILL6434 x ILL8199	Gachsaran	IRAN	Gachsaran
G8	ICARDA	2009S 96518-1-X2007S107- ILL7940 x ILL5883	Sepehr	IRAN	Sepehr
G9	ICARDA	2009S 96501-1-X2007S61- ILL5883 x ILL6458			

Si⁽²⁾ در رتبه خوبی قرار داشت (به ترتیب رتبه ۴ و ۵). ژنوتیپ ۱۲ با رتبه دوم از نظر عملکرد از نظر آماره Si⁽³⁾ در رتبه ۵ قرار داشت و از نظر سایر آماره‌های نصار و هیون در رتبه‌های مناسبی قرار نگرفت. ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۱۱ با رتبه‌های یک و سه از لحاظ میانگین عملکرد نیز براساس هیچ یک از آماره‌های ذکر شده در رتبه‌های مناسبی قرار نگرفتند.

آماره فاکس: این آماره ژنوتیپ‌ها را براساس عملکرد و پایداری در سه دسته بالا (TOP)، متوسط و پایین قرار می‌دهد. بالاتر بودن مقدار آماره TOP یک ژنوتیپ، به معنای پایداری بیشتر بودن آن ژنوتیپ می‌باشد. براساس آماره TOP، ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۰ به عنوان پایداری‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. این ژنوتیپ‌ها از نظر میانگین عملکرد نیز در بالاترین رتبه‌ها قرار داشتند. گزارش شده است که در بسیاری از موارد، همبستگی مثبت میان رتبه ژنوتیپ‌ها از نظر میانگین عملکرد و رتبه آماره TOP وجود دارد (Abdulahi et al., 2007). در پژوهش‌های پیشین به مؤثر بودن آماره TOP در شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و با پایداری بالای عدس اشاره شده است (Namdari et al., 2022b).

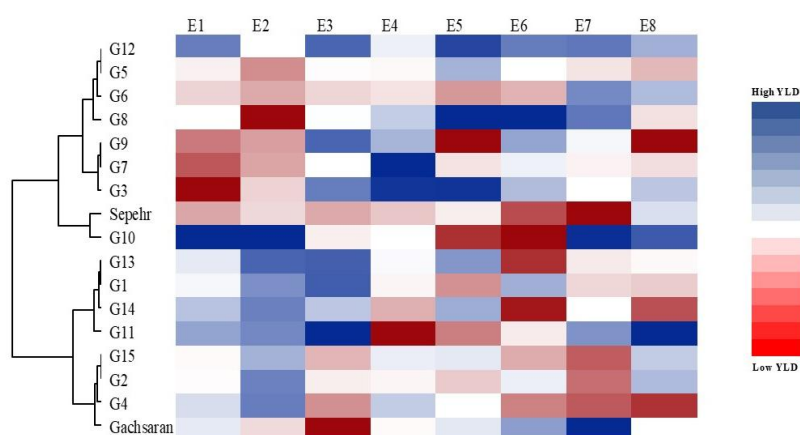
آماره‌های نصار و هیون: دو آماره Si⁽¹⁾ (میانگین تفاوت

قدر مطلق ژنوتیپ در محیط‌ها) و Si⁽²⁾ (واریانس مشترک انحراف از رتبه‌ها) برپایه رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها هستند و برای هر کدام از محیط‌ها، وزن یکسانی را در نظر می‌گیرند. دو آماره Si⁽³⁾ (واریانس بین رتبه‌ها در محیط‌ها) و Si⁽⁶⁾ (برآیند انحراف مطلق) در واقع ترکیبی از عملکرد و پایداری براساس رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در هر مکان می‌باشند و پایداری را براساس میانگین رتبه‌بندی هر ژنوتیپ اندازه‌گیری می‌کنند. برپایه آماره‌های Si⁽¹⁾، Si⁽²⁾، Si⁽³⁾ و Si⁽⁶⁾، ژنوتیپ‌هایی که کمترین مقدار این آماره‌ها را داشته باشند، به عنوان پایداری‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته می‌شوند. براساس آماره‌های Si⁽¹⁾ و Si⁽²⁾، ژنوتیپ‌های ۶، ۵ و ۲ بیشترین پایداری عملکرد را نشان دادند. براساس آماره Si⁽³⁾، ژنوتیپ‌های ۱۶، ۵ و ۱۵ و براساس آماره Si⁽⁶⁾، ژنوتیپ‌های ۱۶، ۵ و ۶ به عنوان ژنوتیپ‌هایی با بیشترین پایداری عملکرد، شناسایی شدند. همان گونه که در **جدول ۳** نشان داده شده است، ژنوتیپ‌های ۶، ۵، ۱۵ دارای پایین‌ترین میانگین‌های عملکرد می‌باشند و عملکرد آن‌ها از شاهد برتر (رقم سپهر) کمتر بود. در میان ژنوتیپ‌های با میانگین عملکرد بالا، تنها ژنوتیپ ۱۳ از نظر دو آماره Si⁽¹⁾ و

جدول ۲- شرایط آب و هوایی ایستگاه‌های اجرای آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۸-۹۹ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹

ایستگاه تحقیقات Experimental station	سال Year	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	فصل Season	متوسط دما (سانتی‌گراد) Average of temperature (°C)	حداکثر دما (سانتی‌گراد) Maximum of temperature (°C)	حداقل دما (سانتی‌گراد) Minimum of temperature (°C)
گچساران Gachsaran	1398-99 2019-2020	435.5	Autumn	20.17	27.8	13.6
			Winter	12.63	15.7	11
			Spring	20.85	24.1	17.6
	1399-1400 2020-2021	591.5	Autumn	20.27	26.3	14.5
			Winter	13.27	15.2	11.5
			Spring	23.9	26.7	21.1
خرم آباد Khoramabad	1398-99 2019-2020	524	Autumn	14.53	22.9	7.7
			Winter	7.8	11.4	5.6
			Spring	15.9	18.8	13
	1399-1400 2020-2021	305	Autumn	15.13	21.6	9
			Winter	8.3	10	6.7
			Spring	19	22.1	15.9
ایلام Illam	1398-99 2019-2020	603.6	Autumn	16.13	24.8	9.4
			Winter	8.43	11.8	6.4
			Spring	17.1	20.2	14
	1399-1400 2020-2021	302	Autumn	16.47	22.7	10
			Winter	9.43	11.8	7.5
			Spring	19.75	23.5	16
مغان Moghan	1398-99 2019-2020	160.2	Autumn	12.73	19.1	7
			Winter	7.53	10.2	6.1
			Spring	14.1	17.1	11.1
	1399-1400 2020-2021	203	Autumn	12.83	18.5	6.2
			Winter	5.3	6	4.6
			Spring	16.7	19.7	13.7

Autumn: پاییز، Winter: زمستان، Spring: بهار



شکل ۱- نمودار گرمایی اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط

Fig. 1- The genotype-by-environment interactions heat map

G: ژنوتیپ، E: محیط

G: Genotype, E: Environment

آماره کلنگ: جمع رتبه واریانس شوکلا (از آماره‌های

پارامتری) و میانگین عملکرد، مقدار آماره مجموع رتبه کلنگ را به دست می‌دهد که در آن هر دو جزء عملکرد و پایداری عملکرد در نظر گرفته شده‌اند (Kang, 1993). برپایه آماره کانگ (YSi)، ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۳ و ۱ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. دو رقم شاهد براساس این آماره در رتبه‌های نامناسبی قرار گرفتند.

SIIG: به‌دلیل اینکه نتایج حاصل از تجزیه پایداری با

استفاده از شاخص‌های مختلف ناپارامتری متفاوت و در برخی موارد متضاد است، در این تحقیق از شاخص SIIG به‌منظور ارزیابی جامع‌تر استفاده شد. از روش SIIG می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه بهتر ژنوتیپ‌های مختلف و گزینش برترین ژنوتیپ‌ها استفاده نمود. از ویژگی‌های این روش این است که برای محاسبه آن می‌توان از شاخص‌های گوناگون، صفات مورفولوژیک، صفات فیزیولوژیک و غیره استفاده نمود و کارایی انتخاب را افزایش داد. این شاخص، حاصل ادغام آماره‌های گوناگون ناپارامتری است و می‌تواند در انتخاب دقیق‌تر ژنوتیپ‌های با پایداری عملکرد بالا مفید باشد. در شکل ۲، پراکنش ژنوتیپ‌ها براساس میزان عملکرد (محور X) و شاخص SIIG (محور Y) نشان داده شده است. بر این اساس، ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۳ و ۱ هم از لحاظ شاخص SIIG و هم از لحاظ میزان عملکرد، وضعیت مطلوبی داشتند. ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۱۱ با وجود اینکه عملکرد مطلوبی داشتند، از نظر شاخص SIIG پایین‌تر از رقم سپهر بودند. رقم گچساران هم از لحاظ میانگین عملکرد و هم از لحاظ شاخص SIIG جزو ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها بود. از جمله مزیت‌های این روش آن است که معیارها یا شاخص‌های به‌کاررفته برای مقایسه می‌توانند دارای واحدهای سنجش متفاوتی بوده و طبیعت منفی و مثبت داشته باشند (Zali et al., 2020). از شاخص SIIG برای ادغام آماره‌های ناپارامتری در ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در گندم دوروم (*Triticum durum*) نیز استفاده شده است و با استفاده از شاخص SIIG و عملکرد در یک نمودار دو بعدی، ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا، شناسایی شدند (Najafi Mirak et al., 2018).

تجزیه AMMI: به‌طور کلی، روش‌های مختلف ناپارامتری

به‌دلیل اینکه اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط در آن‌ها به‌صورت تک متغیره و ساده مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، می‌توانند دارای اشتباهات قابل توجه باشند و از این‌رو استفاده از مدل‌های آماری چندمتغیره می‌تواند در درک دقیق‌تر واکنش ژنوتیپ‌ها به محیط‌ها مختلف مؤثر باشد. مدل‌های AMMI با تجزیه و تحلیل

همزمان اثرات اصلی ژنوتیپ‌ها و برهم‌کنش آن‌ها با محیط‌ها، به پژوهشگران این امکان را می‌دهد که روابط پیچیده‌تری را میان ژنوتیپ‌ها و عوامل محیطی شناسایی کنند. این مدل‌ها قادر به شناسایی و تفکیک برهم‌کنش‌ها به‌صورت نمودارهای تعاملی هستند که نمایانگر نحوه تغییر واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های گوناگون می‌باشند. در این بررسی، نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دلنه (براساس مدل AMMI) نشان داد که اثرهای محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). معنی‌دار بودن اثر محیط و ژنوتیپ به‌ترتیب نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به محیط‌های گوناگون و تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها است. با توجه به معنی‌دار بودن برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط، امکان تجزیه پایداری بر روی داده‌ها جهت تفسیر این برهم‌کنش وجود دارد (Namdari et al., 2022a). نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه براساس مدل AMMI نشان داد که سه مؤلفه اول در برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بودند و مؤلفه‌های یکم، دوم و سوم به‌ترتیب حدود ۴۰/۴، ۲۶/۵ و ۱۹/۸ درصد (مجموع سه مؤلفه اول ۸۶/۷ درصد و مجموع دو مؤلفه اول ۶۷/۱ درصد) از برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط را توجیه می‌کنند (جدول ۴). بهترین شرایط در تجزیه AMMI این است که دو مؤلفه یک و دو، معنی‌دار شوند و سایر مؤلفه‌ها درصد کمی از برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط را در بگیرند (Katsura et al., 2016)، البته با توجه به اینکه دو مؤلفه یک و دو نزدیک به هفتاد درصد برهم‌کنش را توجیه می‌کنند، نتایج از اعتبار قابل قبولی برخوردار می‌باشند.

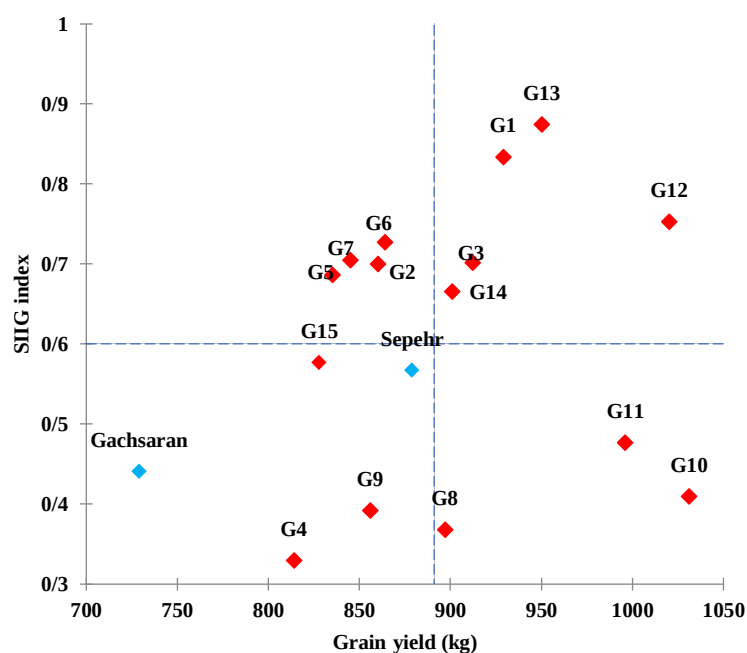
در بای‌پلات AMMI1، محور افقی نشان‌دهنده اثرهای اصلی جمع‌پذیر و محور عمودی نشان‌دهنده اثرهای متقابل ضرب‌پذیر (مقدارهای نخستین مؤلفه اصلی) می‌باشند. ژنوتیپ‌هایی که مقدار نخستین مؤلفه اصلی آن‌ها به صفر نزدیک‌تر باشد، برهم‌کنش کمتری با محیط دارند و بنابراین پایدارتر می‌باشند. با توجه به اینکه در برنامه‌های به‌نژادی، هدف برگزیدن ژنوتیپ‌هایی با پایداری بالا و نیز عملکرد بالا می‌باشد، ژنوتیپ‌های برگزیده باید ترکیب مناسبی از هر دو جزء داشته باشند. کانون بای‌پلات AMMI1، میانگین عملکرد را نشان می‌دهد و ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست خط افقی قرار دارند، عملکرد بیشتری از میانگین دارند. در این بررسی، دو ژنوتیپ ۱۱ و ۱۰ ضمن برخوردار بودن از پایداری عملکرد مناسب (قرار گرفتن نزدیک به محور افقی بای‌پلات)، از میانگین عملکرد مناسبی نیز برخوردار بودند. همچنین ژنوتیپ ۱۲ نیز در بالاترین رتبه‌های عملکرد قرار داشت و از نظر پایداری عملکرد نیز رتبه متوسط رو به بالا داشت و به‌ویژه از هر دو رقم شاهد

گرفتند و در کنار ژنوتیپ‌های ۳ و ۸، کمترین پایداری عملکرد را در محیط‌های هشت‌گانه نشان دادند (شکل ۳).

طول بردارهای سبز نشان‌دهنده سهم هر محیط در برهم‌کنش بین ژنوتیپ و محیط است. محیط‌های ۷، ۱، ۲ و ۴ بیشترین نقش را در برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط داشتند. ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار دارند، از پایداری عمومی برخوردار هستند و برای کشت در بیشتر محیط‌های بررسی‌شده، توصیه می‌شوند. از سوی دیگر، ژنوتیپ‌هایی که دور از مرکز بای‌پلات و در مجاورت محیط‌های ویژه‌ای پراکنش یافته‌اند، دارای پایداری خصوصی به آن محیط‌ها می‌باشند. بر این اساس، در شکل ۳ دیده می‌شود که ژنوتیپ ۳ فاقد سازگاری عمومی می‌باشد، اما سازگاری خصوصی به محیط ۴ نشان می‌دهد و همچنین ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۱۴ به محیط‌های ۲ و ۱ سازگاری خصوصی دارند. با توجه به اینکه محیط‌های ۱ و ۲ مربوط به منطقه گچساران می‌باشند، لذا این دو ژنوتیپ واجد سازگاری خصوصی به منطقه گچساران می‌باشند.

(ژنوتیپ‌های ۱۶ و ۱۷) شرایط بهتری داشت. دو رقم شاهد هم از نظر عملکرد و هم از نظر پایداری عملکرد در پایین‌ترین رتبه‌ها قرار داشتند (شکل ۳).

در بای‌پلات AMMI2، پایداری ژنوتیپ‌ها با در نظر گرفتن هر دو مؤلفه یک و دو، ارزیابی می‌شود. مؤلفه‌های یک و دو در مجموع، ۶۹ درصد از برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط را توجیه کردند. زاویه میان بردارها در بای‌پلات نشان‌دهنده همبستگی عملکرد در محیط‌ها می‌باشد. بدین ترتیب که زاویه حاده نشان‌دهنده همبستگی مثبت، زاویه عمودی نشان‌دهنده عدم همبستگی و زاویه باز نشانگر همبستگی منفی می‌باشد. در این بای‌پلات، ژنوتیپ‌هایی که به مرکز بای‌پلات نزدیک‌تر باشند، پایداری عملکرد بالاتری دارند (Aghaei-Sarbarze et al., 2014). بر این اساس، ژنوتیپ‌های ۱، ۱۲، ۵ و ۱۳ در بالاترین رتبه‌ها از نظر پایداری عملکرد قرار داشتند. ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۱ نیز در رده‌های بعدی قرار گرفتند. دو رقم شاهد گچساران و سپهر بر مبنای این بای‌پلات نیز در رتبه‌های پایینی قرار



شکل ۲- نمودار دو بعدی پراکنش ژنوتیپ‌های عدس براساس عملکرد دانه و روش SIIG

Fig. 2- Two-dimensional distribution diagram of lentil genotypes based on seed yield and SIIG method

جدول ۳- برآورد آمارهای ناپارامتری پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس

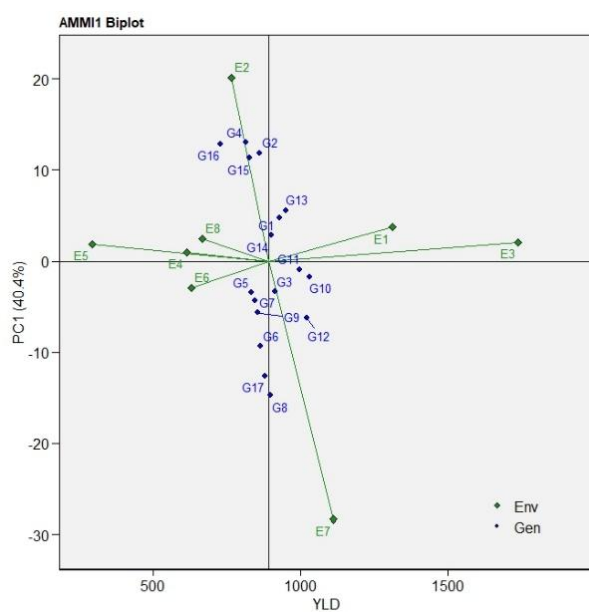
عملکرد دانه، Si⁽⁶⁾: Si⁽³⁾: Si⁽²⁾: Si⁽¹⁾: امازه های نصار و هیون، NPi⁽⁴⁾: NPi⁽³⁾: NPi⁽²⁾: NPi⁽¹⁾: TOP: امازه فاکس، YSi: امازه کانگ.

GY: Grain Yield, Si⁽¹⁾, Si⁽²⁾, Si⁽³⁾, Si⁽⁴⁾, Si⁽⁵⁾, Si⁽⁶⁾: Nasar and Huehn statistics, NPi⁽¹⁾, NPi⁽²⁾, NPi⁽³⁾, NPi⁽⁴⁾: Thenarasu statistics, TOP: Fox statistic, YSi: Kang statistic

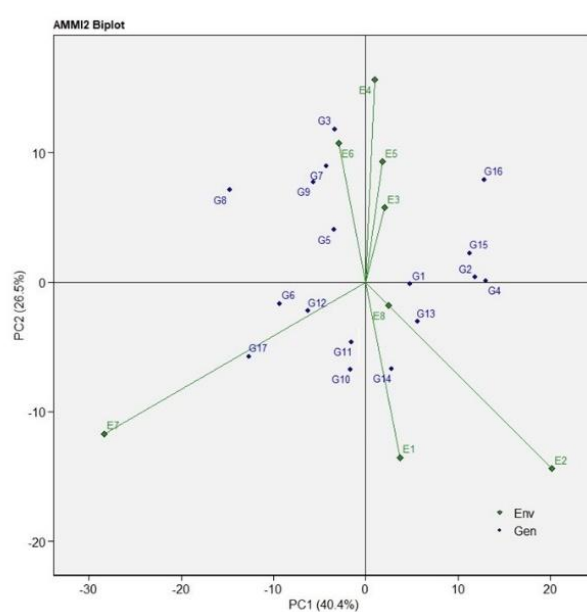
جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه براساس مدل AMMI

Table 4- The combined analysis of variance for grain yield based on the AMMI model

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درصد
S.O.V	d.f	Mean of squares	Percentage
ENV	7	10985517.08**	
REP(ENV)	16	269469.81**	
GEN	16	146351.01**	
GEN×ENV	112	102881.2**	
PC1	22	211772.06**	40.4
PC2	20	152869.68**	26.5
PC3	18	126724.83**	19.8
PC4	16	45284.71	6.3
PC5	14	36755	4.5
PC6	12	12387.93	1.3
PC7	10	13748.83	1.2
Residuals	256		



AMMI1



AMMI2

شکل ۳- AMMI1) بای پلات مؤلفه اصلی اول (PC1) و عملکرد دانه (YLD کیلوگرم در هکتار)، AMMI2) بای پلات دو مؤلفه اول (PC1 و PC2) بر هم‌کنش ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه ۱۷ ژنوتیپ عدس در هشت محیط

Fig. 3- AMMI1) Biplot showing the relationship between the first principal component (PC1) and grain yield (YLD kg.ha⁻¹), AMMI2) Biplot illustrating the interaction between genotype and environment for the grain yield of 17 lentil genotypes across eight environments

نتیجه‌گیری

آماره ناپارامتری TOP، ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۰ را به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها نشان داد و آماره کانگ نیز ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۳ را در رتبه‌های برتر قرار داد. با تجمیع آماره‌های ناپارامتری و محاسبه آماره SIIG، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۰ و ۱۲ در بهترین شرایط از نظر عملکرد و پایداری عملکرد قرار گرفتند. براساس نتایج تجزیه چند متغیره AMMI نیز بای‌پلات AMMI1 ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی

نمود و بای‌پلات AMMI 2 ژنوتیپ ۱۲ را در بهترین شرایط از نظر میانگین و پایداری عملکرد تشخیص داد. در مجموع، با در نظر گرفتن نتایج تجزیه ناپارامتری و تجزیه AMMI، ژنوتیپ ۱۲ با برخورداری از میانگین عملکرد بالا و پایداری عملکرد بالا، به‌عنوان ژنوتیپ برتر شناسایی شد و در کنار این ژنوتیپ، ژنوتیپ ۱۰ نیز از شرایط مناسبی برخوردار بود و این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان کاندیدهای معرفی به‌عنوان رقم جدید برای مناطق گرمسیری شناسایی شدند.

References

- Abdulahi, A., Mohammadi, R., & Pourdad, S. S. (2007). Evaluation of safflower (*Carthamus* spp.) genotypes in multi-environment trials by nonparametric methods. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(5), 827–832. <https://doi.org/10.3923/ajps.2007.827.832>
- Aghaei-Sarbarze, M., Dastfal, M., Farzadi, H., Andarzian, B., Shahbazzpour-Shahbazi A., Bahari, M., & Rostami, H. (2014). Evaluation of yield and yield stability of durum wheat genotypes in tropical and dried region of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 28, 315-325. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/spij.2017.111109>
- Amelework, A. B., Bairu, M. W., Marx, R., Laing, M., & Venter, S. L. (2023). Genotype × environment interaction and stability analysis of selected cassava cultivars in South Africa. *Plants*, 12(13), 2490. <https://doi.org/10.3390/plants12132490>
- Farshadfar, E., Mahmudi, N., & Sheibanirad, A. (2014). Nonparametric methods for interpreting genotype×environment interaction in bread wheat genotypes. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 4(3), 55–62.
- Fox, P. N., Skovmand, B., Thompson, B. K., Braun, H. J., & Cormier, R. (1990). Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. *Euphytica*, 47(1), 57–64. <https://doi.org/10.1007/BF00040364>
- Haghpahanah, M., Kazemitabar, S. K., Hashemi, S. H., & Alavi, S. M. (2015). Evaluation of Mazandaran nettle (*Urtica dioica*) population structure and genetic diversity by AFLP markers. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 22(2), 241-250. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2015.12227>
- Jamshidmoghaddam, M., & Pourdad, S. S. (2013). Genotype × environment interactions for seed yield in rainfed winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.) multi-environment trials in Iran. *Euphytica*, 190(3), 357–369. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0776-z>
- Kang, M. S. (1993). Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agronomy Journal*, 85(3), 754–757. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500030042x>
- Katsenios, N., Sparangis, P., Leonidakis, D., Katsaros, G., Kakabouki, I., Vlachakis, D., & Efthimiadou, A. (2021). Effect of genotype × environment interaction on yield of maize hybrids in Greece using AMMI analysis. *Agronomy*, 11(3), 479. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030479>
- Katsura, K., Tsujimoto, Y., Oda, M., Matsushima, K., Inusah, B., Dogbe, W., & Sakagami, J. I. (2016). Genotype-by-environment interaction analysis of rice (*Oryza* spp.) yield in a floodplain ecosystem in West Africa. *European Journal of Agronomy*, 73, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.014>
- Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M., & Zali, H. (2018). Stability analysis of grain yield of durum wheat promising lines in warm and dry areas using parametric and non-parametric methods. *Journal of Crop Production and Processing*, 8(2), 79-96. (In Persian). <https://doi.org/10.29252/jcpp.8.2.79>
- Namdari, A., Pezeshkpoor, P., Mehraban, A., Mirzaei, A., & Vaezi, B. (2022a). Evaluation of grain yield stability of advanced rainfed lentil genotypes using multivariate AMMI method. *Journal of Crop Breeding*, 14(42), 169-176. (In Persian). <https://doi.org/10.52547/jcb.14.42.169>
- Namdari, A., Pezeshkpoor, P., Mehraban, A., Naseri, A., Vaezi, B., & Nazarli, H. (2022b). Evaluation the grain yield stability of promising rainfed lentil genotypes using parametric and non-parametric statistics. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 53(3), 145-159. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2021.330502.654854>

- Nassar, R., & Huehn, M. (1987). Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*, 43, 45–53. <https://doi.org/10.2307/2531947>
- Olivoto, T., & Lúcio, A. D. (2020). Metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(6), 783–789. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>
- Omrani, A., Omrani, S., Khodarahmi, M., Shojaei, S. H., Illés, Á., Bojtor, C., Mousavi, S. M. N., & Nagy, J. (2022). Evaluation of grain yield stability in some selected wheat genotypes using AMMI and GGE biplot methods. *Agronomy*, 12(5), 1130. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051130>
- Pezeshkpour, P., & Karimizadeh, R. (2023). Evaluation of the mean performance and stability of chickpea genotypes by integration AMMI and BLUP models and selection based on Multi-Trait Stability Index (MTSI). *Journal of Crop Breeding*, 15(46), 73-83. (In Persian). <https://doi.org/10.61186/jcb.15.46.73>
- Pour-Aboughadareh, A., Khalili, M., Pocza, P., & Olivoto, T. (2022). Stability indices to deciphering the Genotype-by-Environment Interaction (GEI) effect: An applicable review for use in plant breeding programs. *Plants*, 11(3), 414. <https://doi.org/10.3390/plants11030414>
- Senguttuvel, P., Sravanraju, N., Jaldhani, V., Divya, B., Beulah, P., Nagaraju, P., Manasa, Y., Prasad, A. S. H., Brajendra, P., Gireesh, C., Anantha, M. S., Suneetha, K., Sundaram, R. M., Madhav, M. S., Tuti, M. D., Subbarao, L. V., Neeraja, C. N., Bhadana, V. P., Rao, P. R., Voleti, S. R., & Subrahmanyam, D. (2021). Evaluation of genotype by environment interaction and adaptability in lowland irrigated rice hybrids for grain yield under high temperature. *Scientific Reports*, 11(1), 15825. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95264-4>
- Singh, C., Gupta, A., Gupta, V., Kumar, P., Sendhil, R., Tyagi, B., Singh, G., Chatrath, R., & Singh, G. (2019). Genotype x environment interaction analysis of multi-environment wheat trials in India using AMMI and GGE biplot models. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 19(3), 309–318. <https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n3a43>
- Song, W., Sun, S., Ibrahim, S. E., Xu, Z., Wu, H., Hu, X., Jia, H., Cheng, Y., Yang, Z., Jiang, S., Wu, T., Sinegovskii, M., Sapey, E., Nepomuceno, A., Jiang, B., Hou, W., Sinegovskaya, V., Wu, C., Gai, J., & Han, T. (2019). Standard cultivar selection and digital quantification for precise classification of maturity groups in soybean. *Crop Science*, 59(5), 1997–2006. <https://doi.org/10.2135/cropsci2019.02.0095>
- Subedi, M., Khazaei, H., Arganosa, G., Etukudo, E., & Vandenberg, A. (2021). Genetic stability and genotype × environment interaction analysis for seed protein content and protein yield of lentil. *Crop Science*, 61(1), 342–356. <https://doi.org/10.1002/csc2.20282>
- Sun, X., Ma, P., & Mumm, R. H. (2012). Nonparametric method for genomics-based prediction of performance of quantitative traits involving epistasis in plant breeding. *Plos One*, 7(11), e50604. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050604>
- Thennarasu, K. (1995). On certain non-parametric procedures for studying genotype environment interactions and yield stability. IARI, Division of Agricultural Statistics. New Delhi.
- Whitley, E., & Ball, J. (2002). Statistics review 6: Nonparametric methods. *Critical Care*, 6(6), 509. <https://doi.org/10.1186/cc1820>
- Zali, H., & Barati, A. (2020). Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. *Journal of Crop Breeding*, 12(34), 93-104. (In Persian). <https://doi.org/10.29252/jcb.12.34.93>
- Zali, H., Farshadfar, E., & Sabaghpour, S. H. (2011). Non-parametric analysis of phenotypic stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in Iran. *Crop Breeding Journal*, 1, 89-100. (In Persian).
- Zeinalzadeh-Tabrizi, H., Mansouri, S., & Fallah-Toosi, A. (2021). Evaluation of seed yield stability of promising sesame lines using different parametric and nonparametric methods. *Plant Genetic Researches*, 8(1), 43-60. (In Persian).



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.91502.1103>

Testing Value for Cultivation and Use of Negin Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivar Applying for Commercialization

Babak Darvishi^{1*}, Saman Sheidaei¹, Mohammadreza Jazaieri Noushabadi¹, Mostafa Shakeri¹

Received: 04-01-2025

Revised: 27-05-2025

Accepted: 27-05-2025

Available Online: 27-05-2025

Cite this article:

Darvishi, B., Sheidaei, S., Jazaieri Noushabadi, M. R., & Shakeri, M. (2025). Testing value for cultivation and use of Negin Pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar applying for commercialization. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 145-161. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.91502.1103>

Introduction

Introducing improved bean cultivars with desirable characteristics such as high yield, large and marketable seeds, tolerant to environmental stress, erect growth type and suitable for mechanized harvesting are most important improvement goals in releasing new bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. These characteristics are considered in the manual for the implementation of the bean agronomic value test (VCU). The aim of current research is to evaluate the agricultural value, yield and other important agricultural characteristics of a pinto bean cultivar (Negin) applying for commercialization in the most important bean growing climates in Iran.

Materials and Methods

In this experiment, candidate pinto bean cultivar (Negin) along with 4 control cultivars (Sembol, Sepehr, Saleh and Kusha) were studied in 3 locations (Khomein, Ardabil and Esfahan) based on complete randomized block design experiment in 4 replications during two crop seasons (2021-2022 and 2022-2023). Characteristics listed in the "Manual for the implementation of the bean agronomic value test" include the number of days until flowering, the number of days until physiological maturity, plant height, first pod height, pods number per plant, seeds number per pod, pod shedding, the weight of 100 seeds, the yield of seeds fresh weight and water absorption capacity were recorded.

Results and Discussion

Results showed that flowering occurred significantly earlier in Negin candidate cultivar (42.3 days) than control cultivars. Early flowering is considered as an important factor influencing yield of bean cultivars. This feature makes the flowering process start earlier before the onset of environmental stresses such as drought and high temperature. Also, in early flowering cultivars, the seed filling period will be longer. Seed ripening in Negin candidate cultivar occurred 5 days earlier than determinate control cultivars (mean ripening period 82.1 days) and 12 days earlier than indeterminate control cultivars (mean ripening period 89.5 days). Early ripening is not only an escape mechanism from end-season stresses such as drought, but it is also important because enables the early production and bringing to the appropriate market price, and for this reason many bean breeding programs in the world are focused on introducing of early cultivars. Among the studied cultivars, the number of seeds per pod in Kusha cultivar was significantly higher than the other studied cultivars, while this trait in Saleh, Sepehr and Negin cultivars was less than Kusha cultivar. In all 3 study locations, Sembol determinate cultivar had the highest hundred seed weight (52.9 g) and after that the other determinate cultivars (Negin and sepehr) had the highest hundred seed weight (48.9 g and 46.53 g respectively). Seed yield of determinate candidate cultivar (4235.8 kg.ha⁻¹) was significantly more than other determinate Sepehr and Sembol cultivars (4027.1 kg.ha⁻¹ and 34463.8 kg.ha⁻¹ respectively) and seed yield of Negin cultivar had not significant difference with seed yield of indeterminate Saleh cultivar. In terms of performance, the Negin cultivar outperformed other determinate cultivars and matched the performance level of one indeterminate cultivar. Among the studied cultivars, Sembol showed the highest

1- Seed and Plant Certification and Registration Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

* Corresponding Author: b.darvishi@spcri.ir



water absorption capacity, followed by Kusha, Saleh, Sepehr, and Negin. Thus, the Negin candidate cultivar exhibited the lowest water absorption capacity.

Conclusion

The Negin candidate cultivar has strong potential as a new germplasm for national bean production due to its erect growth habit and ease of mechanical harvesting, early flowering and maturity, reduced water requirement (one to two times less), good marketability, and ability to produce larger seeds.

Acknowledgement

This article is extracted from the research project of the Seed and Plant Certification and Registration Institute under the approved number 04-08-08-040-011096 dated 2024/06/15, which is hereby thanked and appreciated.

Keywords: Earliness, Growth type, Hundred seed weight, Maturity



بررسی مقایسه‌ای ارزش زراعی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) رقم نگین متقاضی تجاری شدن

بابک درویشی^{۱*}، سامان شیدائی^۱، محمدرضا جزایری نوش آبادی^۱، مصطفی شاکری^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۶

چکیده

در این آزمایش، یک رقم لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نامزد معرفی (نگین) به همراه چهار رقم شاهد (دو رقم رشد محدود سمبل و سپهر و دو رقم رشد نامحدود صالح و کوشا) در سه منطقه مختلف (خمین، اردبیل و اصفهان) و در هر منطقه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۴۰۱-۱۴۰۲ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که گل‌دهی در رقم نگین (۴۲/۳ روز) به‌طور معنی‌داری زودتر از سایر ارقام افتاد (هفت روز زودتر). رسیدگی دانه در رقم نامزد نگین پنج روز زودتر از ارقام شاهد سپهر و سمبل (با متوسط طول دوره رسیدگی ۸۲/۱ روز) و ۱۲ روز زودتر از ارقام شاهد کوشا و صالح (با متوسط طول دوره رسیدگی ۸۹/۵ روز) صورت گرفت. در هر سه منطقه مورد مطالعه، پس از رقم سمبل با وزن ۱۰۰ دانه ۵۲/۹ گرم، دو رقم سپهر و نگین (نامزد) بالاترین وزن ۱۰۰ دانه (به ترتیب ۴۸/۹ گرم و ۴۶/۵ گرم) را داشتند. عملکرد دانه در رقم نامزد نگین (۴۲۳۵/۸ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو رقم سپهر و سمبل (به ترتیب ۴۰۲۷/۱ و ۳۴۴۶/۸ کیلوگرم در هکتار) بود و در عین حال اختلاف معنی‌داری با عملکرد دانه در رقم صالح نداشت. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که رقم نامزد نگین به‌دلیل زودرس بودن (۵ تا ۱۲ روز)، سهولت برداشت به‌دلیل تیپ رشد ایستاده و بازپسندی بیشتر به‌دلیل تولید دانه‌های نسبتاً درشت می‌تواند همانند ارقام شاهد در مناطقی مشابه مناطق مورد آزمایش به‌عنوان ژرم‌پلاسم جدید در تولید حبوبات کشور نقش مؤثری ایفا نماید.

واژه‌های کلیدی: تیپ رشد، رسیدگی، زودرسی، وزن ۱۰۰ دانه

مقدمه

ارقام پرتانسیل در افزایش عملکرد، افزایش بهره‌وری و در نتیجه در توسعه اقتصاد کشاورزی کشور نقش محوری دارند و از این رو ضروری است که ارقامی در اختیار کشاورزان و تولیدکنندگان گیاهان زراعی قرار گیرند که اطمینان لازم از کمیت و کیفیت محصول برای استفاده از آن‌ها وجود داشته باشد. مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال در سالیان گذشته شرایط و امکان معرفی ارقام جدید حبوبات توسط بخش خصوصی را فراهم نموده است. بنابراین ضروری است که ارقام معرفی‌شده طی آزمون ارزش زراعی که توسط مؤسسه مذکور انجام می‌شود، مورد ارزیابی قرار گرفته و پتانسیل تولید و ارزش زراعی آن‌ها در اقلیم‌های متنوع زراعی ایران بررسی شود تا پس از حصول اطمینان از برتری آن‌ها در یک یا چند ویژگی مهم و مورد نیاز، شرایط تولید و تکثیر بذر آن‌ها در داخل کشور فراهم گردد. منظور از آزمون ارزش زراعی، آزمونی است که در آن

عملکرد و اریته‌های نامزد معرفی (واریته‌های متقاضی تجاری شدن و ثبت در فهرست ملی ارقام گیاهی) بررسی و با عملکرد و اریته‌های موجود در فهرست ملی مقایسه می‌شود (Animal & Plant Agency, 2023). تولید ارقام اصلاح‌شده لوبیا با ویژگی‌های مطلوب از جمله عملکرد بالا، دانه درشت و بازپسند، متحمل به تنش‌های محیطی و تیپ رشد ایستاده و مناسب برای برداشت مکانیزه از جمله مهم‌ترین اهداف اصلاحی در معرفی ارقام جدید لوبیا بوده و در آزمون ارزش زراعی این گیاه زراعی مورد توجه هستند.

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گیاهی خودگشن است که عمدتاً سه نوع آن شامل سفید، قرمز و چیتی در ایران کشت می‌شود (Ghanbari, 2012). سطح زیرکشت جهانی لوبیا در سال ۲۰۲۰ حدود ۳۵ میلیون هکتار گزارش شده است (FAO, 2020). سطح زیرکشت لوبیا در ایران در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ حدود ۱۰۱ هزار هکتار و میزان تولید این گیاه زراعی

تأثیر قرار می‌دهد (Turhan et al., 2002). جذب آب توسط دانه عمدتاً به عواملی همچون مدت زمان جذب، دمای آب و برخی ویژگی‌های فیزیکی دانه مانند سختی و ضخامت پوشش دانه بستگی دارد (Harouna et al., 2019).

ارقام سپهر و سمبل از ارقام زودرس لوبیا چیتی با طول دوره رسیدگی کوتاه‌تر بوده و دارای تیپ رشد محدود و ایستاده هستند. وزن ۱۰۰ دانه این ارقام نسبت به ارقام رشد نامحدود بالاتر بوده و دانه درشت‌تری تولید می‌کنند. برداشت مکانیکی ارقام سپهر و سمبل به دلیل تیپ رشد ایستاده آن‌ها امکان‌پذیر بوده و دانه آن‌ها به دلیل درشت‌تر بودن بازارپسندتر است (Darvishi et al., 2023). رقم کوشا یک رقم لوبیا چیتی با تیپ بوته ایستاده و رشد نامحدود است که در سال ۱۳۹۳ معرفی شده است. این رقم نسبت به آفت کنه دونه‌ای متحمل و نسبت به ویروس‌های BCMV و CMV نیمه‌مقاوم است. میانگین ارتفاع بوته در این رقم ۸۰-۷۰ سانتی‌متر و میانگین عملکرد دانه ۳۳۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. دانه این رقم از بازارپسندی مناسبی برخوردار است (Kamankesh & Shafiee, 2018). رقم صالح یک رقم لوبیا چیتی نسبتاً زودرس با تیپ بوته رونده و رشد نامحدود است که در سال ۱۳۹۵ معرفی شده است. این رقم نسبت به آفت کنه دو نقطه‌ای و نسبت به ویروس‌های BCMV و CMV حساس است. رقم صالح از رنگ و شکل دانه و بازارپسندی مناسبی برخوردار است. میانگین ارتفاع بوته در این رقم ۸۰ سانتی‌متر و میانگین عملکرد دانه ۲۵۸۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Kamankesh & Shafiee, 2018). رقم نامزد نگیں از طریق انتخاب و گزینش تک بوته بر مبنای صفات مورفولوژیک و خالص‌سازی توده محلی هزارجریبی طی شش سال توسط شرکت نگیں بذر پارس اصلاح و معرفی شده است.

هدف از پژوهش حاضر این بوده که در اقلیم‌های کشت لوبیا در ایران، ارزش زراعی یک رقم لوبیا چیتی متقاضی تجاری شدن ارزیابی شده و عملکرد و سایر ویژگی‌های مهم زراعی این رقم با ارقام موجود در فهرست ملی ارقام گیاهی براساس ویژگی‌های ذکرشده در دستورالعمل آزمون ارزش زراعی لوبیا مقایسه گردد تا ارزش زراعی رقم مورد مطالعه در هر یک از اقلیم‌های کشت لوبیا در کشور مشخص شود.

مواد و روش‌ها

پس از انجام عملیات زراعی شامل شخم پاییزه و بهاره، دیسک، لولر و کوددهی براساس نیاز غذایی خاک، زمین آزمایشی به‌طور مشابه در سه منطقه شامل خمین، اردبیل و اصفهان در دو سال زراعی (۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱) آماده کشت شد. شرایط

بیش از ۲۲۴ هزار تن با متوسط عملکرد ۲۲۴۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است (Anonymous, 2023). لوبیا گونه‌ای پلی مورفیک است که از نظر عادت رشد (رشد محدود و یا رشد نامحدود)، ویژگی‌های رویشی، رنگ گل، اندازه، شکل و رنگ غلاف‌ها و بذور (Fageria & Santos, 2008) و عملکرد (Gomez et al., 2004) دارای تنوع گسترده است که این موضوع ناشی از تنوع بالای ژنتیکی در لوبیا می‌باشد. این تنوع گسترده ژنتیکی و فنوتیپی امکان اصلاح و معرفی ارقام پرمحصول لوبیا را به‌طور چشمگیری افزایش داده است. برای معرفی رقم مناسب برای هر منطقه می‌توان از این تنوع گسترده استفاده نمود و پس از ارزیابی ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف آزمایشی، رقم مناسب برای هر منطقه را معرفی کرد (Awan et al., 2014). گزارش شده است که در شرایط محیطی متفاوت، ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند و ژنوتیپی که در یک منطقه عملکرد بالاتری دارد، ممکن است در مناطق دیگر چنین عملکردی نداشته باشد (Farshadfar, 1998). گستردگی تنوع ژنتیکی لوبیا، ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های این گیاه زراعی در مناطق مختلف را اجتناب‌ناپذیر نموده است. با توجه به اینکه عملکرد تحت تأثیر عوامل متعدد ژنتیکی و محیطی قرار دارد، برای ارتقاء عملکرد لازم است که پس از شناسایی و تعیین سهم نسبی هر یک از عوامل بهبوددهنده عملکرد، برنامه‌های اصلاحی مربوط به ارتقاء عملکرد سازمان‌دهی شوند (Goncalves Ceolin et al., 2007). در مطالعه‌ای تمام ارقام مورد مطالعه لوبیا از نظر ۱۸ صفت مورد بررسی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند و از بین صفات مورد مطالعه، صفات تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن غلاف با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند (Safapour et al., 2009). پژوهشگران دیگری گزارش نمودند که ارتفاع بوته، تعداد گره روی شاخه اصلی، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته و وزن دانه، بیشترین تأثیر را روی عملکرد دانه لوبیا داشتند (Amini et al., 2002). جذب آب فرآیندی است که معمولاً پیش از پخت دانه غلات و لگوها اتفاق می‌افتد و از این‌رو ارزیابی ویژگی‌های جذب آب بذور مختلف طی این فرآیند مشخصه مهمی است که توسط پژوهشگران مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهشگران ثابت کردند که دانه‌ها در شرایط مختلف جذب آب، ظرفیت جذب متفاوتی از خود نشان می‌دهند (Shafaei et al., 2016). مطالعه و فهم فرآیند جذب آب در لگوها موضوع بسیار مهمی است، زیرا این موضوع فرآیندهای بعدی مانند مدت زمان پخت و کیفیت فرآورده نهایی را تحت

مرکب برای دو سال و سه منطقه انجام شد. آمار هواشناسی مناطق مورد مطالعه در ماه‌های دوره رشد از سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در جدول ۲ نشان داده شده است.

به‌منظور تعیین نیازهای کودی لوبیا در مناطق مورد مطالعه، نمونه‌ای مرکب از خاک مزرعه انتخاب و با هدف تعیین خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آن، به آزمایشگاه خاک‌شناسی مؤسسه تحقیقات خاک و آب ارسال گردید که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

یادداشت‌برداری از ویژگی‌های مهم زراعی نظیر طول دوره گل‌دهی (در زمان گل‌دهی ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت)، ارتفاع بوته (در زمان برداشت و از سطح خاک تا بالاترین نقطه گیاه در ساقه اصلی)، تعداد غلاف در بوته (پس از خشک شدن اولین غلاف بوته و پیش از برداشت)، تعداد دانه در غلاف (پس از خشک شدن اولین غلاف بوته و پیش از برداشت) و طول دوره رسیدگی فیزیولوژیک (در زمان خشک شدن اولین غلاف بوته) در طول دوره رشد گیاه براساس دستورالعمل آزمون ارزش زراعی لوبیا انجام شد. این اندازه‌گیری‌ها بر مبنای ارزیابی ۲۰ گیاه تصادفی از هر کرت صورت گرفت. برای برآورد عملکرد دانه، ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت به اضافه دو ردیف حاشیه‌ای حذف شده و مابقی مساحت هر کرت (هشت مترمربع) به‌عنوان عملکرد دانه کرت ثبت شد. پس از اندازه‌گیری و ثبت ویژگی‌های مزرعه‌ای، وزن ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری شد. قبل از تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و آزمون یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی براساس آزمون بارتلت انجام شد. سپس تجزیه واریانس مرکب برای دو سال و سه منطقه انجام شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و برای مقایسه میانگین داده‌های مورد مطالعه از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید. ترسیم شکل‌ها نیز از طریق نرم‌افزار Excel انجام شد.

اقلیمی و هواشناسی مناطق مورد مطالعه در جداول ۱ و ۲ و ویژگی‌های خاک‌شناسی آن‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. نقشه کاشت براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای پنج رقم با چهار تکرار اجرا شد. هر بلوک شامل پنج کرت و هر کرت شامل شش خط شش متری با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته پنج سانتی‌متر بود. بذور رقم نامزد معرفی (نگین) به همراه بذر چهار رقم شاهد (سمبل، سپهر، صالح و کوشا) در سه منطقه یادشده در کرت‌های مربوطه کشت شدند. مشخصات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و شرایط اقلیمی مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. در این جدول، منطقه‌بندی اقلیمی به‌روش کوپن-گایگر انجام شده است (Raziei, 2017). عملیات داشت شامل وجین علف‌های هرز، آبیاری و مقابله با آفات و بیماری‌ها (در صورت لزوم) در طول دوره رشد گیاه انجام شد. ویژگی‌های مندرج در "دستورالعمل اجرای آزمون ارزش زراعی لوبیا" شامل تعداد روز تا گل‌دهی، تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع گیاه، ارتفاع اولین غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وضعیت ریزش غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، وزن تر دانه (گرم در ۱۰۰ دانه) و ظرفیت جذب آب دانه لوبیا (گرم در دانه) یادداشت‌برداری شد (SPCRI, 2009).

برای اندازه‌گیری وزن تر دانه، ۱۰۰ عدد دانه لوبیا در ۱۵۰ میلی‌لیتر آب خالص ریخته شد. پس از ۱۶ ساعت، دانه‌ها روی کاغذ خشک‌کن خشک شده و وزن آن‌ها به‌عنوان وزن تر ثبت گردید. ظرفیت جذب آب دانه لوبیا براساس معادله ۱ اندازه‌گیری شد.

$$\text{معادله (۱)} = \text{ظرفیت جذب آب دانه لوبیا (گرم در دانه)} - \frac{100}{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}$$

جهت برآورد عملکرد در هر کرت، نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به اضافه دو ردیف حاشیه‌ای حذف شده و مابقی مساحت هر کرت به‌عنوان عملکرد کرت ثبت شد. تجزیه واریانس ساده و مرکب دو ساله و مقایسه میانگین به‌روش دانکن بر روی عملکرد و سایر صفات اندازه‌گیری‌شده براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای هر منطقه به‌طور جداگانه و نیز تجزیه واریانس

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و شرایط اقلیمی مناطق مورد مطالعه

Table 1- Geographical coordinates, altitude above sea level and climatic zoning in studied areas

مناطق مورد مطالعه Studied areas	مختصات جغرافیایی Geographical coordinates	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude above sea level (m)	منطقه‌بندی اقلیمی Climatic zoning
خمین Khomein	33° N 20' 15" 49° E 57' 18 "	1930	معتدل سرد Moderately cold
اردبیل Ardabil	38° N 17' 53" 48° E 38' 72 "	1362	سرد Cold
اصفهان Esfahan	32° N 37' 13" 51° E 22' 83 "	1765	معتدل سرد Moderately cold

جدول ۲- آمار هواشناسی مناطق مورد مطالعه در دوره رشد لوبیا (اردیبهشت تا شهریور) در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Table 2- Meteorological statistics of the studied areas in the growth period of bean in 2021-2022 and 2022-2023

سال	۱۴۰۱	۱۴۰۱	۱۴۰۱	۱۴۰۱	۱۴۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۲	۱۴۰۲	۱۴۰۲	۱۴۰۲
Year	2022	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2023	2023	2023
ماه	اردیبهشت	خرداد	تیر	مهر	شهریور	اردیبهشت	خرداد	تیر	مهر	شهریور
Month	May	June	July	August	September	May	June	July	August	September
خمین Khomein	بارندگی Rainfall (mm)	6.9	5.2	6.4	0	12.3	12.4	6.2	36.9	0.2
	میانگین دمای روزانه Average daily temperature (°C)	18.7	20.7	22.2	18.2	11.4	30.8	33.7	22.4	19.6
اردبیل Ardabil	بارندگی Rainfall (mm)	5.1	1.5	0.1	4.4	32.3	34.1	10.7	7.9	19.2
	میانگین دمای روزانه Average daily temperature (°C)	19.5	19.2	20.1	18.4	12.3	17.6	19.3	20.8	14.5
اصفهان Esfahan	بارندگی Rainfall (mm)	0	17.1	1.9	0.9	0	2	1.8	0	0
	میانگین دمای روزانه Average daily temperature (°C)	29.6	31.2	27.7	25.7	20.1	22.1	29.2	32.1	28.5

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه خاک در مناطق مورد مطالعه

Table 3- Physicochemical properties of soil samples in the studied areas

مناطق مورد مطالعه Studied areas	ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک Physicochemical properties of soil						
	بافت Texture	اسیدیته pH	شوری EC (dS.m ⁻¹)	کربن آلی Organic C (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)
خمین Khomein	لوم Loam	8.10	0.9	0.48	0.05	14.4	233.0
اردبیل Ardabil	لوم رسی Clay loam	7.20	2.2	0.70	0.08	16.4	340
اصفهان Esfahan	لوم رسی Clay loam	7.30	1.4	0.41	0.07	13.4	320

نتایج و بحث

درحالی که رقم کوشا دیرگل‌ترین رقم بود (جدول ۵). میانگین تعداد روز تا گل‌دهی در رقم نگین ۴۲/۳ روز و میانگین این صفت در سایر ارقام ۴۹ روز بود. این ویژگی در رقم زودگل و زودرس نگین سبب شده است که عملکرد این رقم به‌طور معنی‌داری از عملکرد ارقام زودرس سپهر و سمبل بیشتر باشد. سبکدست و خیالپرست (Sabokdast & Khyalparast, 2008) در مطالعه عملکرد و اجزای عملکرد در ۳۰ رقم لوبیا نشان دادند که بین ارقام در کلیه ۱۸ صفت مورد بررسی از جمله صفت تعداد روز تا گل‌دهی اختلاف معنی‌داری وجود داشت که دلالت بر وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام لوبیا است.

براساس نتایج تأثیر عامل‌های مکان و رقم و اثر برهم‌کنش سال × رقم و اثر برهم‌کنش مکان × رقم بر صفت طول دوره گل‌دهی بوته‌های لوبیا معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین صفت طول دوره گل‌دهی در سطوح اثر برهم‌کنش عامل‌های مورد مطالعه (مکان و رقم) نشان داد که شروع گل‌دهی ارقام لوبیا از نظر زمانی به‌ترتیب در اردبیل، خمین و اصفهان صورت گرفت و مکان‌های مورد مطالعه از این نظر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. در بین ارقام مورد مطالعه نیز گل‌دهی در رقم نگین (رقم نامزد) به‌طور معنی‌داری زودتر از سایر ارقام اتفاق افتاد،

جدول ۴- خلاصه جدول تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ارقام لوبیا چیتی
Table 4- Summary of variance analysis of studied traits in pinto bean cultivars

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	روز تا گل‌دهی Days to flowering	دوره رسیدگی Maturity period	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع اولین غلاف First pod height	تعداد غلاف Number of pods	تعداد بذر در غلاف Number of seeds in pod	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	عملکرد بذری Seed yield	وزن تر دانه Seed wet weight	ظرفیت جذب آب Water absorption capacity
سال Year (Y)	1	25.68 ^{ns}	72.20 ^{**}	255.97 ^{**}	0.01 ^{ns}	31.87 ^{ns}	0.29 ^{ns}	52.81 ^{**}	1103795.11 ^{**}	1.28 ^{ns}	0.00001 ^{ns}
مکان Location (L)	2	224.40 ^{**}	2.02 ^{ns}	2.40 ^{ns}	26.03 [*]	138.92 ^{**}	4.48 ^{**}	24.91 ^{**}	959249.70 ^{**}	0.15 ^{ns}	0.001 ^{ns}
سال×مکان Y×L	2	0.41 ^{ns}	4.01 ^{ns}	65.01 ^{ns}	1.71 ^{ns}	4.16 ^{ns}	0.01 ^{ns}	13.12 ^{**}	417083.44 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.00005 ^{ns}
بلوک (سال مکان) (Y×L) Block	6	7.37	2.74	33.69	4.46	24.04	0.86	2.07	480997.66	6.57	0.0012
رقم Cultivar (C)	4	662.60 ^{**}	750.91 ^{**}	4771.67 ^{**}	30.11 ^{**}	102.43 ^{**}	3.42 ^{**}	398.73 ^{**}	5371831.34 ^{**}	7306.51 ^{**}	0.3639 ^{**}
سال×رقم Y×C	4	8.63 ^{**}	35.41 ^{**}	625.09 ^{**}	5.47 ^{ns}	7.08 ^{ns}	0.21 ^{ns}	3.51 ^{ns}	57901.57 ^{ns}	8.80 [*]	0.0004 ^{ns}
مکان×رقم C×L	8	8.87 ^{**}	6.04 ^{**}	73.30 [*]	1.08 ^{ns}	43.99 ^{**}	0.08 ^{ns}	13.62 ^{**}	2011501.20 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.0106 ^{**}
سال×مکان×رقم C×L×Y	8	1.33 ^{ns}	1.99 ^{ns}	326.15 ^{**}	6.32 ^{ns}	2.32 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.72 ^{ns}	30801.68 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.0003 ^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	83	0.81	1.60	29.27	6.32	7.39	0.33	2.39	149834.53	2.84	0.0003
ضریب تغییرات CV%	-	11.89	10.50	11.33	20.40	20.11	12.85	3.29	9.29	2.16	5.91

ns, * and **: No significant difference and significant difference at the five percent and one percent probability levels, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات لوبیا چیتی در سطوح عامل‌های مورد مطالعه
Table 5- Mean comparison of pinto bean traits in the levels of studied factors

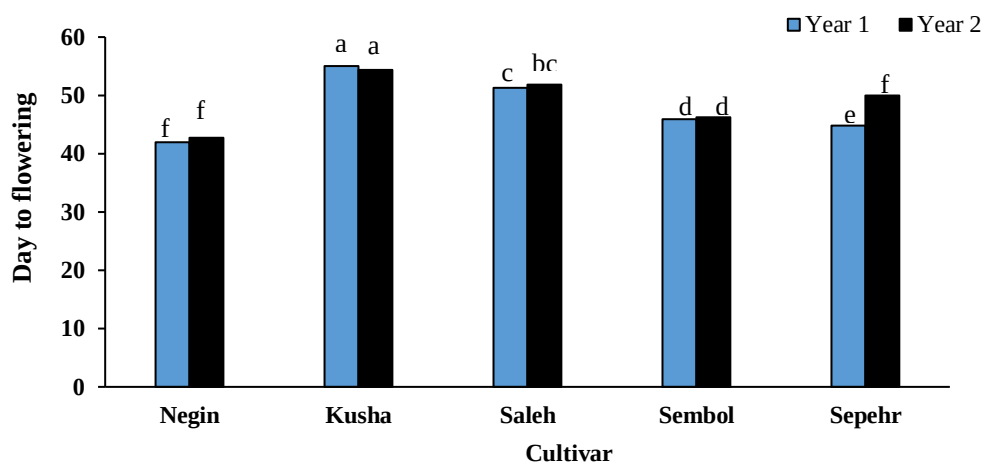
عامل‌های مورد مطالعه Studied factors	سطح Level	میانگین صفات مورد مطالعه Average of studied traits									
		روز تا گل‌دهی Days to flowering (day)	دوره رسیدگی Maturity period (day)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	ارتفاع اولین گل‌اف First pod (cm) height	تعداد غلاف Number of pods	تعداد بذر در غلاف Number of seeds in pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	وزن تر دانه Seed wet weight (g.100 seed ⁻¹)	ظرفیت جذب آب Water absorption capacity (g.seed ⁻¹)
مکان Location	اردبیل Ardabil	53.32 a*	83.65 a	50.47 a	9.45 c	16.92 a	4.91 a	48.53 a	4723.35 a	78.14 a	0.29 a
	خمین Khomein	47.77 b	84.57 a	45.01 a	15.26 a	10.10 c	4.47 b	45.46 c	3608.73 c	77.84 a	0.32 a
	اصفهان Esfahan	41.97 c	84.11 a	47.74 a	12.27 b	13.52 b	4.03 c	47.10 b	4166.04 b	78.02 a	0.31 a
رقم Cultivar	کوشا Kusha	54.68 a	90.93 a	64.23 a	14.22 a	12.87 bc	4.92 a	43.03 d	4706.7 a	79.09 b	0.36 b
	صالح Saleh	51.56 b	88.18 b	61.78 a	12.26 b	13.70 b	4.49 b	43.68 d	4413.9 b	79.58 b	0.34 c
	سمبل Sembol	46.08 c	83.81 c	36.56 c	12.16 b	16.91 a	3.87 c	52.98 a	3446.8 d	105.15 a	0.47 a
	سپهر Sephehr	43.79 d	80.50 d	35.14 c	11.48 b	11.44 c	4.57 b	48.92 b	4027.1 c	67.10 c	0.19 d
	نگین Negin	42.33 e	77.12 e	40.72 b	11.50 b	12.65 bc	4.51 b	46.53 c	4235.8 b	59.08 d	0.18 e

* حروف مشترک در سطوح هر عامل مورد مطالعه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.
* Common letters at the levels of each studied factor indicate the absence of significant differences.

ارقام لوبیا به شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی و ویژگی‌های منطقه کشت قرار دارد (White & Singh, 1991). در بین ارقام مورد مطالعه نیز رسیدگی فیزیولوژیک در رقم نامزد نگین به‌طور معنی‌داری زودتر از سایر ارقام اتفاق افتاد و بعد از رقم نامزد نگین به‌ترتیب ارقام سپهر، سمبل، صالح و کوشا وارد مرحله رسیدگی فیزیولوژیک شدند (جدول ۵). مقایسه میانگین صفت طول دوره رسیدگی در سطوح اثر متقابل رقم × سال نشان داد که در هر دو سال مورد مطالعه، رقم نامزد نگین به‌طور معنی‌داری زودتر از سایر ارقام وارد مرحله رسیدگی فیزیولوژیک شد و رقم کوشا در هر دو سال آزمایش دیررس‌ترین رقم بود (شکل ۳). در پژوهشی که توسط حسین‌نژاد و همکاران (Hoseinnejad et al., 2015) روی تأثیر روش‌های مختلف کشت بر ویژگی‌های زراعی ارقام لوبیا انجام شد، گزارش شد که ارقام لوبیا از نظر صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. زودرسی نه‌تنها به‌عنوان یک سازوکار فرار از تنش‌های آخر فصل مانند تنش خشکی مطرح است، بلکه از این جهت که امکان تولید زود هنگام محصول و رساندن آن به قیمت مناسب بازار را فراهم می‌آورد، حائز اهمیت است و از این جهت است که بسیاری از برنامه‌های اصلاحی لوبیا در جهان بر تولید ارقام زودرس متمرکز است (Cerna & Beaver, 1990). در پژوهش دیگری گزارش شده است که ارقامی که تیپ رشد بوته‌ای دارند (مانند رقم نامزد نگین در این پژوهش) در مقایسه با ارقام با تیپ رشد رونده، طول دوره رسیدگی کوتاه‌تری دارند (Schoonhoven & Voysest, 1991).

مقایسه میانگین صفت تعداد روز تا گل‌دهی در سطوح برهم‌کنش رقم × سال نشان داد که در هر دو سال مطالعه رقم نگین زودگل‌ترین و رقم کوشا دیرگل‌ترین رقم بودند (شکل ۱). مقایسه میانگین صفت تعداد روز تا گل‌دهی در سطوح اثر برهم‌کنش رقم × مکان نشان داد که در هر سه منطقه مورد مطالعه، رقم کوشا دیرگل‌ترین رقم بود. گل‌دهی در رقم نگین نیز در مناطق اصفهان و اردبیل زودتر از سایر ارقام مورد مطالعه اتفاق افتاد، اما در منطقه خمین گل‌دهی رقم نگین همزمان با رقم سپهر صورت گرفت و همین موضوع سبب معنی‌دار شدن اثر برهم‌کنش مربوطه شد (شکل ۲). گل‌دهی زود هنگام به‌عنوان یک مزیت مهم در شکل‌گیری عملکرد ارقام لوبیا به‌شمار می‌رود. این ویژگی باعث می‌شود که در ارقام زودگل، فرآیند گل‌دهی زودتر از آغاز تنش‌های محیطی مانند خشکی و دمای بالا شروع شود. همچنین در این ارقام، طول دوره پر شدن دانه طولانی‌تر خواهد بود (Schoonhoven & Voysest, 1991). این ویژگی در ارقام زودگل (سمبل، سپهر و نگین) سبب شده است که این ارقام علی‌رغم اینکه عملکرد کمتری دارند، اما از وزن ۱۰۰ دانه بالاتری برخوردار باشند (جدول ۵).

مقایسه میانگین صفت طول دوره رسیدگی در سطوح عامل‌های مورد مطالعه (سال، مکان و رقم) نشان داد که ارقام لوبیا در سال دوم به‌طور معنی‌داری زودتر از سال اول به بلوغ فیزیولوژیک رسیدند (جدول ۵). رسیدگی فیزیولوژیک ارقام لوبیا تحت تأثیر مکان کشت قرار نگیرد و مکان‌های مورد مطالعه از این نظر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. پژوهش‌های پیشین نشان داده است که طول دوره رسیدگی

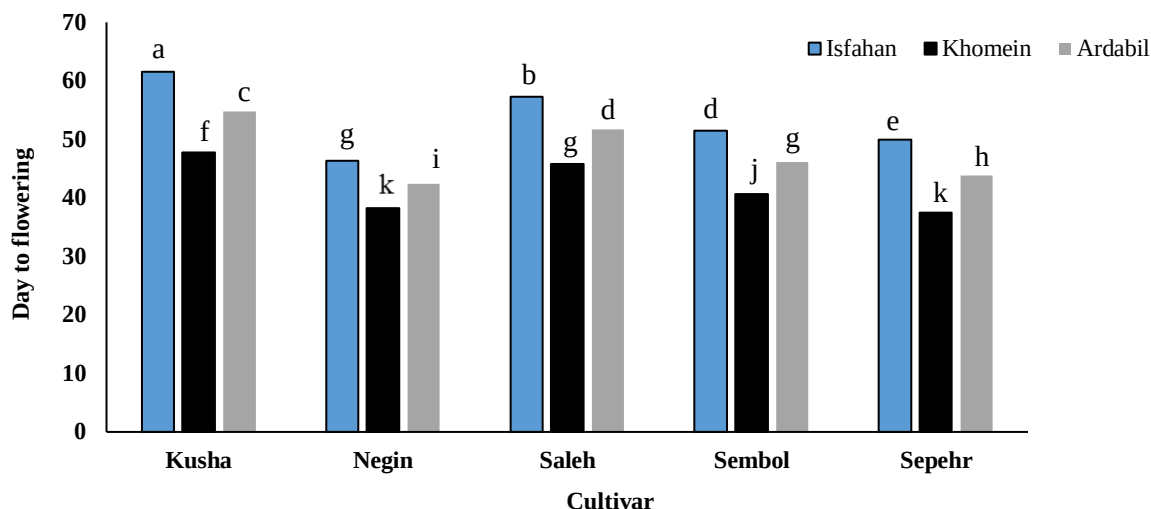


شکل ۱- مقایسه میانگین طول دوره گل‌دهی ارقام لوبیا چیتی در سطوح اثر برهم‌کنش رقم × سال

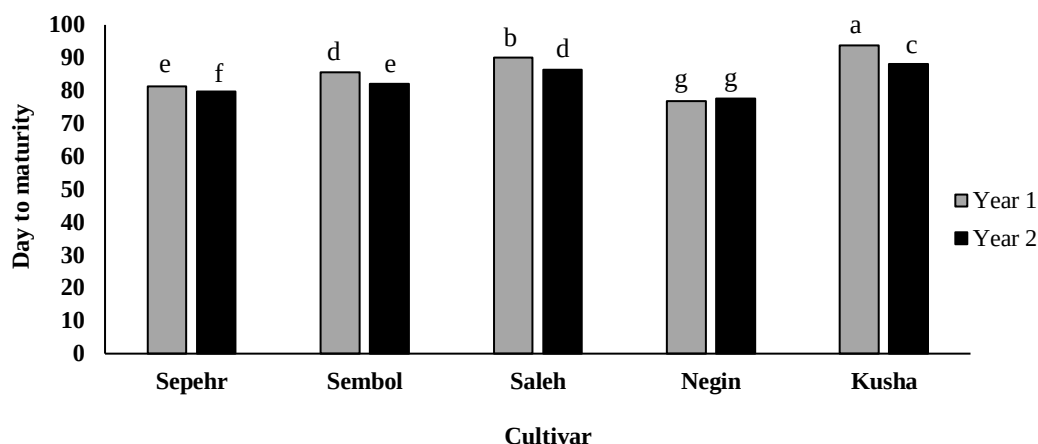
Fig. 1- Mean comparison of flowering period length of bean cultivars in year × cultivar interaction

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level



شکل ۲- مقایسه میانگین طول دوره گل‌دهی ارقام لوبیا چیتی در سطوح اثر متقابل رقم × مکان
Fig. 2- Mean comparison of flowering period length of bean cultivars in location × cultivar interaction
 حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است
 Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level



شکل ۳- مقایسه میانگین طول دوره رسیدگی ارقام لوبیا چیتی در سطوح اثر متقابل رقم × سال
Fig. 3- Mean comparison of ripening period length of bean cultivars in year × cultivar interaction
 حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است
 Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level

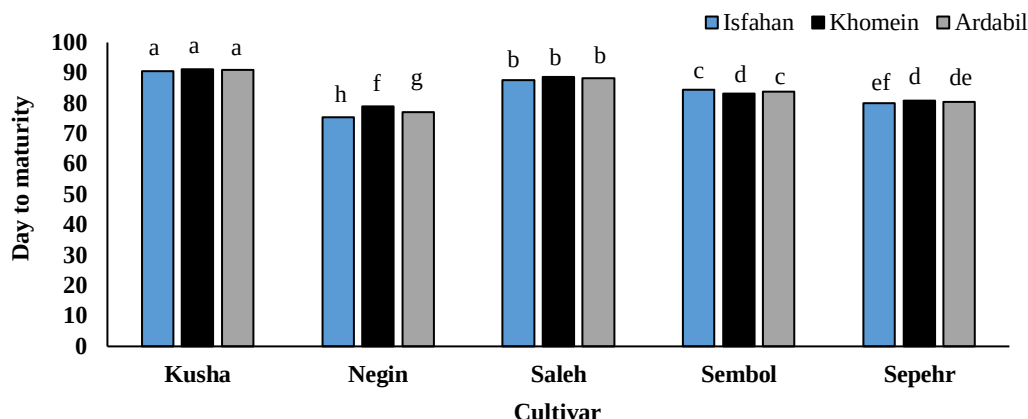
مختلف مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت (جدول ۵). در بین ارقام مورد مطالعه نیز ارقام سپهر و سمبل به‌طور معنی‌داری کوتاه‌تر از سایر ارقام و ارقام کوشا و صالح به‌طور معنی‌داری بلندتر از سایر ارقام بوده و رقم نامزد نگین از نظر ارتفاع بین این دو گروه قرار گرفت (جدول ۵). مقایسه میانگین صفت ارتفاع بوته در سطوح اثر متقابل رقم × مکان × سال نشان داد که در هر دو سال مطالعه، ارقام کوشا و صالح در هر سه منطقه بیشترین ارتفاع بوته را داشتند. رقم نامزد نگین نیز در هر دو سال و در هر سه منطقه از ارقام سپهر و سمبل

مقایسه میانگین صفت طول دوره رسیدگی در سطوح اثر متقابل رقم × مکان نشان داد که در هر سه منطقه مورد مطالعه، رقم کوشا دیررس‌ترین رقم بود. رسیدگی فیزیولوژیک در رقم نگین در هر سه منطقه مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری زودتر از سایر ارقام اتفاق افتاد (شکل ۴).

مقایسه میانگین صفت ارتفاع بوته در سطوح عامل‌های مورد مطالعه (سال، مکان و رقم) نشان داد که میانگین ارتفاع ارقام لوبیا در سال اول به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم مطالعه بود (جدول ۵). میانگین ارتفاع ارقام لوبیا در مناطق

بررسی لوبیا باعث تفاوت در ارتفاع بوته می‌شود (Salehi, 2014). همچنین گزارش شده است که ارقام رشد محدود و بوته‌ای لوبیا به‌طور متوسط بین ۲۰ تا ۶۰ سانتی‌متر ارتفاع دارند، درحالی‌که ارتفاع ارقام رونده لوبیا دو تا سه متر نیز گزارش شده است (Schoonhoven & Voysest, 1991).

بلندتر بود (شکل ۵). در منطقه اصفهان و در هر دو سال آزمون، ارتفاع بوته در ارقام رشد محدود و ایستاده (نگین، سمبل و سپهر) بلندتر از سایر مناطق بود که این موضوع می‌تواند به‌دلیل تناسب شرایط اقلیمی منطقه اصفهان با ارقام رشد محدود باشد. گزارش شده است که تفاوت‌های ژنتیکی بین لاین‌های مورد

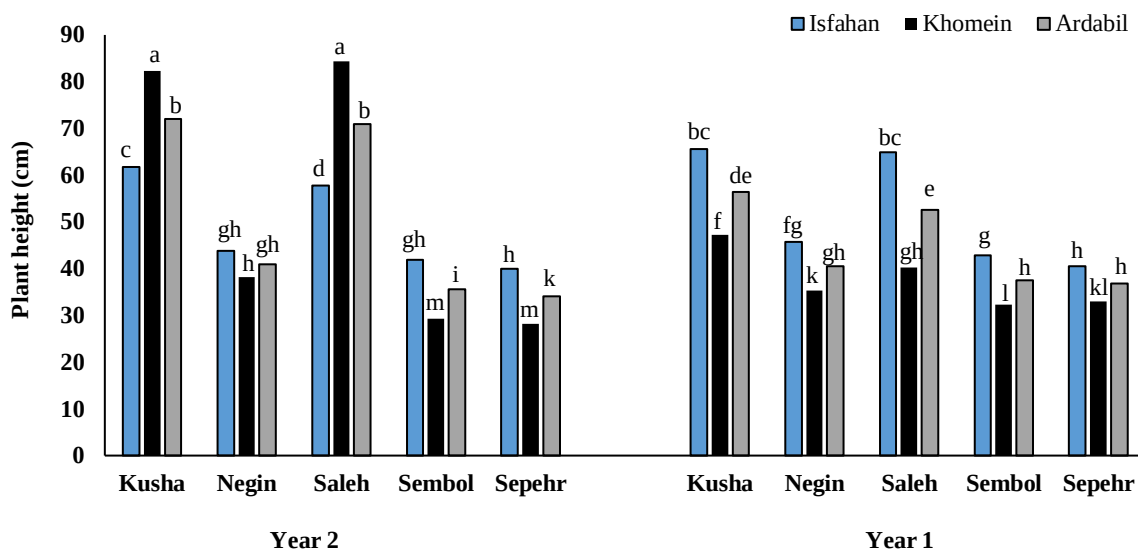


شکل ۴- مقایسه میانگین طول دوره رسیدگی ارقام لوبیا چیتی در سطوح اثر متقابل رقم × مکان

Fig. 4- Mean comparison of ripening period length of bean cultivars in location × cultivar interaction

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level



شکل ۵- مقایسه میانگین ارتفاع بوته ارقام لوبیا چیتی در سطوح اثر متقابل مکان × رقم × سال

Fig. 5- Mean comparison of plant height of bean cultivars in location × cultivar × year interaction

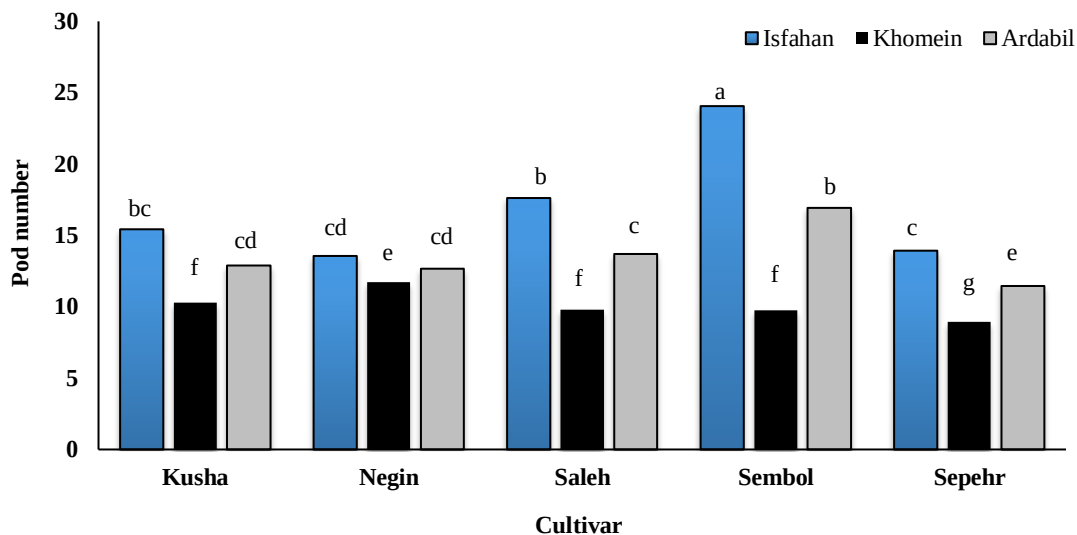
حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level

رقم سمبل به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام بود و پس از رقم سمبل به‌ترتیب ارقام صالح، کوشا، نگین و سپهر قرار داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین صفت تعداد غلاف در بوته در سطوح اثر متقابل رقم $\times$ مکان نشان داد که در اصفهان و اردبیل، رقم سمبل بیشترین تعداد غلاف در بوته را داشت، در حالی‌که در منطقه خمین، بیشترین تعداد غلاف در بوته متعلق به رقم نگین بود (شکل ۶). گزارش شده است که از میان صفات مؤثر در عملکرد لوبیا، صفت تعداد غلاف بیشترین همبستگی را با عملکرد دارد (Bennt et al., 1977). این صفت می‌تواند تا ۶۷ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نماید (Fageria & Santos, 2008). همبستگی بین تعداد غلاف و عملکرد ارقام لوبیا توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Serene et al., 2000). گزارش شده است که در ارقام رونده لوبیا که نسبت به ارقام بوته‌ای ارتفاع بیشتری دارند، تعداد نقاط گل‌دهی بیشتر بوده و از این‌رو در این ارقام، تعداد غلاف و تعداد بذر در غلاف به‌طور معنی‌داری بیشتر از ارقام بوته‌ای است و این موضوع در نهایت منجر به عملکرد بیشتر ارقام رونده می‌شود (Schoonhoven & Voysest, 1991).

مقایسه میانگین صفت ارتفاع اولین غلاف در سطوح عامل‌های مورد مطالعه (سال، مکان و رقم) نشان داد که میانگین ارتفاع اولین غلاف به‌ترتیب در خمین، اصفهان و اردبیل به‌طور معنی‌داری بلندتر بود (جدول ۵). میانگین ارتفاع اولین غلاف در رقم کوشا به‌طور معنی‌داری بلندتر از سایر ارقام مورد مطالعه (صالح، نگین، سمبل و سپهر) بود (جدول ۵). بنابراین رقم نامزد نگین از نظر ارتفاع اولین غلاف تفاوت معنی‌داری با ارقام سپهر و سمبل و حتی رقم صالح نداشت. ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین به‌عنوان یک ویژگی مؤثر در برداشت مکانیزه لوبیا مطرح است که در این آزمایش به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مکان کشت و رقم قرار گرفت (جدول ۴). در مطالعه توده‌های محلی لوبیا نشان داده شده است که این جمعیت‌ها از نظر صفات مختلف از جمله ارتفاع اولین غلاف دارای تنوع گسترده بوده‌اند (Roman et al., 2004).

مقایسه میانگین صفت تعداد غلاف در بوته در سطوح عامل‌های مورد مطالعه (سال، مکان و رقم) نشان داد که میانگین تعداد غلاف ارقام لوبیا در اردبیل به‌طور معنی‌داری بیشتر از میانگین تعداد غلاف بوته‌های لوبیا در اصفهان و خمین بود (جدول ۵). در بین ارقام مورد مطالعه نیز تعداد غلاف در



شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته ارقام لوبیا چیتی در سطوح اثر متقابل مکان $\times$ رقم

Fig. 6- Mean comparison of pod number of bean cultivars in location $\times$ cultivar interaction

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level

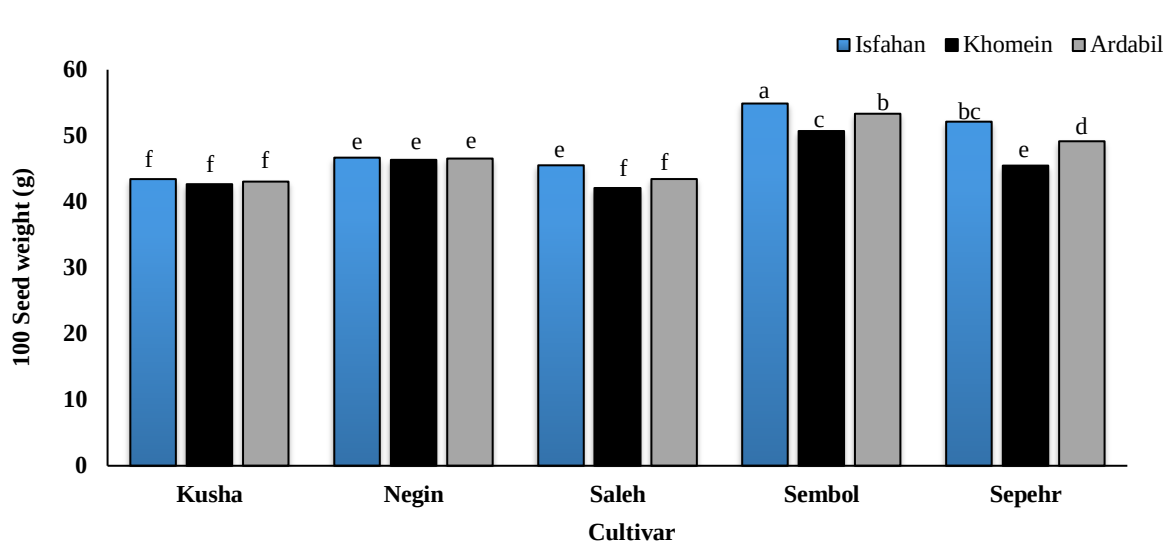
بین ارقام مورد مطالعه نیز تعداد بذر در غلاف در رقم کوشا به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام مورد مطالعه بود، در حالی‌که تعداد بذر در غلاف در ارقام صالح، سپهر و نگین کمتر از رقم کوشا و بیشتر از رقم سمبل بود (جدول ۵). در

مقایسه میانگین صفت تعداد بذر در غلاف در سطوح عامل‌های مورد مطالعه (سال، مکان و رقم) نشان داد که میانگین تعداد بذر در غلاف ارقام لوبیا در اردبیل به‌طور معنی‌داری بیشتر از خمین و اصفهان بوده است (جدول ۵). در

بین ارقام مورد مطالعه نیز رقم سمبل بیشترین و ارقام کوشا و صالح کمترین وزن ۱۰۰ دانه را داشتند. وزن ۱۰۰ دانه ارقام سپهر، نگین، صالح و کوشا نیز به ترتیب بعد از رقم سمبل قرار داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین صفت وزن ۱۰۰ دانه در سطوح اثر متقابل رقم × مکان نشان داد که وزن ۱۰۰ دانه در رقم سمبل در مکان‌های مختلف مورد مطالعه به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۷). در هر سه منطقه مطالعه پس از رقم سمبل، دو رقم دیگر سپهر و نگین بالاترین وزن ۱۰۰ دانه داشتند. گزارش شده است که در گیاه لوبیا، صفات وزن ۱۰۰ دانه و تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر ژنوتیپ قرار می‌گیرند و ارقام مورد مطالعه می‌توانند از نظر این صفات به شکل متفاوت رفتار کنند (Faraji et al., 2010).

گیاه لوبیا، صفت تعداد بذر در غلاف به همراه صفات تعداد غلاف در گیاه و وزن دانه سه جزء مهم تشکیل‌دهنده اجزای عملکرد محسوب می‌شوند (Liebman et al., 1995). بالاتر بودن تعداد بذر در گیاه در ارقام رونده نسبت به ارقام بوته‌ای و ایستاده در گزارش‌های پیشین نیز عنوان شده است (Schoonhoven & Voysest, 1991).

مقایسه میانگین صفت وزن ۱۰۰ دانه در سطوح عامل‌های مورد مطالعه (سال، مکان و رقم) نشان داد که میانگین وزن ۱۰۰ دانه ارقام لوبیا در سال اول به طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم مطالعه بوده است (جدول ۴). میانگین وزن ۱۰۰ دانه ارقام لوبیا در اصفهان به طور معنی‌داری بیشتر از میانگین وزن ۱۰۰ دانه بوته‌های لوبیا در اصفهان و خمین بود (جدول ۵). در



شکل ۷- مقایسه میانگین وزن ۱۰۰ دانه ارقام لوبیا چیتی در سطوح اثر متقابل مکان × رقم

Fig. 7- Mean comparison of hundred seed weight of bean cultivars in location × cultivar interaction

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

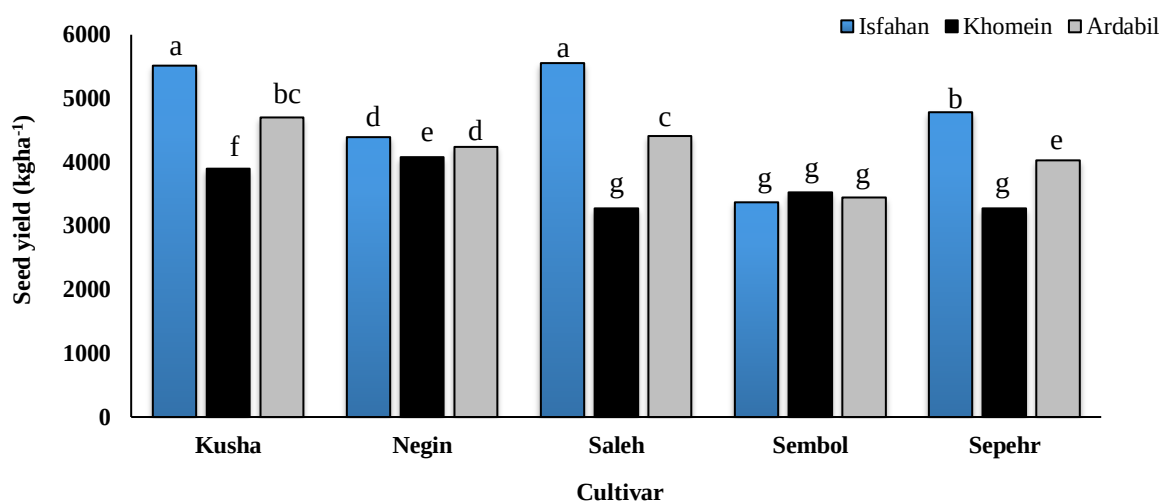
Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level

به طور معنی‌داری بیشتر از ارقام سپهر و سمبل بود. عملکرد دانه در رقم نامزد نگین به طور معنی‌داری بیشتر از دو رقم دیگر سپهر و سمبل بوده و در عین حال اختلاف معنی‌داری با عملکرد دانه در رقم صالح نداشت. بنابراین از حیث عملکرد رقم نامزد نگین توانست خود را در جایگاه بالاتری نسبت به دیگر ارقام رشد محدود و در جایگاه برابر با یکی از ارقام رشد نامحدود قرار دهد (جدول ۵). در پژوهش‌های پیشین نیز گزارش شده است که عملکرد ارقام بوته‌ای لوبیا (حداکثر ۲/۵ تن در هکتار) به طور معنی‌داری کمتر از ارقام رونده این محصول (حداکثر ۴/۵ تن در هکتار) است (Schoonhoven & Voysest, 1991).

مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه در سطوح عامل‌های مورد مطالعه (سال، مکان و رقم) نشان داد که میانگین عملکرد دانه ارقام لوبیا در سال دوم به طور معنی‌داری بیشتر از سال نخست مطالعه بوده است (جدول ۵). میانگین عملکرد دانه لوبیا در اردبیل به طور معنی‌داری بیشتر از میانگین عملکرد دانه بوته‌های لوبیا در اصفهان و خمین بود (جدول ۵) که این موضوع می‌تواند به دلیل شرایط اقلیمی مناسب‌تر منطقه اردبیل (بارندگی بیشتر و هوای خنک‌تر در طول دوره رشد لوبیا) نسبت به دو منطقه دیگر باشد (جدول ۲). در بین ارقام مورد مطالعه نیز میانگین عملکرد دانه در ارقام کوشا و صالح (به ترتیب)

محیط است. بدین معنی که بهترین ژنوتیپ در یک محیط لزوماً بهترین ژنوتیپ در محیط دیگر نیست (Farshadfar, 1998) و از این جهت است که در این پژوهش، ارقام مختلف در مناطق مورد مطالعه به‌طور متفاوت عمل کرده‌اند. مدنی و همکاران (Madani et al., 2008) گزارش کردند که تغییرات عملکرد در لاین‌های رشد محدود لوبیا در مقایسه با ارقام رشد نامحدود کمتر بوده و لوبیاهای بذر درشت معمولاً عملکرد کمتری از لوبیاهای بذر ریز دارند.

گزارش شده است که ویژگی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در محصول لوبیا دیر به گل رفتن آن‌ها بوده است (Gonzalez et al., 2005). مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه در سطوح اثر متقابل رقم × مکان نشان داد که میانگین عملکرد دانه ارقام کوشا و صالح در اصفهان و اردبیل به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام مورد مطالعه بود، درحالی‌که در منطقه خمین، عملکرد رقم نامزد نگین به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام (کوشا، صالح، سمبل و سپهر) بود (شکل ۸). عامل تعیین‌کننده برتری عملکرد یک رقم در یک محیط، اثر متقابل ژنوتیپ و



شکل ۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا چیتی در سطوح اثر متقابل مکان × رقم

Fig. 8- Mean comparison of seed yield of bean cultivars in location×cultivar interaction

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است
Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level

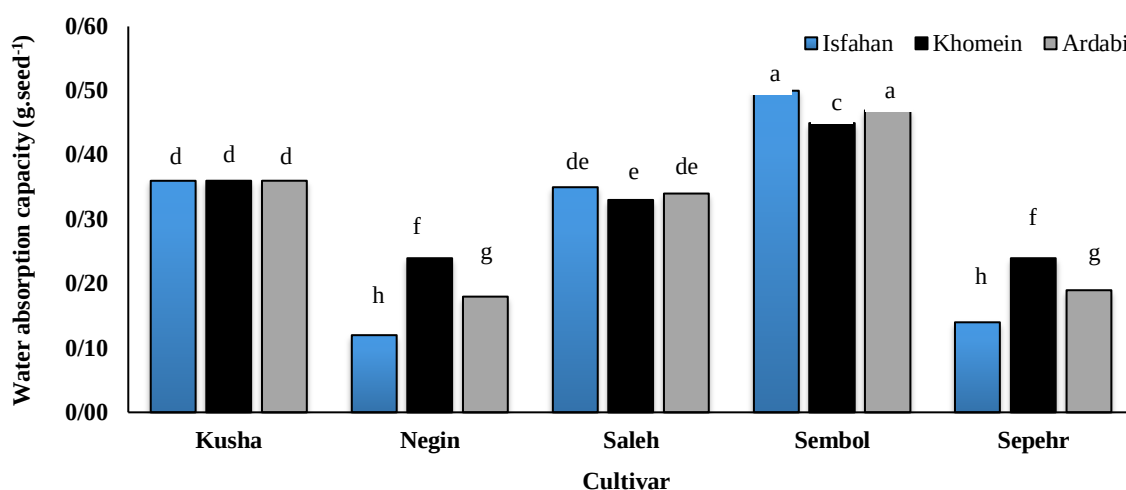
(جدول ۵). بنابراین مشاهده می‌شود که در بین ارقام مورد مطالعه، رقم نامزد نگین کمترین میزان جذب آب را داشت. مقایسه میانگین صفت ظرفیت جذب آب در سطوح عامل‌های مورد مطالعه (سال، مکان و رقم) نشان داد که تأثیر عامل رقم بر این صفت معنی‌دار بوده و سایر عامل‌ها (سال و مکان) تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت جذب آب نداشتند (جدول ۴). به نظر می‌رسد که عدم وجود تفاوت قابل ملاحظه در خصوصیات آگروکولوژیک مکان‌های مورد مطالعه باعث شده است که عامل مکان تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت جذب آب ارقام مورد مطالعه نداشته باشد. ظرفیت جذب آب در رقم سمبل به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام مورد مطالعه بود و بعد از این رقم به‌ترتیب ارقام کوشا، صالح، سپهر و نگین قرار داشتند (جدول ۵). بنابراین مشخص می‌شود که رقم نامزد نگین دارای کمترین مقدار ظرفیت جذب آب بوده است. گزارش شده است

مقایسه میانگین صفت وزن تر دانه در سطوح عامل‌های مورد مطالعه (سال، مکان و رقم) نشان داد که میانگین وزن تر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر عامل رقم قرار گرفت و سایر عامل‌ها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۴). وزن تر دانه در رقم سمبل به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر ارقام مورد مطالعه بود. این رقم که بالاترین وزن ۱۰۰ دانه را نیز داشت (۵۲/۹ گرم) با افزایش ۹۸/۴ درصدی به وزن تر ۱۰۵/۱ گرم رسید که نشانگر بیشترین میزان جذب آب در بین ارقام مورد مطالعه می‌باشد. بعد از رقم سمبل، ارقام کوشا و صالح قرار داشتند که به‌ترتیب با افزایش ۸۳/۸ درصدی و ۸۲/۱ درصدی به وزن تر ۷۹/۱ و ۷۹/۵ گرم رسیدند و پس از رقم سمبل بیشترین میزان جذب آب را داشتند. وزن تر دانه در رقم سپهر ۶۷/۱ گرم و کمترین وزن تر مربوط به رقم نامزد نگین بود که با افزایش وزن ۲۶/۹ درصدی به وزن تر ۵۹/۱ گرم رسید

به آب یک ویژگی فنوتیپیک است که نقش حیاتی در ویژگی‌های دانه مانند آبنوشی، کیفیت پخت و جوله‌زنی ایفا می‌کند (Smykal et al., 2014). مقایسه میانگین صفت ظرفیت جذب آب در سطوح اثر متقابل رقم × مکان نشان داد که ظرفیت جذب آب در رقم سمبل در هر سه مکان مطالعه به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر ارقام بود و از سوی دیگر ارقام نگین (نامزد) و سپهر در هر سه مکان مورد مطالعه کمترین ظرفیت جذب آب را داشتند (شکل ۹).

که یک رابطه منفی بین میزان جذب آب دانه و مدت زمان پخت لوبیا وجود دارد، به‌طوری‌که در واریته‌های فاقد آبنوشی اولیه، مدت زمان پخت طولانی‌تر می‌باشد (Harouna et al., 2019)، بنابراین به نظر می‌رسد که رقم نامزد نگین از این نظر نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه ضعیف‌تر بوده است.

تفاوت معنی‌دار بین ارقام از نظر ظرفیت جذب آب می‌تواند ناشی از این موضوع باشد که پوشش بذر در برخی ارقام نفوذپذیرتر از سایر ارقام می‌باشد. نفوذپذیری پوشش بذر نسبت



شکل ۹- مقایسه میانگین ظرفیت جذب آب دانه لوبیا چیتی در سطوح اثر متقابل مکان × رقم

Fig. 9- Mean comparison of water absorption capacity of been cultivars in location × cultivar interaction

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level

۴۸/۹ گرم) بود و رقم نگین (با وزن ۱۰۰ دانه ۴۶/۵ گرم) از نظر وزن ۱۰۰ دانه بین ارقام شاهد رشد محدود (با وزن ۱۰۰ دانه ۵۰/۹ گرم) و رشد نامحدود (با وزن ۱۰۰ دانه ۴۳/۳ گرم) قرار گرفت. به همین ترتیب، عملکرد رقم نامزد نگین (۴۲۳۵/۸ کیلوگرم در هکتار) از دو رقم رشد محدود شاهد (۳۷۳۶/۹۵ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. ظرفیت جذب آب در رقم نامزد نگین (۰/۱۸ گرم در دانه) نسبت به سایر ارقام به‌طور معنی‌داری کمتر بود. به‌طور کلی، رقم نامزد نگین به‌دلیل تیپ ایستاده و سهولت برداشت، زودرس بودن (گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک زودتر) و مصرف یک تا دو نوبت آب کمتر، بازارپسندی و تولید دانه‌های نسبتاً درشت می‌تواند همانند ارقام شاهد در مناطقی مشابه مناطق مورد آزمایش به‌عنوان ژرم‌پلاس جدید در تولید حبوبات کشور نقش مؤثری ایفا نماید.

نتیجه‌گیری

رقم نامزد نگین با متوسط ۴۲/۳ روز تا گل‌دهی به‌ترتیب ۲/۶ و ۱۰/۸ روز زودتر از ارقام شاهد وارد مرحله گل‌دهی شد. به همین ترتیب، طول دوره رسیدگی بذر در رقم نامزد نگین (۷۷/۱ روز) به‌طور معنی‌داری کوتاه‌تر از دوره رسیدگی ارقام رشد محدود (۸۲/۱ روز) و ارقام رشد نامحدود (۸۹/۵ روز) بود، به بیان دیگر بذر رقم نگین پنج روز زودتر از ارقام سمبل و سپهر و ۱۲/۳ روز زودتر از ارقام کوشا و صالح وارد مرحله رسیدگی شد. ارتفاع بوته در رقم نامزد نگین (۴۰/۷ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری بیشتر از ارقام شاهد سمبل و سپهر (۳۷/۹۳ سانتی‌متر) و کمتر از ارقام شاهد کوشا و صالح (۶۳/۱ سانتی‌متر) بود. ارتفاع اولین غلاف در رقم نامزد نگین (۱۱/۵ سانتی‌متر) فقط نسبت به رقم کوشا (۱۴/۲ سانتی‌متر) پایین‌تر بود، ولی در مقایسه با ارتفاع اولین غلاف سایر ارقام تفاوت معنی‌داری نداشت. درشت‌ترین دانه مربوط به رقم سمبل (با وزن ۱۰۰ دانه ۵۲/۹ گرم) و سپس رقم سپهر (با وزن ۱۰۰ دانه

References

- Amini, A., Ghanadha, M. R., & Abd-Mishani, C. (2002). Genetic diversity and correlation between different traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 33, 605-615. (In Persian).
- Animal and Plant Agency. (2023). VCU protocols and procedures for testing agricultural crops. Retrieved February, 12, 2023, from <https://www.gov.uk/guidance/vcu-protocols-and-procedures-for-testing-agricultural-crops>.
- Anonymous. (2023). Annual Reports of Beans Research Projects. Agricultural and Natural Resources Research Center of Markazi Province, Arak, Iran. (In Persian).
- Awan, F. K., Khurshid, M. Y., Afzal, O., Ahmed, M., & Chaudhry, A. N. (2014). Agro-morphological evaluation of some exotic common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under rainfed conditions of Islamabad, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 46, 259-264.
- Bennt, J. P., Adams, M. W., & Burga, C. (1977). Pod yield component variation and inter correlation in *Phaseolus vulgaris* as affected by planting density. *Crop Science*, 17, 35-75. <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700010021x>
- Cerna, J., & Beaver, J. S. (1990). Inheritance of early maturity of indeterminate dry bean. *Crop Science*, 30, 1215-1218. <https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000060011x>
- Darvishi, B., Rezvani, E., Sadeghi, H., Shakeri, M., Nasiri Vatan, H., Kavand, M., Yenkeje Farahani, S., & Sharafizad, M. (2023). Investigating the agronomic value of two new bean cultivars applying for commercialization. *Journal of Crop Improvement*, 25, 633-649. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22059/jci.2022.348230.2742>
- Fageria, N. K., & Santos, A. B. (2008). Yield physiology of dry bean. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 983-1004. <https://doi.org/10.1080/01904160802096815>
- Farshadfar, A. (1998). Application of quantitative genetics in plant breeding. Faculty of Agriculture. Kermanshah University, Iran. (In Persian).
- FAO, Food and Agriculture Organization. (2020). Crops production report from <http://faostat.fao.org>
- Faraji, H., Gholizadeh, S., Owliaee, H. R., & Azimi Gandomani, M. (2010). Effect of plant density on grain yield of three spotted bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in Yasouj condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, 1, 43-50. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/IJPR.V1I1.6338>
- Ghanbari, A. A. (2012). Physiological responses of common bean genotypes under contrasting moisture regimes. Faculty of Agriculture. Ph.D. Thesis. University of Tabriz, Iran. (In Persian).
- Gomez, O. J., Blair, M. W., Frankow-lindberg, B. E., & Gullberg, U. (2004). Molecular and phenotypic diversity of common bean landraces from Nicaragua. *Crop Science*, 44, 1412-1418. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1412>
- Goncalves Ceolin, A. C., Goncalves-Vidigal, M. C., SoaresVidigalFilho, P., Vinicius Kvitschalm, M., Gonela, A., & Alberto Scapim, C. (2007). Genetic divergence of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) group Carioca using morpho-agronomic traits by multivariate analysis. *Hereditas*, 144, 1-9. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0018-0661.01943.x>
- Gonzalez, A. M., Monteagudo, A. B., Casquero, P. A., De Ron, A. M., & Santalla, M. (2005). Genetic variation and environmental effects on agronomical and commercial quality traits in the main European market classes of dry bean. *Field Crop Research*, 95, 336-347. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.04.004>
- Harouna, D. V., Venkataramana, P. B., Matem, A. O., & Ndakidemi, P. A. (2019). Assessment of water absorption capacity and cooking time of wild under-exploited vigna Species towards their domestication. *Agronomy*, 9, 1-30. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090509>
- Hoseinnejad, A., Mehrpouyan, M., & Faramarzi, A. (2015). The use of two mechanized bean cultivation machines in comparison with manual cultivation and their effectiveness in some agricultural characteristics of red bean cultivars. International Conference on Applied Research in Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian).
- Kamankesh, E., & Shafiee, E. (2018). *Practical Guide for Beans Growing*. Amoozesh va Tarvij Keshavarzi press, Tehran, Iran. 85 pp. (In Persian).

- Liebman, M., Corson, S., Rowe, R. J., & Halteman, W. A. (1995). Dry bean response to nitrogen fertilizer in two tillage and residue management systems. *Agronomy Journal*, 87, 538-546. <https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700030024x>
- Madani, H., Shirzadi, M. H., & Darini, F. (2008). Effect of plant density on yield and yield components of vigna and tepary local beans germplasms in Jiroft, Iran. *New findings in Agriculture*, 3, 93-104. (In Persian). <https://www.magiran.com/p1486767>
- Raziei, T. (2017). Köppen-Geiger climate classification of Iran and investigation of its changes during 20th century. *Journal of the Earth and Space Physics*, 43, 419-439. <https://doi.org/10.22059/JESPHYS.2017.58916>
- Roman, H., Bralowski, T. W., Fiebig, M., & Bocian, S. (2004). Variability of selected characters of 18 local populations of bean (*Phaseolus* spp.). *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Horticulture*, 7(1).
- Sabokdast, M., & Khyalparast, F. (2008). A study of relationship between grain yield and yield components in common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural of Resource*, 11, 123-134. (In Persian). <http://dorl.net/dor/20.1001.1.22518517.1386.11.42.11.0>
- Safapour, M., Khaghani, S., Amirabadi, M., Teymori, M., & Bezian, M. K. (2009). The effects of water stress on agronomic traits and phenology of white beans. *New Findings of Agriculture*, 4, 367-378. (In Persian).
- Salehi, F. (2014). The effect of plant density on yield and yield components of red beans new lines. *Journal of Agriculture (Research and Development)*, 103, 22-28. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/AJ.2015.101200>
- Schoonhoven, A., & Vosyest, O. (1991). *Common Beans: Research for Crop Improvement for the 21st Century*. Kluwer Academic Publication. Dordrecht, Germany.
- Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI). (2009). Guideline For the conduct of Value for Cultivation and Use of beans. Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI). 13 p. (In Persian).
- Serene, M. I., Jebaraj, S., & Ganesh, S. K. (2000). Path analysis in cowpea. *Research on Crops*, 1, 314-316.
- Shafaei, S. M., Masoumi, A. A., & Roshan, H. (2016). Analysis of water absorption of bean and chickpea during soaking using Peleg model. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15, 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.08.003>
- Smykal, P., Vernoud, V., Blair, M. W., Soukup, A., & Thompson, R. D. (2014). The role of the testa during development and in establishment of dormancy of the legume seed. *Frontiers in Plant Science*, 5, 1-19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00351>
- Turhan, M., Sayer, S., & Gunasekaran, S. (2002). Application of Peleg model to study water absorption in bean and chickpea during soaking. *Journal of Food Engineering*, 53, 133-159. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00152-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00152-2)
- White, J. W., & Singh, S. P. (1991). Source and inheritance of earliness in tropically adapted indeterminate common bean. *Euphytica*, 55, 15-19. <https://doi.org/10.1007/BF00022554>



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.92134.1106>

Evaluation of Various Traits of some Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes in Ilam Climatic Conditions

Fatemeh Kamari¹, Zahra Tahmasebi^{1*} 

Received: 13-02-2025
Revised: 25-05-2025
Accepted: 27-05-2025
Available Online: 27-05-2025

Cite this article:

Kamari, F., & Tahmasebi, Z. (2025). Evaluation of various traits of some bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes in Ilam climatic conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 163-175. (In Persian with English Abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.92134.1106>

Introduction

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a vital legume, rich in protein and nutrients, that is significantly impacted by the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), leading to substantial economic losses in agricultural fields. Given the limitations of chemical control and its environmental consequences, the identification and utilization of resistant cultivars represent a sustainable approach to pest management. Various studies have demonstrated that certain bean genotypes possess morphological and physiological characteristics that effectively reduce mite populations. To date, a comprehensive assessment of bean genotype resistance to *T. urticae* under the climatic conditions of Ilam province has not been conducted. This research aims to evaluate the resistance of 25 bean genotypes to this pest under field conditions in Ilam, with the goal of identifying resistant varieties for integration into breeding programs and sustainable agricultural practices.

Materials and Methods

This research was conducted during the 2021-2022 growing season at the research farm of Ilam University to identify resistant and high-yielding bean varieties against *T. urticae*. Twenty-five bean genotypes (10 cultivars and 15 lines), including the susceptible cultivar "Akhtar," were obtained from the gene bank of Tehran University and planted in a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Following spring plowing, planting was carried out in June 2021, and irrigation was performed using the flood irrigation method every 3 to 4 days. Symptoms of infestation appeared during the flowering stage, and the extent of damage to the leaves was assessed using a five-point scale (0 = no infestation, 4 = severe damage). Phenological traits (days to flowering and podding) and morphological traits (plant height, pod length and width, number of seeds and pods) were measured, and the yield of each genotype was calculated based on the total weight of the seeds.

Results and Discussion

The results of this research indicated that there was considerable genetic diversity for all of the traits that were investigated. Based on the results of analysis of variance, the results of analysis of variance showed that there was a significant difference between genotypes in terms of all traits at the 1% level. Genotypes "Goli" and "D81083" were identified as the most resistant and had the highest yield (101.5 g per plant), while genotype "288" showed the most susceptibility and the lowest yield (0.42 g per plant). Cultivar "Goli" had the highest number of pods (37.7 per plant), and cultivar "323" had the lowest number of pods (2.67 per plant). Additionally, cultivar "Goli" had the highest number of seeds per pod (5.1), and cultivar "Local Azna" had the lowest number of seeds per pod (1.8). In terms of plant height, cultivar "1090" had the tallest plants at 122.7 cm, and cultivar "Khomein" had the shortest plants at 36.1 cm. The greatest pod length (10.6 cm) was observed in cultivar "Derakhshan," and the shortest length (1.6 cm) in cultivar "79EMERSON." A significant negative correlation between mite damage and yield ($r = -0.78$) indicated that increased damage leads to lower yield. Cluster analysis divided the genotypes into four groups, with genotypes "Goli" and "D81083" in the resistant group and genotypes "1090" and "288" in the susceptible group. These results confirm that the use of resistant genotypes can help reduce pest damage and increase yield. Correlation analysis showed that the level of pest damage has a negative and significant correlation with yield and its components ($r = -0.78$). Cluster analysis divided genotypes into four groups: resistant, semi-resistant, semi-susceptible, and susceptible.

1- Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

*- Corresponding Author: z.tahmasebi@ilam.ac.ir



Conclusions

High genetic diversity was observed in the studied cultivars and lines; cultivar 288 was the most sensitive, and cultivars D81083 and Goli were the most resistant and high yielding. There was a positive correlation between the number of pods and seeds per plant with seed yield. Cluster analysis divided the cultivars into four groups, with the fourth group including the D81083 and Goli cultivars having the best performance and resistance.

Keywords: Cluster analysis, Damage rate, Pest, Resistance

ارزیابی صفات مختلف برخی ژنوتیپ‌های لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط آب‌وهوایی ایلامفاطمه کمری^۱، زهرا طهماسبی^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۶

چکیده

با توجه به اهمیت اقتصادی خسارت کنه‌ها، به‌ویژه کنه تارتن دولک‌ای و کمبود مطالعات در این زمینه، بررسی مقاومت ژنتیکی ارقام لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به این آفت و شناسایی ارقام متحمل، امری ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش، ۲۵ ژنوتیپ لوبیا شامل ۱۰ رقم و ۱۵ لاین در شرایط اقلیمی ایلام و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام مورد ارزیابی قرار گرفتند. عملیات کاشت در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و در تاریخ ۳ خرداد ۱۴۰۰، که در بازه زمانی مطلوب کاشت (۲۰ اردیبهشت تا ۱۵ خرداد) قرار داشت، انجام شد. نخستین علائم آلودگی به کنه تارتن دولک‌ای (*Tetranychus urticae* Koch) در مرحله آغاز گل‌دهی مشاهده گردید. برای سنجش تحمل ژنوتیپ‌ها، خسارت به برگ‌ها با مقیاس ۰ تا ۴ ارزیابی شد. صفات مورد مطالعه شامل طول و عرض غلاف، تعداد دانه در غلاف، ارتفاع بوته، تعداد غلاف و دانه در بوته، عملکرد دانه، میزان خسارت آفت، تعداد روز تا گل‌دهی و غلاف‌دهی بود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ، تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد مطالعه داشته است. ارقام آفت و گلی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها، عملکرد دانه بالاتر و میزان خسارت کمتری در برابر آفت نشان دادند. تجزیه همبستگی نشان داد که بین تعداد دانه و غلاف در بوته، همبستگی مثبت و قوی ($r = 0.87^{**}$) و بین میزان خسارت و عملکرد دانه، همبستگی منفی و قوی ($r = -0.78$) وجود دارد. همچنین براساس ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن، آلودگی با عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و طول غلاف، همبستگی منفی و معنی‌دار دارد. تجزیه خوشه‌ای نیز ژنوتیپ‌ها را به چهار گروه حساس، نیمه‌حساس، متحمل و نیمه‌متحمل تقسیم‌بندی کرد. به‌کارگیری ژنوتیپ «گلی» با توجه به عملکرد برتر و تحمل آن به کنه، به‌عنوان رقمی مناسب برای کشت در این منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آفت، تجزیه خوشه‌ای، متحمل، میزان خسارت

مقدمه

لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. به‌دلیل محتوای بالای پروتئین، فیبر و سایر مواد معدنی ضروری برای انسان، یکی از مهم‌ترین حبوبات در سراسر جهان محسوب می‌شود (Uebersax et al., 2022). کنه تارتن دولک‌ای با نام علمی (*Tetranychus urticae* Koch, 1836) توسط کارل لودویگ کخ در سال ۱۸۳۶ توصیف شد (Tehri, 2014) و با نام انگلیسی Two-Spotted Spider Mite یکی از مهم‌ترین آفات می‌باشد که هر ساله خسارات زیادی به مزارع لوبیا وارد می‌کند (Taghizadeh & Fathipour, 2017). این گونه به‌عنوان یک گونه بومی در مناطق با آب‌وهوای معتدل شناخته می‌شود، اما در نواحی نیمه‌گرمسیری نیز مشاهده می‌گردد. این آفت در محیط‌های کشت باز و بسته در سرتاسر جهان شایع است (Daniels et al., 2023). TSSM قادر است که از بیش از ۳۸۷۷

گونه گیاه میزبان تغذیه کند و به‌طور خاص، به حداقل ۱۵۰ گونه گیاهی خسارت اقتصادی قابل توجهی وارد می‌آورد (Elhakim et al., 2020). این کنه با استفاده از قطعات دهانی خود، سلول‌های گیاهی را سوراخ کرده و از محتویات سلولی آن‌ها تغذیه می‌کند (Wang et al., 2016). فعالیت کنه تارتن دولک‌ای به‌طور عمده با تنیدن تار همراه است و مقدار تار تنیده‌شده به‌طور مستقیم با افزایش تغذیه و خسارت کنه ماده ارتباط دارد. این تارهای تنیده‌شده باعث تجمع گردوغبار و کاهش دریافت نور کافی برای انجام عمل فتوسنتز در برگ‌ها می‌شوند (Hosseini, 2018). کنه تارتن دولک‌ای (*T. urticae*) با تغذیه از کلروفیل برگ‌ها، موجب کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش میزان نیتروژن در برگ‌های آسیب‌دیده می‌شود. این تغییرات منجر به کاهش تعداد جوانه‌های بارده، کاهش اندازه غلاف‌های لوبیا و افت کیفیت و ارزش غذایی محصول می‌گردد.

ژنوتیپ‌های KS31253، KS31363، KS31264، KS31362، Dadfar و KS31360 به‌عنوان مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها در برابر این کنه شناسایی شدند (Shahverdi et al., 2020). به‌منظور بررسی تأثیر کشت مخلوط لوبیا با برخی گیاهان معطر بر مراحل مختلف بیولوژیکی کنه تارتن دو لکه‌ای، آزمایشی با پنج تیمار در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که سیستم کاشت مخلوط به‌طور قابل توجهی بر مراحل مختلف زندگی کنه تارتن دو لکه‌ای تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، حداقل و حداکثر تعداد تخم، حشره نابالغ و بالغ TSSM در لوبیا + ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به‌ترتیب ۱۱۱۳، ۴۱۰۳ و ۳۸۸۰ و در لوبیا به‌ترتیب ۲۳۳، ۷۱۰۷ و ۷۷۸۳ بود. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط گیاهان معطر یک راهبرد سازگار با محیط‌زیست برای کاهش جمعیت TSSM در زمین‌های کشاورزی لوبیا است (Rahimi et al., 2021). در یک مطالعه در پردیس تحقیقات و آموزش لوبیای خمین، مقاومت هشت رقم و دو لاین لوبیا به آفت کنه تارتن دو لکه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ارقام درخشان، اختر و محلی خمین نسبت به کنه دولکه‌ای حساسیت بیشتری از خود نشان دادند. در مقابل، رقم درسا و ارقام Ghafar و کوشا مقاومت بیشتری به کنه تارتن دو لکه‌ای داشتند و عملکرد بهتری نسبت به سایر ارقام از خود ارائه کردند (Kazemi et al., 2020). در یک بررسی انجام‌شده در خصوص تعیین میزان مقاومت ژنوتیپ‌های لوبیا به کنه تارتن دو لکه‌ای نشان داد که ژنوتیپ‌های KS۲۱۴۷۹، KS۳۱۱۶۷، ۱۱۸۶ سیاه و ۱۱۱۴ چیتی به‌عنوان متحمل‌ترین ارقام بودند (Tahmasebi, 2013). در استان ایلام که یکی از مناطق مهم تولید لوبیا در کشور است، بررسی مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا در برابر کنه تارتن دو لکه‌ای نه‌تنها می‌تواند در افزایش بهره‌وری این محصول مؤثر باشد، بلکه می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا از ژنوتیپ‌های متحمل‌تر برای کاشت استفاده کنند و خسارت‌های اقتصادی ناشی از این آفت را کاهش دهند. با این حال تاکنون مطالعات جامعی در زمینه ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا در برابر کنه تارتن دو لکه‌ای در شرایط اقلیمی خاص ایلام انجام نشده است. این در حالی است که شرایط محیطی و اقلیمی نقش مهمی در عملکرد آفات و واکنش گیاهان به آن‌ها ایفا می‌کند. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی تحمل برخی ژنوتیپ‌های لوبیا به کنه تارتن دو لکه‌ای در شرایط اقلیمی ایلام طراحی شد.

(Saeidi & Arbabi, 2014). تغذیه این کنه از برگ‌های لوبیا همچنین باعث ایجاد نقاط زرد بر روی سطح برگ‌ها می‌شود (Dorri et al., 2015). با توجه به تأثیرات منفی روزافزون روش‌های مهار شیمیایی بر محیط زیست و سلامت انسان، تحقیقات در مورد راهبردهای کنترل جایگزین برای *T. urticae* (کنه تارتن دولکه‌ای) در سال‌های اخیر اهمیت یافته است (Mammadova et al., 2023). استفاده بی‌رویه از سموم شیمیایی منجر به بروز مشکلات متعددی در زمینه‌های زیست‌محیطی و بهداشتی می‌شود. بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که این سموم در مهار کنه دو لکه‌ای چندان مؤثر نیستند. به همین دلیل، استفاده از ارقام متحمل به‌عنوان یکی از روش‌های مؤثر می‌تواند به کاهش جمعیت این آفت کمک کند و از مصرف بی‌رویه سموم توسط کشاورزان جلوگیری نماید (Abolfathi et al., 2018). در واقع، به‌کارگیری ارقام متحمل یکی از مؤثرترین و مقرون‌به‌صرفه‌ترین راهبردها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات برای مبارزه با آفات به شمار می‌آید (Ashtari & Ghadiri, 2019). برای شناسایی سازوکارهای متحمل مستقیم گیاهچه‌های لوبیا معمولی در برابر کنه دو نقطه‌ای، صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی ۱۰ رقم لوبیا در دانشگاه بوعلی سینا در سال ۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفت. روش‌های «عدم ترجیح» و «تحمل» به‌عنوان دقیق‌ترین روش‌ها برای ارزیابی متحمل شناخته شدند. سازوکارهای فرار در ژنوتیپ‌های متحمل شامل تأخیر در جوانه‌زنی، رشد سریع، زودرسی، تیپ بوته ایستاده، کوچکی لپه، ضخامت و رنگ تیره برگ بودند. همچنین، کرک‌های قلاب‌مانند و متراکم (به‌ویژه در سطح زیرین برگ) با به دام انداختن کنه‌ها، از تغذیه و تولیدمثل آن‌ها جلوگیری می‌کردند. در این مطالعه، لاین‌های ۶۵-۷۱-۹۸، ۶۵-۶۲-۱۰۷ و ۶۵-۷۱-۴۰۰ به‌عنوان حساس‌ترین ارقام شناخته شدند (Taleei et al., 2021). در پژوهشی توسط سعیدی (Saeidi, 2020)، ۵۵ رقم لوبیا چشم‌بلبلی براساس شدت آسیب واردشده به دیسک برگ میزبان و بالعکس بررسی شدند. لاین‌های 'L31'، 'L329'، 'L321'، 'L16'، 'B417'، 'B425'، 'L328'، 'J29'، 'J67'، 'L19'، 'D3'، 'L25' و 'L1' متحمل بودند و می‌تولند در برنامه‌های اصلاح نباتات استفاده شوند. در بررسی دیگری عنوان شد که ژنوتیپ‌های دهقان و آفتاب متحمل و ژنوتیپ Kara Casehiro حساس‌ترین شناسایی شدند (Mohammadi et al., 2011). در یک تحقیق که روی ۱۷ ژنوتیپ لوبیا انجام شد، نتایج نشان داد که ژنوتیپ KS31339 به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به کنه تارتن دو لکه‌ای شناسایی شد. همچنین،

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل لوبیا چشم‌پللی با عملکرد دانه بالا در برابر کنه تارتن دولک‌های (*Tetranychus urticae* Koch) در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام و در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. در این مطالعه، ۱۰ رقم و ۱۵ لاین لوبیا (با در نظر گرفتن رقم اختر به عنوان شاهد حساس به کنه) که از بانک ژن پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران دریافت شده بودند، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت گردیدند (جدول ۱). آنالیز اولیه خاک مزرعه در جدول ۲ ارائه شده است. براساس مطالعات هواشناسی، این منطقه جلگه‌ای دارای اقلیم معتدل گرم بود و دوره بارندگی معمولاً از اوایل آبان ماه آغاز و تا اواخر اردیبهشت ادامه می‌یابد. جدول ۳ اطلاعات دقیق‌تری از وضعیت هواشناسی در بازه زمانی اجرای طرح را نشان می‌دهد.

پس از انجام شخم بهاره و کرت‌بندی زمین، با توجه به شرایط اقلیمی منطقه و بازه زمانی ۲۰ اردیبهشت تا ۱۵ خرداد به عنوان مناسب‌ترین دوره برای انجام عملیات کاشت تعیین شد. بر همین اساس، عملیات کاشت در تاریخ ۳ خرداد ۱۴۰۰ انجام گرفت. به منظور جلوگیری از کاهش تراکم بوته به علت عدم سبز شدن برخی بذرها، مقدار بذر مصرفی اندکی بیشتر از میزان مورد نیاز برای رسیدن به تراکم هدف (۱۰ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شد. همچنین، به منظور حفظ تراکم مطلوب، بین هر دو ردیف کاشت، یک ردیف خالی لحاظ گردید. هر تکرار شامل ۵۰ ردیف کاشت بود و هر ژنوتیپ در یک خط دو متری کاشته شد. فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

آبیاری به صورت غرقابی و هر سه تا چهار روز یک بار انجام می‌شد. در ابتدای مرحله گل‌دهی، نخستین علائم آلودگی به کنه تارتن دو لکه‌ای مشاهده گردید. برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌ها به آفت کنه، تراکم جمعیت این آفت بر روی برگ‌های گیاهان اندازه‌گیری و براساس مقیاسی پنج نقطه‌ای (از صفر تا چهار) رتبه‌بندی گردید. ژنوتیپ‌هایی که کمترین تراکم جمعیت کنه را داشتند (مقیاس صفر) به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و آن‌هایی که بیشترین تراکم را داشتند (مقیاس چهار) به عنوان ژنوتیپ‌های حساس شناسایی شدند (Smith, 1989). برداشت در شهریور ۱۴۰۰ به صورت دستی انجام شد و از هر کرت، پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات فنولوژیکی (مانند تعداد روز تا گل‌دهی و غلاف‌دهی) و ریخت‌شناختی (مانند ارتفاع بوته، طول و عرض غلاف، تعداد دانه و غلاف) اندازه‌گیری شدند.

محاسبه عملکرد هر ژنوتیپ بر اساس وزن کل دانه‌های حاصل از ۱۰ بوته انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. پس از تأیید برآورده شدن پیش‌فرض‌های تجزیه واریانس، از جمله نرمال بودن داده‌ها و حذف داده‌های پرت، تجزیه واریانس بر روی داده‌های حاصل از ارزیابی ۲۵ ژنوتیپ لوبیا انجام شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD از طریق نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت. ضریب همبستگی پیرسون و اسپیرمن با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ محاسبه شد. همچنین، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward با بهره‌گیری از نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۶ انجام گرفت. لازم به ذکر است که آزمایش حاضر تحت شرایط آلودگی طبیعی به کنه تارتن دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae*) صورت پذیرفت، به گونه‌ای که تمامی ژنوتیپ‌ها و تکرارها در معرض شرایط محیطی همگن و سطح آلودگی یکسان قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

نتایج این تحلیل نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از نظر تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده، تفاوت‌های آماری بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۴). ژنوتیپ‌های ۲۸۸ و ۱۰۹۰ به دلیل حساسیت بارز به آفت، بالاترین میزان خسارت ظاهری را نشان دادند که شامل کلروز شدید، نکروز و کاهش قابل توجه سطح سبز برگ بود. در میان ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی، ارقام گلی، مرمر، ۲۵۶، ۱۱۱۵، اختر، تلاش، امیدبخش، دانشکده و ۲۴۸ به عنوان ژنوتیپ‌های نیمه‌متحمل شناسایی شدند، این ژنوتیپ‌ها واکنش‌های ملایم‌تری در مواجهه با آلودگی بروز دادند. به ویژه، رقم گلی با نشان دادن علائم محدود و واکنش تدریجی به آفت، از نظر ظاهری تحمل نسبی بیشتری را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های این گروه نشان داد. در مقابل، ژنوتیپ‌های محلی ازنا، ۱۱۵۸، ۲۵۷، خمین، ۳۲۳، ۱۱۵۷، ۱۱۷۰، درخشان، سیاه ۱۱۴۰، ناز، EMERSON ۷۹ و G11867 در گروه نیمه‌حساس طبقه‌بندی شدند. این ژنوتیپ‌ها علائم خسارت متوسط و تراکم قابل ملاحظه‌ای از کنه را نشان دادند، اگرچه شدت آسیب آن‌ها در مقایسه با گروه حساس کمتر بود. ژنوتیپ‌های ۱۰۹۰ و ۲۸۸ با بروز علائم شدید و سریع و تراکم بالای جمعیت کنه، به طور واضح حساسیت بیشتری را نسبت به سایر ارقام نشان داده و در گروه حساس قرار گرفتند. با در نظر گرفتن شرایط محیطی یکنواخت و سطح آلودگی مشابه اعمال‌شده در تمامی تیمارها،

این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت، واکنشی با شدت متوسط نشان داد و در گروه نیمه‌متحمل ارزیابی گردید. به‌طور کلی، سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز عمدتاً در محدوده حساسیت متوسط ارزیابی شدند.

تفاوت‌های مشاهده‌شده در شدت خسارت بین ژنوتیپ‌ها احتمالاً ناشی از اختلافات ژنتیکی در سطح تحمل آن‌ها به کنه تارتن دو لکه‌ای می‌باشد. این امر امکان طبقه‌بندی آن‌ها را براساس واکنش نشان داده‌شده به سه گروه حساس، نیمه‌حساس و نیمه‌متحمل فراهم می‌سازد. رقم اختر، که به‌عنوان شاهد در

جدول ۱- ژنوتیپ‌های لوبیای مورد آزمایش همراه با کد ژنوتیپی آنها

Table 1- 25 Tested beans genotypes with their genotypic code

کد	ژنوتیپ	کد	ژنوتیپ
Code	Genotype	Code	Genotype
1	امید بخش Omid Bakhsh	14	درخشان Darakhshan
2	دانشکده Daneshkadeh	15	1140 Black
3	محلی ازنا Local Azna	16	79EMERSON
4	Ks41128	17	257
5	تلاش Talash	18	1115
6	افق Ofogh	19	288
7	1158	20	درسا Dorsa
8	اختر Akhtar	21	1090
9	خمین Khomini	22	256
10	323	23	ناز Naz
11	1157	24	مرمر Marmar
12	1170	25	گلی Goli
13	248		

جدول ۲- خصوصیات خاک محل آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹

Table 2- Characteristics of the soil of the experimental site in the crop year 2018-2019

الگوی خاک	پیتاسیم	فسفر	کربن	pH	سیلت (درصد)	رس (درصد)	شن (درصد)	هدایت الکتریکی (میلی مول)
Soil pattern	(پی پی ام) K (ppm)	(پی پی ام) P (ppm)	(درصد) C (%)		Silt (%)	Clay (%)	Sandy (%)	EC (mmol)
	310	15.25	1.25	7.50	51.6	23.40	25	0.5

جدول ۳- اطلاعات هواشناسی محل آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹

Table 3- Meteorological data of the experimental site in the crop year 2018-2019

میانگین بارندگی ماهانه (میلی متر)	میانگین دما (درجه سانتی گراد)
Average monthly rainfall (mm)	Average temperature (°C)
88.5	21.5

تحلیل داده‌های مربوط به صفات مورفولوژیک و عملکردی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، اختلافات فنوتیپی معنی‌داری را در بین آن‌ها آشکار نمود. این تنوع فنوتیپی مشاهده‌شده می‌تواند به‌عنوان مبنایی ارزشمند در راستای گزینش ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرد. در این زمینه، رقم درخشان با نشان دادن میانگین طول غلاف ۱۰/۶ سانتی‌متر، به‌طور معنی‌داری نسبت به رقم EMERSON ۷۹ با میانگین ۱۱/۶ سانتی‌متر متمایز گردید. این اختلاف بارز در طول غلاف احتمالاً بازتاب‌دهنده پتانسیل بیشتر رقم درخشان در تولید ماده فتوسنتزی و تخصیص بهینه آن به دانه‌ها بوده که به‌تبع آن، بر ویژگی‌های عملکردی این رقم تأثیرگذار خواهد بود.

در بررسی عرض غلاف در میان ارقام مورد مطالعه، ارقام درسا، ۲۸۸ و ۱۰۹۰ با میانگین یکسان ۱/۱ سانتی‌متر، بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. در مقابل، رقم ۱۱۵۷ با میانگین عرض غلاف ۰/۶ سانتی‌متر، کمترین مقدار را نشان داد. در ارتباط با تعداد دانه در هر غلاف، رقم گلی با میانگین ۱/۵ دانه، در میان ارقام مورد ارزیابی برتری نشان داد، درحالی‌که رقم محلی ازنا با میانگین ۱/۸ دانه، کمترین تعداد دانه در غلاف را دارا بود. آنالیز ارتفاع بوته نیز نشان داد که رقم ۱۰۹۰ با میانگین ۱۲۲/۷ سانتی‌متر، بیشترین ارتفاع و رقم خمین با میانگین ۳۶/۱ سانتی‌متر، کمترین ارتفاع را دارا بودند. در خصوص تعداد غلاف در هر بوته، رقم گلی با میانگین ۳۷/۷ غلاف، بیشترین و رقم ۳۲۳ با میانگین ۲/۶۷ غلاف، کمترین تعداد را نشان دادند. همچنین، رقم گلی با میانگین ۱۰۴ دانه در هر بوته، بالاترین تراکم دانه در بوته را به خود اختصاص داد که احتمالاً در عملکرد بالاتر وزن هزار دانه این رقم مؤثر بوده است. در نهایت، ژنوتیپ‌های گلی و D81083 به‌ترتیب با میانگین عملکرد ۱۰۴ و ۱۰۱/۵۰ گرم در مترمربع، به‌دلیل برخورداری از اجزای عملکرد برتر مانند تعداد بالای دانه در غلاف و در هر بوته، بالاترین عملکرد را داشتند. در مقابل، ارقام ۲۸۸ و ۱۱۵۷ با میانگین عملکرد ۰/۴۵ و ۰/۴۲ گرم در مترمربع به‌ترتیب، عملکرد پایین‌تری را نشان دادند (جدول ۵).

در مجموع، یافته‌های این پژوهش حاکی از وجود تفاوت‌های معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات مورفولوژیک و عملکردی است. این تفاوت‌ها می‌توانند بستری برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با ویژگی‌های مطلوب در راستای اهداف به‌نژادی و انتخاب ارقام مناسب برای شرایط زراعی مشابه را فراهم کنند. به‌طور خاص، برخی ژنوتیپ‌ها نظیر گلی و افق در تعدادی از صفات کلیدی از جمله تعداد غلاف، تعداد دانه و عملکرد دانه، برتری نسبی نشان دادند. با این وجود، به‌منظور

نتیجه‌گیری قطعی در خصوص برتری ژنوتیپ‌ها و معرفی آن‌ها به‌عنوان ارقام برتر، انجام آزمایش‌های تکمیلی در سال‌ها و مکان‌های مختلف و تحت شرایط متنوع مدیریتی ضروری به نظر می‌رسد. کنه تارتن دو لکه‌ای با آسیب رساندن به اندام‌های مختلف گیاه، عملکرد لوبیا را کاهش می‌دهد و دانه‌های باقی‌مانده نیز به‌شدت ضعیف و چروکیده می‌شوند. این وضعیت به‌نوبه خود سبب کاهش وزن دانه و در نتیجه، عملکرد دانه می‌گردد (Saeidi & Arbabi, 2014). براساس نتایج بررسی روزبهبانی و همکاران ۱۲:۳۱ م، تفاوت چشمگیری از نظر میزان آلودگی به آفت بین ژنوتیپ‌های مختلف لوبیای مورد بررسی وجود داشت. این امر احتمالاً ناشی از عوامل تغذیه‌ای موجود در ژنوتیپ‌های متحمل است که منجر به تحمل بیشتر یا مرگ‌ومیر بالاتر آفات می‌شود. محققان در یک آزمایش به این نتیجه رسیدند که میزان کنه‌های بالغ در برخی از لاین‌های لوبیا به‌طور معنی‌داری کمتر از لاین شاهد بود (Knapp et al., 2003). مطالعه‌ای که بر روی باروری، تراکم جمعیت و رشد دو گونه کنه بر سه رقم مختلف لوبیا انجام شد، نشان داد که خصوصیات ریخت‌شناختی بوته میزبان، از جمله ضخامت برگ، سطح برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی و میزان رشد، تأثیر قابل توجهی بر تراکم جمعیت و باروری دارد. به‌تبع این تأثیر، میزان خسارت واردشده به ارقام مختلف نیز متفاوت است (Bouchani et al., 2015). در این تحقیق، وجود رابطه منفی بین میزان خسارت به بوته و عملکرد و اجزای عملکرد به‌طور منطقی توجیه‌پذیر است، زیرا با افزایش خسارت به بوته، توان فتوسنتزی کاهش یافته و در نتیجه، عملکرد نیز کاهش می‌یابد. محققان دیگر نیز ارتباط منفی و معنی‌داری بین خسارت به بوته و اجزای عملکرد در لوبیا را گزارش کردند (Kazemi et al., 2020). در پژوهشی بر روی ۱۰۴ ژنوتیپ لوبیا، مشخص شد که پنج ژنوتیپ (ناز، دانشکده، ۱۲۲، ۱۶۲ و ۱۶۷) مقاومت بیشتری به کنه تارتن دو لکه‌ای نشان دادند. نتایج این بررسی حاکی از آن است که استفاده از این ژنوتیپ‌های مقاوم می‌تواند از کاهش عملکرد محصول تا حدود ۵۰ درصد جلوگیری کند. همچنین، این پژوهش نشان داد که اثرات ژنتیکی در تعیین صفات مهم مرتبط با مقاومت، نقش پررنگ‌تری نسبت به عوامل محیطی دارد (Shaabani et al., 2021). در یک پژوهش، ژنوتیپ وحشی شبدر پیچ *Solanum sisymbriifolium* در مقایسه با دو ژنوتیپ Kemer و Topan، بیشترین تحمل را در برابر کنه تارتن دو لکه‌ای نشان داد (Kirisik et al., 2021).

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مختلف ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط آلودگی به کنه
Table 4- Analysis of variance for different characteristics of common bean genotypes in mite infested condition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares									
		طول غلاف Pod length	عرض غلاف Pod width	تعداد دانه در غلاف Number of seeds in a pod	ارتفاع بوته Plant Height	تعداد غلاف در بوته Number of pods	تعداد دانه در بوته Number of seeds per pod	عملکرد Yield	میزان خسارت Amount of	روز تا رسیدگی غلاف Day until Pod	روز تا گل‌دهی Day until flowering
بلوک Block	2	2.59 ^{ns}	5.57 ^{**}	1.02 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.55 ^{ns}	4.41 [*]	0.32 ^{ns}	0.16 ^{ns}	1.3 ^{ns}	0.18 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	24	7.06 ^{**}	5.07 ^{**}	3.41 ^{**}	61.08 ^{**}	31.37 ^{**}	38.97 ^{**}	97.83 ^{**}	14.59 ^{**}	82.18 ^{**}	71.18 ^{**}
میانگین مربعات خطا Error (Mse)		2.03	0.02	1.5	47.9	11.04	4.43	14.38	0.08	50.9	48.7
درجه آزادی خطا Dfe ^y		259	259	259	107	107	107	48	48	107	107
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		19.61	17.64	43.69	10.47	24.30	23.60	20.95	10.84	15.76	13.32

#: مقدار درجه آزادی خطای مربوط به صفات مختلف به‌دلیل داده‌های پرت و گم‌شده با یکدیگر برابر نبوده و برای هر یک به‌صورت جداگانه گزارش شده است.

The degree of freedom of error for different traits are not equal to each other and reported separately for each.

#: معنی‌دار در سطح پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد و ns غیرمعنی‌دار

#: Significant at the 5% levels, **: Significant at the 1% levels and ns: non-significant

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مختلف ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط آلوده به کنه

Table 5- Mean comparison for different characteristics of common bean genotypes in mite infested condition

ژنوتیپ Genotype	طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)	عرض غلاف (سانتی‌متر) Pod width (cm)	تعداد دانه در غلاف Number of seeds in a Pod	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد (گرم در متر مربع) Yield (g.m ⁻²)	میزان خسارت Damage score	روز تا رسیدگی غلاف Day until Pod	روز تا گل‌دهی Day until flowering
اختر (شاهد) Akhtar (control)	8.5 abcd*	0.9 abc	3.5 abc	51.6 bcde	15.1 efg	34.3cdef	26.03 cd	2 bc	90bc	71b
امید بخش Omid Bakhsh	2.8 e	1 ab	2.9 abc	45.6 cde	6 hij	16.3 ijkl	20.1 de	2.33 bc	81cde	64d
دانشکده Daneshkade h	6.2 cd	0.8 abc	2.9 abc	55 bcde	23 bcd	52.3 b	19.88 de	2.33 bc	87c	67c
محلی ازنا Local Azna	5.5 d	0.8 abc	1.8 c	106.3 b	5.3 hij	5.4 m	2.72 g	3 ab	70efg	51fg
Ks41128	7.2 abcd	0.8 abc	2.8 abc	94.6 c	20 de	42 cd	34.55 c	2.33	79cd	60d
تلاش Talash	9.8 ab	1 ab	3.6 abc	49.4 bcde	11.8 fgh	30.3 fgh	28.99 cd	2 bc	74ef	55f
افق Ofogh	9 abc	1 ab	3.4 abc	49.8 bcde	18.1 def	40.9 cde	101.5 a	1.33 c	75e	48gh
1158	7.6 abcd	1 ab	4 abc	70.3 abcde	3.67ij	11.7 jklm	4.15 g	3 ab	82cd	62e
خمین Khomin	8.8 abcd	0.9 abc	3.8 abc	36.1 e	20.4 cde	22.3 ghi	14.62 ef	3 ab	93ab	70ab
323	6 cd	0.9 abc	2.9 abc	40 cde	2.67 j	7.67 lm	1.32 g	3 ab	74ef	54f
1157	5.6 cd	0.6 c	1.9 c	90 c	3.33ij	4.67 m	0.42 g	3 ab	93ab	70ab
1170	6.8 bcd	0.7 bc	2.5 bc	76 d	3.33 ij	6.67 lm	0.72 g	3 ab	94a	72a
248	6.7 bcd	0.9 abc	2.8 bc	74 abcde	17.8 def	39.9 cdef	28.28 cd	2.33	70efg	47ghi
درخشان Darakhshan	10.6 a	1 ab	4.2 b	37 de	6 hij	3.3 m	0.92 g	3 ab	83d	56ef
Black 1140	6.4 abcd	0.7 bc	4.4 ab	60 bcde	5.3 hij	21 hij	5.44 fg	3 ab	92b	70ab
79EMERS ON	1.6 f	1 ab	2 bc	80 cd	10.3 ghi	21.5 ghij	9.59 fg	3 ab	70efg	41l
257	6.8 bcd	0.8 abc	2.9 abc	94.5 c	15.5 efg	31.7 efg	23.92 de	2.67	76e	48g
1115	7.3 abcd	0.8 abc	2.7 abc	71.3 abcde	30 b	33.8 def	20.61 de	2 bc	95a	43kl
288	6.4 bcd	1.1 a	2 bc	78 d	3.67i	9.33 klm	0.45 g	4 a	82cd	72a
درسا Dorsa	7.6 abcd	1.1 a	2.5 bc	79.7 d	7.67hij	19.3 ijk	6.53 fg	3 ab	74ef	54f
1090	6 cd	1.1 a	2 bc	122.7 a	5.67hij	7.67 lm	1.51 g	4 a	74ef	54f
256	6.4 bcd	1 ab	2.5 bc	65.8 abcde	11.6 fgh	30.8 efgh	20.44 de	2 bc	67fg	46ghi
ناز Naz	86.1 cd	0.8 abc	3.1 abc	60 bcde	15.7 efg	23 ghi	6.33 fg	3 ab	66h	57ef
مرمر Marmar	6.5 bcd	0.8 abc	3.3 abc	57 bcde	27.3 bc	44.3 bc	25.72 cd	2 bc	72e	53f
گلی Golli	8.3 abcd	0.8 abc	5.1 a	120 a	37.7 a	104 a	48.28 b	2 bc	92b	70ab

* میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشترک هستند، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند

* Mean treatments that have common letters don't have statistically significant differences at the percent level

تجزیه همبستگی

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین صفات (جدول ۶) نشان داد که شدت خسارت ناشی از آلودگی به کنه تارتن دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae*)، تأثیر منفی و معنی‌داری بر عملکرد گیاه و برخی از مؤلفه‌های اصلی آن دارد. به‌طور مشخص، همبستگی منفی و معنی‌داری بین میزان خسارت و تعداد غلاف در بوته ($r = -0.62^*$)، تعداد دانه در بوته ($r = -0.63^*$) و عملکرد نهایی دانه ($r = -0.78^{**}$) به دست آمد. این روابط آماری، حاکی از تأثیر مستقیم و مخرب آفت بر پتانسیل زایشی گیاه است. کاهش در تعداد غلاف و دانه، به‌عنوان اجزای ساختاری عملکرد، مؤید این است که خسارت وارده نه‌تنها فتوسنتز و رشد رویشی را مختل می‌کند، بلکه به‌طور مشخص فرایندهای زایشی و پر شدن دانه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. همبستگی قوی‌تر بین میزان خسارت و عملکرد کل دانه ($r = -0.78^{**}$)، در مقایسه با همبستگی خسارت ناشی از کنه (با

اجزای عملکرد ($r = -0.62^{**}$) برای تعداد غلاف و $r = -0.63^{**}$ برای تعداد دانه) این احتمال را مطرح می‌سازد که اثرات تجمعی آلودگی کنه، علاوه‌بر کاهش در تعداد ساختارهای تولیدی (مانند غلاف و دانه)، ممکن است از طریق سازوکارهای دیگری نظیر کاهش وزن دانه، افت کیفیت بذر یا تأخیر در رسیدگی نیز بروز یابد. در مقابل، رابطه بین خسارت و طول غلاف منفی بود، اما از نظر آماری معنی‌دار تشخیص داده نشد. این یافته احتمالاً به این معنا است که این صفت به تغییرات ناشی از آلودگی حساس نیست، یا تغییرات طبیعی آن‌قدر زیاد است که اثر آفت دیده نمی‌شود. در این پژوهش، بین میزان خسارت و عملکرد رابطه منفی و معنی‌داری مشاهده شد، به این معنا که با افزایش میزان خسارت، عملکرد کاهش یافت. این نتیجه با یافته‌های کریمی و همکاران (Karimi et al., 2019) همسو است که نشان می‌دهد خسارت به اجزای عملکرد، موجب کاهش عملکرد می‌شود.

جدول ۶- ضرایب همبستگی ساده پیرسون بین صفات مختلف ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط آلوده به کنه

Table 6- Pearson's simple correlation coefficients between different traits of common bean genotypes in mite infested condition

صفات Traits	طول غلاف Pod length	عرض غلاف Pod width	تعداد دانه در غلاف Number of seeds in a Pod	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد Yield	میزان خسارت Damage score	روز تا رسیدگی غلاف Day until pod
عرض غلاف Pod width	0.30 ^{ns}								
تعداد دانه در غلاف Number of seeds in a pod	0.69 ^{**}	-0.09 ^{ns}							
ارتفاع بوته Plant height	-0.47 [*]	-0.12 ^{ns}	0.31 ^{ns}						
تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	0.16 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.09					
تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	0.17 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	0.49 [*]	0.20 ^{ns}	0.87 ^{**}				
عملکرد Yield	0.39 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.56 ^{**}	0.63 ^{**}			
میزان خسارت Amount of damage	-0.37 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.28 ^{ns}	-0.62 ^{**}	-0.63 ^{**}	-0.78 ^{**}		
روز تا رسیدگی غلاف Day until pod	0.23 ^{ns}	-0.43 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.03 ⁿ	0.07 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.14 ^{ns}	
روز تا گل‌دهی Day until flowering	0.13 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.81 ^{**}

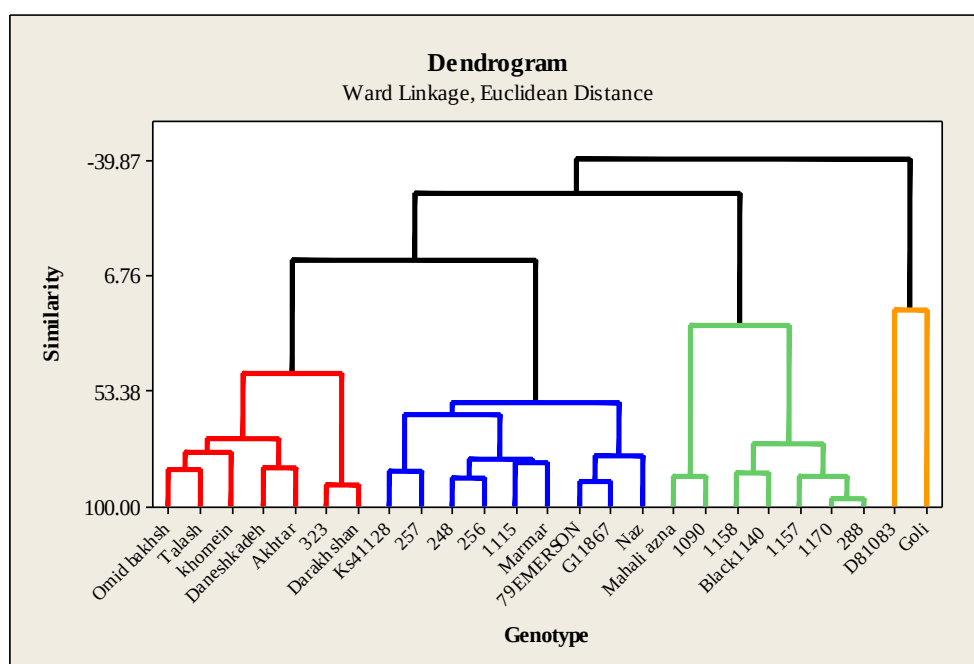
*: معنی‌دار در سطح پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد و ns: غیرمعنی‌دار

*: Significant at the 5% levels, **: Significant at the 1% levels and ns: non-significant

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا منجر به تفکیک آن‌ها به چهار گروه متمایز گردید (شکل ۱) که نمایانگر تنوع ژنتیکی و فنوتیپی قابل توجه در میان ارقام مورد مطالعه است. گروه نخست شامل ارقام امیدبخش، تلاش، خمین، دانشکده، اختر و نیز ژنوتیپ‌های ۳۲۳ و درخشان بود. هم‌جواری این ارقام در دندروگرام حاصل از خوشه‌بندی، بیانگر شباهت بالای آن‌ها در صفات کمی و کیفی ارزیابی‌شده است. این گروه به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به آلودگی کنه شناسایی شد و همچنین در اغلب شاخص‌های عملکردی، به‌ویژه در ارقام ۳۲۳، درخشان و ۲۸۸، مقادیر نسبتاً پایین‌تری به ثبت رسید. در گروه دوم، ارقام Ks41128 و ۲۵۷ به همراه ژنوتیپ‌های نیمه‌حساس شامل ۲۴۸، ۲۵۶، ۱۱۱۵، مرمَر، ۷۹ EMERSON و G11867 قرار گرفتند. این گروه از نظر مقاومت در میانه طیف قرار داشته و به‌طور کلی، مقادیر عملکرد بالاتری در مقایسه با گروه نخست نشان دادند. به نظر می‌رسد که در این ژنوتیپ‌ها، ویژگی‌های فنولوژیکی خاص نظیر دوره گل‌دهی کوتاه‌تر، نقش مؤثری در

کاهش اثرات نامطلوب آلودگی ایفا کرده‌اند. گروه سوم متشکل از ژنوتیپ‌های محلی ازنا، ۱۰۹۰ و ارقام ۱۱۵۸، سیاه ۱۱۴۰، ۱۱۵۷، ۱۱۷۰ و ۲۸۸ بود. این ژنوتیپ‌ها تحمل متوسطی به کنه نشان داده و از نظر عملکرد در سطحی بین متوسط تا بالا قرار گرفتند. حضور ارقام محلی در این گروه، مؤید ظرفیت ژنتیکی بومی برای توسعه ارقام مقاوم است و توجه به آن در برنامه‌های به‌نژادی آتی ضروری به نظر می‌رسد. در گروه چهارم، ارقام D81083، اُفق و گلی به‌عنوان مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها در برابر کنه شناسایی شدند. به‌طور خلاصه، براساس نتایج این تجزیه خوشه‌ای و مشاهدات میدانی، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را می‌توان براساس سطح تحمل به چهار دسته طبقه‌بندی کرد: مقاوم، نیمه‌متحمل، نیمه‌حساس و حساس. ارقام اختر و ۶۵-۴۰۰-۰۷۱ در گروه حساس و ارقام ناز، ۶۵-۶۲-۱۰۷ و ۶۵-۰۷۱-۹۸ در گروه مقاوم جای گرفتند، درحالی‌که سایر ژنوتیپ‌ها در گروه‌های میانی قرار گرفتند. به‌طور خاص، درسا و KS-41128 به‌عنوان نیمه‌متحمل و لاین‌های ۶۵-۰۷۱-۳۰۶ و ۶۵-۰۷۱-۴۰۵ در گروه نیمه‌حساس طبقه‌بندی شدند (Taleei et al., 2022).



شکل ۱- دندروگرام ژنوتیپ‌های لوبیا در محیط آلودگی به کنه براساس مقیاس خسارت و تعداد کنه روی برگ

Fig. 1- Clustering of common bean genotypes based on damage score and number of mit on leaf in infested condition

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر تنوع ژنتیکی بارزی را در میان ژنوتیپ‌های لوبیا چشم بلبلی از نظر عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به کنه

تارتن دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae*) آشکار ساخت. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد غلاف و دانه در بوته با عملکرد دانه مشاهده گردید. قابل ذکر است که بالاترین ضریب

حساس به آلودگی در برنامه‌های اصلاحی و به‌نژادی مورد توجه قرار گیرند. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های لوبیا، تنوع ژنتیکی قابل توجهی را در سطح تحمل به کنه تارتن دو لکه‌ای نمایان ساخت و امکان طبقه‌بندی آن‌ها را در چهار گروه پیوسته از حساس تا مقاوم فراهم نمود. شایان ذکر است که ژنوتیپ‌های آف، گلی، ناز و D81083، به‌دلیل عملکرد برتر و تحمل مطلوب به کنه، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برگزیده در این مطالعه شناسایی شدند. نهایتاً، این ژنوتیپ‌های برتر برای بهره‌گیری در برنامه‌های به‌نژادی آتی توصیه می‌گردند.

همبستگی بین تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته ($r = 0.87, P < 0.01$) در سطح احتمال یک درصد تعیین شد. این یافته‌ها نقش تعیین‌کننده این صفات را در عملکرد نهایی دانه گیاه نشان می‌دهند. براساس ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن، ارتباطی منفی و معنی‌دار بین میزان آلودگی به کنه تارتن دو لکه‌ای و صفات عملکردی شامل عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و طول غلاف به دست آمد. این همبستگی معکوس بیانگر تأثیر مستقیم و کاهنده آلودگی بر پتانسیل تولیدی گیاه است. از این‌رو، صفات مذکور می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های

References

- Abolfathi, N., Kocheili, F., & Mohiseni, A. (2018). Investigating the most suitable sampling unit and space for the two-spotted tartan mite population *Tetranychus urticae* Koch in common bean fields *Phaseolus vulgaris* L. in the north of Lorestan province. *Plant Protection*, 34(2), 33-45. (In Persian).
- Ashtari, S., & Ghadiri, A. (2019). Chiti bean cultivars resistant to two-spotted mite. *Beans*, 2(4), 1-10. (In Persian)
- Bouchani, A., Tahmasebi, Z., & Mohammad, H. (2015). Interactions of black common bean-two spotted spider mite- predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 5(2), 137-148. (In Persian).
- Daniels, A., Maharaj, G., Ram, M., & Lakenarine, R. (2023). Biological control methods for agricultural mites: A review. *Agricultural Review*, 44(1), 12-22. <https://doi.org/10.18805/ag.RF-247>
- Dorri, H., Asadi, B., Ghadiri, A., Lak, M. H., Yousefi, M., Ghanbari, A. A., Baizaei, A., Kamel, M., Kushki, M. H., Asterki, H., Pourmatin, R., & Hatemabadi Farahani, M. (2015). Ghaffar, a new variety of chiti beans. *Scientific Journal of Research Findings in Agricultural and Garden Plants*, 5(2), 155-143.
- Elhakim, E., Mohamed, O., & Elazouni, I. (2020). Virulence and proteolytic activity of entomopathogenic fungi against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00227-y>
- Hosseini, A. A. (2018). *Implementation guide genotypes for the management of two-spotted mite*. Plant Protection Organization. (In Persian).
- Jakubowska, M., Dobosz, R., Zawada, D., & Kowalska, J. (2022). A review of crop protection methods against the two-spotted spider mite—*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)—with special reference to alternative methods. *Agriculture*, 12, 898. <https://doi.org/10.3390/agriculture12070898>
- Karimi, A., Yarahmadi, F., & Mohseni Amin, A. (2019). Effects of bean plant density and its different cultivars on population of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* and onion thrips, *Thrips tabaci* in field conditions. *Plant Pest Research*, 9(2), 39-48. (In Persian).
- Kazemi, A., Askarianzadeh, A., Saeedizadeh, A., & Ghadiri, A. (2020). Evaluation of bean cultivars resistance to two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) under field conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 11(2), 95-108. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v11i2.76080>
- Kirisik, M., Erler, F., Boyaci, F., & Bayram, Y. (2021). Evaluation of resistance in 16 eggplant genotypes to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Phytoparasitica*, 49, 275-285. <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00856-x>
- Knapp, M., Mugada, D. A., Agong, S. G., & Knapp, M. (2003). Screening tomato (*Lycopersicon esculentum*) accessions for resistance to the two-spotted spider mite: Population growth studies. In *Insect Science and Its Application* (pp. 15-19).
- Mammadova, T., Guliyeva, L., Moulahoum, H., Tok, K., Küçükçobanoğlu, Y., Yildiz Aktas, L., & Zihnioglu, F. (2023). Role of phytochemicals and secondary metabolites from *Mentha spicata* in acetylcholine esterase inhibition for effective pest control of *Tetranychus urticae* Koch. *International Journal of Acarology*, 49(7-8), 366-377. <https://doi.org/10.1080/01647954.2023.2275754>
- Mohammadi, S., Seraj, A., Saeedi, Z., & Moharrami Pour, S. (2011). Evaluation of resistance and susceptibility of 14 red and white bean genotypes to two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Plant Protection (Agricultural Journal)*, 33(2), 11-24. (In Persian).
- Rahimi, V., Madadi, H., & Nazari, B. S. (2021). Effect of additive series intercropping kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with some aromatic plants on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) population.

- Proceedings of the 1st International Electronic Conference on Entomology, Tehran. Iran. <https://doi.org/10.3390/IECE-10524>
- Roozbahani, M., Shakarami, J., Mohiseni, A., Kushki, M. H., & Jafari, S. (2016). Resistance of ten red common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes to onion thrips (*Thrips tabaci*) under field conditions. *Plant Pest Research*, 6(3), 1-10.
- Saeidi, Z. (2020). Screening of 55 pinto bean lines for resistance to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Persian Journal of Acarology*, 9(3), 291-298.
- Saeidi, Z., & Arbabi, M. (2014). Comparing the effectiveness of different acaricides on the control of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, at different population densities in bean fields of Lordegan region. *Pesticides in Plant Protection Sciences*, 2(2), 73-83. (In Persian).
- Shaabani, J., Hossainzadeh, A., Zeinali, H., & Naghavi, M. R. (2021). A field study on common bean (*Phaseolus vulgaris*) response to *Tetranychus urticae* herbivory. *Plant Breeding*, 140(3), 464-476. <https://doi.org/10.1111/pbr.12914>
- Shahverdi, K., Shakrami, J., & Mohseni-Amin, A. (2020). Study on the resistance of 17 genotypes of red beans to *Tetranychus urticae* Koch and *Thrips tabaci* Lindeman, in field condition of Lorestan province. M.Sc. Thesis, Department of Entomology, Lorestan University. p. 85.
- Smith, C. M. (1989). *Plant resistance to insects*. Wiley. p. 294. (In Persian with English Abstract).
- Taghizadeh, R., & Fathipour, Y. (2017). Population density and spatial distribution of immature stages of *Callosobruchus maculatus* (Col.: Bruchidae) on cowpea in Tehran region. *Plant Pest Research*, 6(2). 1-13. (In Persian).
- Tahmasebi, Z. (2013). Identification of bean genotypes resistant and susceptible to the two-spotted spider mite using resistance indexes. 6th Agricultural Research Findings Conference, University of Kurdistan. (In Persian).
- Taleei, A., Khanjani, M., & Maali-Amiri, R. (2021). Direct defense of common bean accessions against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) attack. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(1), 25-36. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.285372.654626>
- Taleei, A., Mohammadi, A., Maali Amiri, R., & Khanjani, M. (2022). Screening of common bean accessions to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) under growth chamber condition. *Journal of Biology*, 10(7), 1-10. (In Persian).
- Tehri, K. (2014). A review on reproductive strategies in two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch 1836 (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(5), 35-39.
- Uebersax, M. A., Cichy, K. A., Gomez, F. E., Porch, T. G., Heitholt, J., Osorno, J. M., Kamfwa, K., Snapp, S. S., & Bales, S. (2022). Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security—a review. *Legume Science*, 5, e155. <https://doi.org/10.1002/leg3.155>
- Wang, L., Zhang, Y., Xie, W., Wu, Q., & Wang, S. (2016). Sublethal effects of spinetoram on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 132, 102-107. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.02.002>



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.92906.1109>

Investigating the Response of Rainfed Chickpea (*Cicer arietinum* L.) to Different Nitrogen Fertilizer Levels in Cold Regions

Yaser Azimzadeh^{1*}, Arash Mohammadzadeh¹, Hamid Hasanian Khoshroo²,
Gholamreza Ghahramanian¹

Received: 07-04-2025

Revised: 12-05-2025

Accepted: 20-05-2025

Available Online: 20-05-2025

Cite this article:

Azimzadeh, Y., Mohammadzadeh, A., Hasanian Khoshroo, H., & Ghahramanian, G. (2025). Investigating the response of rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) to different nitrogen fertilizer levels in cold regions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 177-191. (in Persian with English Abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.92906.1109>

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.), a key legume of the Fabaceae family, is cultivated as a winter or spring crop, primarily under rainfed conditions, in western and northwestern of Iran. To position chickpea as a viable alternative in cereal-based rotations and enhance its contribution to sustainable agriculture, agronomic practices—especially nutrient management—must be thoroughly optimized and studied. Nitrogen (N), the most critical macronutrient for plant growth and yield enhancement, is required in greater quantities than any other element. While chickpea fulfills much of its nitrogen demand via biological nitrogen fixation (BNF), a minimal "starter" N dose is essential to ensure robust seedling establishment and meet early growth requirements before effective rhizobial symbiosis is achieved. Precise determination of starter N for rainfed chickpea is critical, as excessive application increases costs, risks environmental contamination, and suppresses yields, whereas insufficient doses compromise productivity.

Materials and Methods

A randomized complete block design (RCBD) with three replications was employed during the 2022–2023 growing season to evaluate the N requirements of rainfed chickpea (cv. Ana) under cold rainfed conditions in Bukan (autumn sowing) and Maragheh (autumn and spring sowing). Treatments included five urea levels: 0, 25, 50, 75, and 100 kg ha⁻¹. Following reduced tillage (using a combination tillage implement), chickpea seeds were sown at 40 seeds m⁻². Autumn sowing occurred in October 2023, and spring sowing in late February 2024, using an ASKE 3-shank 11-row planter with 53–17 cm row spacing. Experimental plots measured 10 × 30 m. Urea was applied via subsurface banding (5–6 cm below seeds) at sowing. Measured parameters included root traits (length, volume, dry weight, nodule weight), plant height, 100-seed weight, biological yield, grain yield, harvest index, and rainwater use efficiency.

Results and Discussion

Environmental effects significantly influenced root length, nodule weight, root volume, dry weight, plant height, biological yield, grain yield, rainwater use efficiency ($p \leq 0.01$), and 100-seed weight ($p \leq 0.05$). Nitrogen levels significantly affected all parameters ($p \leq 0.01$), except 100-seed weight ($p \leq 0.05$). Autumn-sown Bukan exhibited superior root traits, plant height, and yields compared to Maragheh. Root length, volume, and dry weight declined with increasing N, likely due to restricted root growth from urea banding at higher doses. Enhanced nodulation in Bukan may reflect its soil's native rhizobia populations, as Maragheh lacks prior legume cultivation. Elevated soil fertility and favorable climatic conditions in Bukan further supported root development. Excessive mineral N inhibited rhizobial symbiosis, reducing nodule weight. Plant height and 100-grain weight peaked at 50 kg ha⁻¹ N in Bukan (57 cm, 6 cm above control). In autumn-sown Bukan, grain yield plateaued at 25 kg ha⁻¹ N, while Maragheh achieved maxima at 75 kg ha⁻¹ (autumn) and 50 kg ha⁻¹ (spring). The highest harvest index (48%) occurred at 50 kg ha⁻¹ N in spring-sown Maragheh. Starter N bolstered early growth and photosynthetic capacity, enhancing yields. Moderate N optimized harvest index by favoring grain over biomass allocation. Rainwater use efficiency (RUE) was higher in autumn-sown chickpea

1- Natural Resources Management Research Department, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran

2- Food Legume Research Department, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran

* Corresponding Author: y.azimzadeh@areeo.ac.ir



in Bukan compared to both autumn- and spring-sown crops in Maragheh. Furthermore, RUE initially increased with rising nitrogen application rates but declined at elevated doses. Regression analysis of grain yield against urea application rates revealed maximum achievable yields of 1535 and 940 kg ha⁻¹ for autumn-sown rainfed chickpea in Bukan and Maragheh, respectively. To attain these yields, starter urea doses of 62 and 61 kg ha⁻¹ were required for Bukan and Maragheh. For spring-sown chickpea in Maragheh, the peak grain yield was 835 kg ha⁻¹, achievable with a urea input of 43 kg ha⁻¹. The minimal urea requirements for maximizing net economic returns were 60 kg ha⁻¹ for autumn-sown chickpea in both regions, whereas spring-sown systems in Maragheh required 42 kg ha⁻¹. Simple correlation analyses between grain yield and yield components demonstrated that grain yield showed the strongest positive correlations with biological yield, plant height, and root dry weight, in descending order of magnitude. Similarly, rainwater use efficiency exhibited the highest positive correlations with grain yield, biological yield, and plant height, respectively. The robust correlations between grain yield and these traits suggest that these parameters likely exert direct influences on grain yield.

Conclusions

Excessive nitrogen fertilization leads to salinity, toxicity, and disruption of symbiotic relationships, offsetting potential yield benefits. A minimal starter dose of 42 kg ha⁻¹ urea is sufficient for spring-sown chickpea, while 60 kg ha⁻¹ urea maximizes economic returns in autumn-sown systems. Precision in N management is critical to balance productivity, sustainability, and environmental stewardship in rainfed chickpea cultivation.

Keywords: Biological fixation, Nutritional requirement, Starter fertilizer

بررسی پاسخ نخود (*Cicer arietinum* L.) دیم به سطوح مختلف کود نیتروژن در مناطق سردسیریاسر عظیم‌زاده^{۱*}، آرش محمدزاده^۱، حمید حسینیان خوشرو^۲، غلامرضا قهرمانیان^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۳۰

چکیده

به منظور تعیین نیاز نیتروژنی نخود (*Cicer arietinum* L.) دیم (رقم آنا) در تناوب با گندم در شرایط دیم سردسیر، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان بوکان (کشت پاییزی) و شهرستان مراغه (کشت پاییزی و بهاره) در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ اجرا شد. کشت پاییزی در بوکان، کشت پاییزی در مراغه و کشت بهاره در مراغه به عنوان محیط‌های آزمایش در نظر گرفته شدند و تجزیه داده‌های حاصل از این محیط‌ها با استفاده از روش تجزیه مرکب انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل پنج سطح نیتروژن صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود. صفات مورد مطالعه شامل طول ریشه، حجم ریشه، وزن ریشه خشک، وزن گره‌های ریشه، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و بهره‌وری آب باران بود. نتایج نشان داد که اثر محیط بر طول ریشه، وزن گره‌های ریشه، حجم ریشه، وزن ریشه خشک، ارتفاع بوته، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و بهره‌وری آب باران در سطح یک درصد ($p < 0.01$) و بر وزن ۱۰۰ دانه در سطح پنج درصد ($p < 0.05$) معنی‌دار بود. همچنین اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر وزن ۱۰۰ دانه در سطح احتمال پنج درصد و بر سایر متغیرهای مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. طول، حجم و وزن گره‌های ریشه، وزن ریشه خشک، ارتفاع بوته، عملکرد زیستی و عملکرد دانه در کشت پاییزی بوکان به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت بهاره و پاییزی مراغه بود. علاوه بر این، طول و حجم ریشه و وزن ریشه خشک گیاه با افزایش سطح کود نیتروژن کاهش یافت. با افزایش سطح کود نیتروژن، ارتفاع بوته و وزن ۱۰۰ دانه ابتدا افزایش یافته و بعد از رسیدن به یک حد بیشینه، دوباره کاهش یافت. برای دستیابی به بیشترین سود اقتصادی حاصل از کشت پاییزه نخود دیم (رقم آنا) در بوکان و مراغه، استفاده از ۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و برای کشت بهاره نخود مقدار ۴۲ کیلوگرم اوره در هکتار به‌عنوان کود آغازگر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تثبیت زیستی، کود استارتر، نیاز غذایی

مقدمه

حتی در اراضی کم‌بازده، غنی بودن از آنتی‌اکسیدان‌ها و عناصر غذایی معدنی نظیر فسفر و کلسیم و قابلیت نگهداری و انبارداری بالای بذر، از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای در بین حبوبات برخوردار است. ایران از نظر سطح زیر کشت نخود، چهارمین رتبه را بعد از هند، پاکستان و ترکیه دارد (Sabaghpour et al., 2006)، اما عملکرد نخود در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور تحت شرایط دیم، به دلایل مختلفی از جمله کمبود مواد آلی خاک، ناکافی بودن نزولات آسمانی، حاصلخیزی پایین خاک و عدم مدیریت مصرف کود، پایین است.

برای اینکه نخود به‌عنوان یک گیاه جایگزین در تناوب با غلات مورد استقبال کشاورزان قرار گرفته و جایگاه خود را در نظام تولید پایدار کشاورزی بیابد، مستلزم بررسی و تعیین دقیق

حبوبات از جمله نخود (*Cicer arietinum* L.) جزء اصلی‌ترین محصولات جایگزین در نظام تناوبی با غلات دیم و جزء اولویت‌های نظام برنامه‌ریزی کشاورزی کشور بوده و در جیره غذایی مردم از اهمیت بالایی برخوردار هستند. نخود در مناطق غرب و شمال غرب ایران به‌عنوان یک گیاه پاییزه یا بهاره و غالباً به‌صورت دیم کشت شده و با استفاده از رطوبت ذخیره‌شده در خاک، چرخه زیستی خود را تکمیل می‌کند (Sabaghpour et al., 2006). نخود به‌دلیل برخورداری از مقادیر زیاد پروتئین، توانایی تثبیت زیستی نیتروژن، امکان قرارگیری در تناوب زراعی با سایر گیاهان از جمله غلات، امکان کشت به‌صورت دیم

۱- بخش تحقیقات مدیریت منابع، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۲- بخش تحقیقات حبوبات، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

*- نویسنده مسئول: y.azimzadeh@areco.ac.ir

(2000) مقدار ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را برای افزایش عملکرد نخود دیم در منطقه سرارود کرمانشاه توصیه کردند. مینا و همکاران (Meena et al., 2020) گزارش کردند که عملکرد نخود در شرایط دیم، ۶۰ درصد عملکرد در شرایط آبیاری بود، با این حال، کاربرد ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد نخود دیم را از ۶۰ به ۹۰ درصد عملکرد شرایط آبیاری افزایش داد که نشان می‌دهد کاربرد متعادل نیتروژن می‌تواند تنش خشکی را در نخود تعدیل نماید. نامور و همکاران (Namvar et al., 2011) نشان دادند که کاربرد کود اوره به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با سطوح صفر و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، تجمع ماده خشک و در نهایت عملکرد نخود را افزایش داد. داشدادی و رسایی (Dashadi & Rasaei, 2020) بیشترین عملکرد نخود دیم در منطقه کرمانشاه را با کاربرد ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به دست آوردند و گزارش کردند که عملکرد دانه در دو سطح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. در مورد نیاز نیتروژنی پایه نخود دیم در مناطق اقلیمی سردسیر پژوهش‌چندانی انجام نشده و اطلاعات دقیق و جامعی در این رابطه در دسترس نیست. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کود اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود و تعیین نیاز نیتروژنی و توصیه کودی آن در کشت بهاره و پاییزی در دو منطقه بوکان و مراغه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به این منظور، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان بوکان (کشت پاییزی) و شهرستان مراغه (کشت پاییزی و بهاره) در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در شرایط دیم اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پنج سطح نیتروژن صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کود اوره بود. کشت پاییزی در بوکان، کشت پاییزی در مراغه و کشت بهاره در مراغه به عنوان سه محیط مختلف در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به روش تجزیه مرکب انجام شد. قبل از اجرای آزمایش به منظور اطلاع از ویژگی‌های اولیه خاک محل اجرای آزمایش و ارائه توصیه کودی لازم، نمونه خاکی به روش مرکب از عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری از محل‌های اجرای آزمایش تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و حاصلخیزی خاک از جمله بافت خاک به روش هیدرومتری، کلسیم کربنات معادل به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتر کردن با سود، کربن آلی به روش اکسایش تر (والکلی بلک)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن و

اصول به‌زراعی از جمله مدیریت بهینه کودی می‌باشد. نیتروژن پرمصرف‌ترین و ضروری‌ترین عنصر غذایی برای رشد و افزایش عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌شود که بیش از هر عنصر دیگری عامل محدودکننده رشد است، اما ریشه گیاه نخود به‌واسطه ایجاد رابطه همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم می‌تواند نیتروژن مولکولی هوا را در خاک تثبیت و بخش زیادی از نیاز نیتروژنی خود را از این طریق برطرف نماید. با این حال، برای استقرار بهتر گیاهچه‌ها در خاک و تأمین نیاز نیتروژنی گیاه تا زمان برقراری ارتباط ریزوبیومی در سامانه ریشه-خاک، نیاز به مقداری کود نیتروژنی به‌عنوان «آغازگر» دارد (Amiri et al., 2015). تعیین مقدار دقیق نیتروژن آغازگر برای نخود دیم اهمیت زیادی دارد، زیرا مقادیر زیاد سبب تحمیل هزینه‌های اضافی، آلودگی محیط زیست و کاهش عملکرد می‌شود و مقادیر کم منجر به عملکرد مطلوب نخواهد شد. در مناطق گرم و خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل کمبود مواد آلی ناشی از تجزیه سریع و فقدان بقایای گیاهی، کمبود نیتروژن شایع‌تر است. از طرفی، کشت در خاک‌های با ماده آلی و نیتروژن کم، ممکن است پاسخگوی نیاز گیاه به نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله باکتری نباشد. در چنین شرایطی، مصرف کود نیتروژن آغازگر به‌مقدار مناسب و در زمان مناسب، موجب بهبود فرآیندهای توسعه ریشه و تشکیل گره و فعالیت بالای باکتری‌های جنس ریزوبیوم در گیاه میزبان می‌شود (Namvar et al., 2011) در این رابطه، والی و همکاران (Walley et al., 2005) با بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار) بر تثبیت زیستی نیتروژن در نخود، اظهار کردند که میزان تثبیت زیستی نیتروژن توسط ریشه نخود در مقادیر کم نیتروژن (۱۵ تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از مقادیر زیاد نیتروژن (۳۰ تا ۴۵ کیلوگرم در هکتار) بود. امیری و همکاران (Amiri et al., 2015) گزارش کردند که در شرایط آبیاری کامل، بیشترین عملکرد دانه نخود با مصرف ۳۰ و ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل شد، درحالی‌که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. رفتاری و همکاران (Raftari et al., 2024) بیشترین و کمترین عملکرد نخود را به‌ترتیب از کاربرد ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و عدم کاربرد کود به دست آوردند. در پژوهشی دیگر، کاربرد کود نیتروژن با افزایش سطح برگ و میزان آسیمیالسیون خالص، تجمع ماده خشک و عملکرد دانه نخود را افزایش داد (Hassanpoor, 2023). ملکی و همکاران (Malaki et al., 2021) گزارش کردند که کاربرد ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، وزن دانه در بوته و شاخص برداشت نخود شد. طلیعی و صیادیان (Tallie & Sayadyan,

مورد مطالعه در مراغه کمتر از حد بحرانی (شش میلی گرم بر کیلوگرم) بود (جدول ۱).

بنابراین، قبل از کاشت، مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل مورد استفاده قرار گرفت. میانگین دمای هوا در سال اجرای آزمایش در مراغه و بوکان به ترتیب برابر ۷/۲ و ۸/۸ درجه سانتی گراد و میانگین بلندمدت به ترتیب برابر ۷/۰ و ۶/۱ درجه سانتی گراد بود. همچنین مجموع بارش در مراغه و بوکان به ترتیب برابر ۳۸۱/۴ و ۲۸۹/۰ میلی متر و میانگین بلندمدت به ترتیب برابر ۳۶۱/۰ و ۳۱۰/۹ میلی متر بود.

پتاسیم قابل استفاده به روش آمونیوم استات تجزیه و تعیین شد (Dane & Topp, 2020; Sparks et al., 2020). برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک برداشت‌شده از دو مزرعه مورد مطالعه در جدول ۱ و داده‌های هواشناسی منطقه بوکان و مراغه در جدول ۲ ارائه شده است.

با توجه به اینکه پتاسیم قابل استفاده هر دو خاک مورد مطالعه بیشتر از حد بحرانی بود (جدول ۱)، نیازی به مصرف کود پتاسیم نبود، باین حال فسفر قابل استفاده خاک مزرعه

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع مورد مطالعه
Table 1- Some physical and chemical properties of the studied farm soils

نمونه خاک Soil sample	بافت Texture	اسیدیته pH	فسفر قابل استفاده	پتاسیم قابل استفاده	مواد خنثی شونده	کربن آلی Organic C	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC _e (dS.m ⁻¹)
			Available P (میلی گرم بر کیلوگرم) (mg.kg ⁻¹)	Available K (میلی گرم بر کیلوگرم) (mg.kg ⁻¹)	TNV (درصد) (%)		
مراغه Maragheh	Clay loam	7.81	4	305	9	0.6	0.721
بوکان Bukan	Silty loam	7.57	10	320	13	1.1	0.968

TNV: ارزش خنثی‌سازی کل
TNV: Total neutralizing value

جدول ۲- میانگین دما و بارندگی منطقه مراغه و بوکان در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲
Table 2- Mean temperature and precipitation data of Maragheh and Bukan regions during the 2023-2024 growing season

	میانگین دمای هوا (درجه سانتی گراد)		مجموع بارش (میلی متر)	
	Mean temperature (°C)		Cumulative precipitation (mm)	
	فصل زراعی	میانگین بلندمدت	فصل زراعی	میانگین بلندمدت
مراغه Maragheh	7.2	7	381.4	361
بوکان Bukan	8.8	6.1	289	310.9

پهن برگ به روش وجین دستی انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل طول ریشه، حجم ریشه، وزن ریشه خشک، وزن گره‌های ریشه، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و بهره‌وری آب باران بود. طول ریشه با استفاده از خط کش و حجم ریشه توسط استوانه مدرج (قانون ارشمیدس) برحسب سانتی مترمکعب اندازه‌گیری شد. بهره‌وری آب باران نشان می‌دهد که به ازای هر میلی متر آب باران، چند کیلوگرم دانه تولید شده است. در زمان برداشت محصول و یادداشت برداری‌ها، ردیف‌های کناری هر کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای در نظر گرفته شد و اندازه‌گیری صفات و نمونه برداری

بعد از آماده‌سازی زمین به روش کم‌خاکورزی (خاکورز مرکب)، بذر نخود رقم آنا با تراکم ۴۰ عدد بذر در هر مترمربع به صورت پاییزه در آبان ماه ۱۴۰۲ و به صورت بهاره در اواخر اسفند ۱۴۰۲ توسط کارنده آسکه سه محوره ۱۱ ردیفه با آرایش کشت ۵۳-۱۷ سانتی متر به صورت دیم کشت شد. ابعاد هر یک از کرت‌ها ۱۰ در ۳۰ متر بود. کود نیتروژن از منبع اوره در مقادیر صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار هم‌زمان با کشت و به صورت جایگذاری در پنج تا شش سانتی متری زیر بذر مصرف شد. برای مبارزه با کرم طوقه‌بر (آگروتیس) از سم دیازینون استفاده شد و مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ و

برتری اندام هوایی در مصرف فرآورده‌های فتوسنتزی^۱ شده است. شارما و همکاران (Sharma et al., 2017) نشان دادند که مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عمق ریشه نخود دیم را از ۴۵ به ۶۰ سانتی‌متر افزایش داده و جذب آب را به‌میزان ۲۰-۱۵ درصد بهبود داد.

وزن گره

وزن گره در کشت پاییزی بوکان بیشتر از کشت پاییزی مراغه و در آن بیشتر از کشت بهاره مراغه بود. همچنین با افزایش سطح کود نیتروژن در هر سه محیط، روند کاهشی در وزن گره مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین وزن گره در سطح صفر نیتروژن کشت پاییزی بوکان مشاهده شد (جدول ۴). گره‌های مؤثر ریشه نشان‌دهنده تثبیت زیستی نیتروژن توسط ریشه گیاه بوده و هر چه تعداد این گره‌ها بیشتر باشد، میزان نیتروژن تثبیت‌شده و در نتیجه، تغذیه نیتروژنی گیاه بهبود می‌یابد. میزان نیتروژنی که از طریق تثبیت زیستی در اختیار گیاه قرار داده می‌شود به‌علت اینکه به‌طور مستمر و مداوم و از مسیر کوتاه به مصرف گیاه می‌رسد، کارایی بیشتری برای گیاه دارد. بنابراین، با توجه به نتایج، بوته‌های نخود در منطقه بوکان دارای گره‌های بیشتری بوده و تثبیت بیشتری انجام داده‌اند و احتمالاً یکی از علت‌های ارتفاع بوته و عملکرد بیشتر در منطقه بوکان نسبت به مراغه، همین گره‌ها بوده است. یکی از علت‌های گره‌های بیشتر در بوکان نسبت به مراغه احتمالاً به ریزوبیوم‌های بومی بیشتر در خاک مزرعه بوکان می‌باشد، زیرا مزرعه مورد مطالعه در کشت پاییزی و بهاره مراغه سابقه کشت حبوبات نداشت، ولی در مزرعه بوکان، به‌طور مداوم نخود در تناوب با گندم کشت می‌شود. نیتروژن معدنی زیاد در خاک بر ایجاد رابطه همزیستی گیاه با ریزوبیوم‌ها اثر منفی داشت. هر چه میزان نیتروژن معدنی در دسترس ریشه در خاک افزایش یابد، گیاه تمایل کمتری به ایجاد رابطه همزیستی خواهد داشت. رانا و همکاران (Rana et al., 2021) گزارش کردند که مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، فعالیت آنزیم‌های خاک (مانند دهیدروژناز) را تا ۳۵ درصد افزایش داد، اما سطوح بالای نیتروژن (۶۰ کیلوگرم در هکتار)، تنوع میکروبی خاک را تا ۲۰ درصد کاهش داد. باتاچاریا و همکاران (Bhattacharyya et al., 2020) نیز گزارش کردند که کاربرد متعادل نیتروژن (۴۰ کیلوگرم در هکتار) جمعیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (ریزوبیوم‌ها) را تا ۴۰ درصد افزایش داد.

با حذف ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت، از ردیف‌های میانی انجام شد. در طول دوره داشت، برداشت محصول در بوکان و کشت پاییزه مراغه هشت ماه پس از کاشت و در کشت بهاره مراغه چهار ماه پس از کاشت و به‌صورت دستی انجام شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۴ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

آزمون بارتلت برای ارزیابی همگنی واریانس خطاهای آزمایشی انجام شد و فرض صفر مبنی بر عدم وجود اختلاف معنی دار بین واریانس‌های خطاها در آزمایش‌های جداگانه تأیید شد. در این آزمون، مقدار کای‌اسکوئر برای عملکرد دانه ۰/۵۹ و مقدار آلفا ۰/۷۴ به دست آمد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محیط بر طول ریشه، وزن گره‌های ریشه، حجم ریشه، وزن ریشه خشک، ارتفاع بوته، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و بهره‌وری آب باران در سطح یک درصد ($p < 0.01$) و بر وزن ۱۰۰ دانه در سطح پنج درصد ($p < 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر وزن ۱۰۰ دانه در سطح احتمال پنج درصد و بر سایر مشخصه‌های مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین برهم‌کنش محیط و کود نیتروژن بر وزن ۱۰۰ دانه اثر معنی‌دار نداشت، اما اثر آن بر وزن ریشه خشک و ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد و بر سایر ویژگی‌های مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

طول ریشه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول ریشه در کشت پاییزی بوکان به‌طور معنی‌داری بیشتر از طول ریشه در کشت بهاره و پاییزی مراغه بود و در مراغه، طول ریشه در کشت پاییزی کمی بیشتر از کشت بهاره بود، هرچند که از نظر آماری تفاوت چندانی بین آن‌ها مشاهده نشد. همچنین کاربرد مقادیر زیاد کود نیتروژن باعث کاهش طول ریشه شد (جدول ۴). با توجه به اینکه کود اوره به‌صورت جایگذاری در زیر بستر بذر مورد استفاده قرار گرفت، احتمالاً مصرف زیاد کود اوره، با تحریک و تقویت رشد رویشی اندام هوایی، رقابت بین ریشه و اندام هوایی در توزیع مواد فتوسنتزی را افزایش داده و باعث

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های بهره‌وری نخود دیم در سه محیط
Table 3- Combined analysis of variance of different nitrogen fertilizer effects on yield, yield components, and productivity indices of rainfed chickpea in three environments

ارتفاع بوته	وزن ریشه خشک	طول ریشه	وزن گره ریشه	حجم ریشه	درجه آزادی	منابع تغییر
Plant height	Root dry weight	Root length	Root nod weight	Root volume	df	S.O.V
میانگین مربعات Mean of squares						
346.5 **	6 **	2344 **	15 **	97.7 **	2	محیط Environment (E)
2.7	0.02	3.75	0.02	0.04	6	محیط (بلوک) Environment (Block)
21.6 **	0.27 **	140 **	2.39 **	2.27 **	4	نیتروژن Nitrogen (N)
7.08 *	0.06 *	54 **	0.26 **	0.79 **	8	محیط × نیتروژن E × N
2.32	0.02	4.76	0.02	0.14	24	خطا Error
3.24	8.7	6.4	8.4	8.1		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های بهره‌وری نخود دیم در سه محیط
Table 3- Combined analysis of variance of different nitrogen fertilizer effects on yield, yield components, and productivity indices of rainfed chickpea in three environments, continued

وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد زیستی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	بهره‌وری آب باران	درجه آزادی	منابع تغییر
Weight of one hundred grains	Biological yield	Grain yield	Harvest index	Rainwater productivity	df	S.O.V
میانگین مربعات Mean of squares						
3.5 *	1405419 **	599175 **	3.8	14.92 **	2	محیط Environment (E)
0.58	39998	9606	5 *	0.06	6	محیط (بلوک) Environment (Block)
4.43 *	403818 **	83605 **	53.8 **	0.56 **	4	نیتروژن Nitrogen (N)
1.76	107137 **	25655 **	11.22 **	0.18 **	8	محیط × نیتروژن E × N
1.33	20301	6243	1.94	0.04	24	خطا Error
3.3	6.2	7.9	3.2	8.0		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and **: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively

حجم و وزن ریشه خشک

حجم ریشه و به تبع آن، وزن ریشه خشک، در کشت پاییزی بوکان بیشتر از کشت پاییزی و بهار مراغه بود. مصرف مقادیر زیاد کود نیتروژن در کشت پاییزی بوکان و مراغه منجر به کاهش حجم و وزن خشک ریشه شد. با توجه به یکسان بودن

نهادها و مراحل کاشت، داشت و برداشت محصول در سه محیط مورد مطالعه، به نظر می‌رسد که بیشتر بودن طول، حجم و وزن ریشه خشک و وزن گره‌ها در کشت پاییزی بوکان نسبت به مراغه ممکن است به علت حاصلخیزی بیشتر خاک مزرعه بوکان و اقلیم آن محیط باشد. خاک منطقه بوکان با بافت متوسط، دارای pH کمتر و ماده آلی و همچنین فسفر و پتاسیم

وزن ۱۰۰ دانه

وزن ۱۰۰ دانه نخود، شاخصی از میزان درشتی دانه بوده و در مرغوبیت و بازارپسندی محصول مؤثر است. هرچه وزن ۱۰۰ دانه بیشتر باشد، میزان درشتی دانه بیشتر است. نتایج نشان داد که وزن ۱۰۰ دانه نخود در سه محیط تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر نداشتند، ولی با افزایش سطح کود نیتروژن، وزن ۱۰۰ دانه ابتدا افزایش یافت و با افزایش مقدار کود نیتروژن به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، وزن ۱۰۰ دانه کاهش یافت، به‌طوری‌که وزن ۱۰۰ دانه در شاهد و سطح ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن کمتر از سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن بود (جدول ۴). داشادی و رسایی (Dashadi & Rasaei, 2020) بیشترین وزن ۱۰۰ دانه را با مصرف ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به دست آوردند. امیری و همکاران (Amiri et al., 2015) نیز بیشترین و کم‌ترین وزن ۱۰۰ دانه را در شرایط آبیاری، به‌ترتیب با مصرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به دست آوردند. با افزایش کود نیتروژن، ارتفاع و شاخ و برگ گیاه (ساختارهای فتوسنتزکننده) افزایش یافته و با اختصاص بخشی از مواد فتوسنتزی به دانه، وزن ۱۰۰ دانه افزایش می‌یابد (Roesti et al., 2006). در واقع، با کاربرد سطح متعادلی از کود نیتروژن، گیاه با رشد رویشی مناسبی وارد مرحله زایشی شده و با حمایت مناسب اندام‌های زایشی، به‌ویژه غلاف‌های در حال پر شدن، وزن دانه‌ها افزایش می‌یابد. با این حال، مصرف مقادیر زیاد نیتروژن می‌تواند وزن ۱۰۰ دانه را کاهش دهد. جات و همکاران (Jat et al., 2021) گزارش کردند که کاربرد ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، وزن ۱۰۰ دانه نخود را از ۲۲ به ۲۵/۵ گرم افزایش داد.

عملکرد زیستی و عملکرد دانه

تغییرات عملکرد زیستی و عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف کود اوره تقریباً مشابه هم بود. با افزایش عملکرد زیستی، گیاه با تاج‌پوشش بزرگ‌تر قادر است که مخزن زایشی بزرگ‌تری را تغذیه کرده و به‌میزان کافی ماده خشک به آن اختصاص دهد، در نتیجه عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد (Amiri et al., 2015). عملکرد زیستی و عملکرد دانه در کشت پاییزی بوکان به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت پاییزی و بهاره مراغه بود (جدول ۴). خاک مزرعه مورد مطالعه در بوکان دارای pH کمتر و ماده آلی و فسفر و پتاسیم قابل استفاده بیشتری نسبت به مراغه بود (جدول ۱). بنابراین، از حاصلخیزی بیشتری برخوردار بود. همچنین به‌طور مداوم تحت تناوب گندم-نخود قرار داشته و احتمالاً از نظر باکتری‌های همزیست با ریشه نخود

قابل استفاده بیشتری نسبت به مراغه بود (جدول ۱). بنابراین، از حاصلخیزی بیشتری برخوردار بود. علاوه بر آن، به‌طور مداوم تحت تناوب گندم-نخود قرار داشت و احتمالاً از نظر باکتری‌های همزیست با ریشه نخود غنی‌تر بوده است. دمای هوا و بارش از مهم‌ترین متغیرهای محیطی مؤثر بر عملکرد محصول در زراعت دیم محسوب می‌شود. میانگین دمای هوا در سال اجرای آزمایش در مراغه و بوکان به‌ترتیب برابر ۷/۲ و ۸/۸ درجه سانتی‌گراد و مجموع بارش در مراغه و بوکان به‌ترتیب برابر ۳۸۱/۴ و ۲۸۹/۰ میلی‌متر بود (جدول ۲). با وجود مجموع بارش کمتر بوکان نسبت به مراغه، میانگین دمای بالاتر بوکان احتمالاً موجب بهبود فعالیت‌های متابولیکی گیاه و کارایی بالاتر جذب آب و عناصر غذایی شده است. علاوه بر آن، توزیع بارندگی در منطقه بوکان احتمالاً از وضعیت مطلوب‌تری نسبت به مراغه برخوردار بوده است. در زراعت دیم، تعادل بین دما و بارش و توزیع بارش (نه صرفاً مقدار بارش) عامل کلیدی در تعیین عملکرد گیاه محسوب می‌شود. از سوی دیگر، با توجه به بافت سنگین خاک مراغه (Clay loam)، ممکن است که بارش بیش‌ازحد مراغه با ایجاد شرایط غرقابی موقت، دسترسی ریشه به اکسیژن را محدود کرده باشد.

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته در کشت پاییزی بوکان به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت پاییزی و بهاره مراغه بود و در مراغه بین کشت پاییزی و بهاره تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. با افزایش سطح کود نیتروژن، ارتفاع بوته ابتدا افزایش یافته و بعد از رسیدن به یک حد بیشینه، با افزایش مقدار کود نیتروژن، ارتفاع بوته کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته (۵۷ سانتی‌متر) از سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در بوکان به دست آمد که شش سانتی‌متر بیشتر از شاهد (سطح صفر کود نیتروژن) بود. در کشت بهاره مراغه نیز بیشترین ارتفاع بوته در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره مشاهده شد که چهار سانتی‌متر بیشتر از شاهد بود، اما در کشت پاییزی مراغه بیشترین ارتفاع بوته به سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره مربوط بود که نسبت به شاهد سه سانتی‌متر بیشتر بود (جدول ۴). کاربرد مقدار کافی کود نیتروژن در ابتدای فصل رشد به‌عنوان آغازگر، سبب استقرار سریع‌تر نخود در مزرعه شده و با افزایش رشد رویشی، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد (Amiri et al., 2015).

غنی‌تر بود. علاوه بر آن، نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که شرایط اقلیمی منطقه بوکان نسبت به مراغه برای کشت نخود مناسب‌تر بوده و میانگین عملکرد نخود در بوکان بیشتر از مراغه می‌باشد. میانگین دمای هوا در سال اجرای آزمایش در مراغه (۷/۲) درجه سانتی‌گراد) کمتر از بوکان (۸/۸) درجه سانتی‌گراد)، ولی مجموع بارش در مراغه (۳۸۱/۴ میلی‌متر) بیشتر از بوکان (۲۸۹/۰ میلی‌متر) بود (جدول ۲). با وجود مجموع بارش کمتر بوکان نسبت به مراغه، میانگین دمای بالاتر بوکان و احتمالاً توزیع مناسب بارندگی بین فصول سال فعالیت‌های متابولیکی گیاه را افزایش داده و موجب بهبود کارایی جذب آب و عناصر غذایی شده است. علاوه بر آن، خاک مراغه به علت بافت سنگین‌تر (Clay loam) و ساختمان متراکم‌تر نسبت به خاک بوکان (Silty loam)، استعداد بیشتری به غرقاب‌شدگی داشته و با توجه به حساسیت زیاد نخود به شرایط غرقاب، ممکن است بارش بیش از حد مراغه با ایجاد شرایط غرقابی موقت، دسترسی ریشه به اکسیژن را محدود کرده باشد. عملکرد دانه در کشت پاییزی و بهار نخود در مراغه در تمام سطوح نیتروژن، به‌طور معنی‌داری کمتر از کشت پاییزی بوکان بود که نشان می‌دهد محیط می‌تواند شدیدتر از کود، عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار دهد. در کشت پاییزی بوکان با مصرف ۲۵ کیلوگرم اوره در هکتار، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اما با افزایش بیشتر مقدار کود نیتروژن، تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد. در کشت پاییزی و بهاری مراغه به ترتیب با افزایش کود اوره تا ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه افزایش یافت، اما با افزایش میزان کود مصرفی، عملکرد دانه کاهش یافت. به عبارت دیگر، بیشترین عملکرد دانه در کشت پاییزی و بهاری مراغه در سطح ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار مشاهده شد. سینگ و همکاران (Singh et al., 2019) گزارش کردند که مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد دانه نخود را تا ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد، اما سطوح بالای نیتروژن (بیش از ۶۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه را به دلیل ایجاد تنش شوری و بیماری‌های قارچی تا ۲۰-۱۵ درصد کاهش داد.

با توجه به اینکه گیاه نخود می‌تواند بخش زیادی از نیاز نیتروژنی خود را از طریق تثبیت زیستی تأمین کند، برخلاف گیاهانی مانند غلات کود نیتروژن زیادی نیاز ندارد. با این حال، مقادیری از کود نیتروژن که بتواند تا زمان استقرار گیاه و برقراری رابطه همزیستی نیاز نیتروژنی گیاه را تأمین کند، مورد نیاز می‌باشد. از طرف دیگر، کود نیتروژن زیاد به علت ایجاد شوری و سمیت و اثرات بازدارنده برای رابطه همزیستی، منجر به افزایش عملکرد نخواهد شد. بنابراین با وجود اینکه استفاده

از مقادیر ناچیزی از کود نیتروژن می‌تواند اثرات مثبتی بر عملکرد داشته باشد، اما مصرف مقادیر بیش از حد نیتروژن اثرات مثبتی نداشته و حتی ممکن است که در برخی موارد، اثرات منفی بر عملکرد نیز داشته باشد. به عنوان مثال، امیری و همکاران (Amiri et al., 2015) نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه نخود در شرایط آبیاری کامل به‌طور مشترک با مصرف ۳۰ و ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل شد، در حالی که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌دار کاهش داد. آنان بیان کردند که مقادیر زیاد کود نیتروژن می‌تواند با افزایش رشد رویشی و تخلیه رطوبتی خاک از یک سو و افزایش فشار اسمزی از سوی دیگر، تنش خشکی در گیاه را تشدید کند.

داشادی و رسایی (Dashadi & Rasaei, 2020) با بررسی اثر سه سطح صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار بر عملکرد نخود (رقم‌های عادل و آرمان) در کرمانشاه گزارش کردند که بیشترین عملکرد هر دو رقم در مقدار ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به دست آمد، ولی عملکرد دانه در دو سطح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. ملکی و همکاران (Malaki et al., 2021) گزارش کردند که مصرف ۳۰ کیلوگرم اوره در هکتار عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت در بین تیمارهای مختلف در سه محیط مورد بررسی تفاوت چندانی نداشت، اما بیشترین مقدار آن (۴۸ درصد) در سطح ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در کشت بهار مراغه مشاهده شد. استفاده از کود نیتروژن در ابتدای فصل رشد به عنوان کود آغازگر، نیتروژن مورد نیاز گیاه قبل از تشکیل رابطه همزیستی مؤثر با ریزوبیوم‌ها را تأمین کرده و منجر به استقرار سریع‌تر نخود در مزرعه شده و رشد رویشی آن را افزایش داد. با افزایش رشد رویشی، عملکرد زیستی افزایش یافته و به علت افزایش سطح فتوسنتزکننده، مواد فتوسنتزی نیز افزایش یافته و عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، در صورتی که کود نیتروژن بیش از اندازه مصرف نشود و عملکرد زیستی را در مقایسه با عملکرد دانه افزایش ندهد، کاربرد کود نیتروژن منجر به افزایش شاخص برداشت خواهد شد (Surrenson, 1999). به عنوان مثال، امیری و همکاران (Amiri et al., 2015) گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه نخود در شرایط آبیاری کامل با مصرف ۳۰ و ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار به دست آمد، در حالی که بیشترین عملکرد زیستی با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنی در هکتار حاصل شد که نشان

می‌دهد با افزایش کود نیتروژن به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد زیستی در مقایسه با عملکرد دانه بیشتر افزایش یافته است. آنان بیشترین و کم‌ترین شاخص برداشت را در شرایط آبیاری به‌ترتیب با مصرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنی به دست آوردند.

بهره‌وری آب باران

با توجه به اینکه بهره‌وری آب باران تابعی از عملکرد دانه است، تغییراتی مشابه با تغییرات عملکرد دانه نشان داد، به‌طوری‌که کشت پاییزی بوکان نسبت به کشت پاییزی و بهاره مراغه بهره‌وری بیشتری داشت. بهره‌وری آب باران که رابطه مستقیم

با عملکرد و رابطه عکس با میزان بارندگی دارد، با افزایش عملکرد افزایش و با افزایش بارندگی کاهش می‌یابد. مجموع بارش در مراغه (۳۸۱/۴ میلی‌متر) بیشتر از بوکان (۲۸۹/۰ میلی‌متر) بود (جدول ۲)، ولی عملکرد دانه در بوکان (۱۴۶۸ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از کشت پاییزی (۸۴۰ کیلوگرم در هکتار) و بهاره (۶۸۳ کیلوگرم در هکتار) مراغه بود (جدول ۴). علاوه بر آن، خاک منطقه بوکان دارای میزان ماده آلی بیشتری بود که می‌تواند با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، کارایی آب باران را افزایش دهد. بنابراین، بهره‌وری بیشتر در بوکان نسبت به مراغه قبل انتظار بود. با افزایش سطح کود نیتروژن، بهره‌وری آب باران ابتدا افزایش و در مقادیر بیشتر کود نیتروژن، کاهش یافت (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های بهره‌وری نخود دیم در سه محیط
Table 4- Mean comparison of different nitrogen fertilizer effects on yield, yield components, and productivity indices of rainfed chickpea in three environments

محیط Environment	اوره (کیلوگرم بر هکتار) Urea (kg.ha ⁻¹)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن ریشه خشک (گرم به ازای یک گیاه) Root dry weight (g.plant ⁻¹)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب به ازای یک گیاه) Root volume (cm ³ .plant ⁻¹)	وزن گره ریشه (گرم به ازای یک گیاه) Root nod weight (g.plant ⁻¹)	طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)
مراغه (کشت بهاره) Maragheh (spring planting)	0	42h*	1.22e-g	2.84fg	1.29g	26g-i
	25	44gh	1.21fg	2.70fg	1.26gh	27f-i
	50	46fg	1.46d-f	3.11ef	0.89i	26hi
	75	44f-h	1.26e-g	3.05e-g	0.48j	24i
	100	43gh	1.07g	2.78fg	0.43j	20j
مراغه (کشت پاییزی) Maragheh (autumn planting)	0	44gh	1.68cd	4.12d	1.80f	30ef
	25	44f-h	1.77c	4.38d	2.46d	30e-g
	50	45fg	1.43d-f	3.14ef	2.15e	31e
	75	47ef	1.47ef	3.48e	1.78f	29e-h
	100	44gh	1.11g	2.44g	1.00hi	28e-h
بوکان (کشت پاییزی) Bukan (autumn planting)	0	51cd	2.59a	8.40a	3.55a	60a
	25	49de	2.43a	7.75b	3.25b	51b
	50	57a	2.57a	7.86ab	3.17b	47bc
	75	54b	2.53a	7.72b	2.83c	46c
	100	53bc	2.09b	6.23c	2.71f	37d

* حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن با استفاده از تجزیه مرکب داده‌های سه محیط می‌باشد.

* Means with different letters within a column are significantly different at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test based on combined analysis of data from three environments.

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های بهره‌وری نخود دیم در سه محیط
 Table 4- Mean comparison of different nitrogen fertilizer effects on yield, yield components, and productivity indices of rainfed chickpea in three environments, continued

محیط Environment	اوره (کیلوگرم بر هکتار) Urea (kg.ha ⁻¹)	بهره‌وری آب باران (کیلوگرم بر میلی‌متر) Rainwater productivity (kg.mm ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد زیستی (کیلوگرم بر هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) Weight of one hundred grains (g)
	0	1.61g*	43cd	617g	1435hi	34d-f
مراغه	25	2.07de	46ab	793de	1714e-g	35a-f
(کشت بهاره)	50	2.30cd	48a	885cd	1830ef	35a-f
Maragheh (spring planting)	75	1.68fg	41e	644fg	1581gh	35a-f
	100	1.24h	37f	477h	1281i	34ef
	0	1.83e-g	45bc	703e-g	1557gh	35b-f
مراغه	25	1.98d-f	45bc	763d-f	1688fg	36a-c
(کشت پاییزی)	50	2.51c	44bc	963c	2203d	37a
Maragheh (autumn planting)	75	2.51c	44bc	965c	2189d	36a-c
	100	2.09de	41de	804de	1940e	34f
	0	3.36b	45bc	1344b	2984c	36a-f
بوکان	25	3.7a	45a-c	1478a	3250b	36a-d
(کشت پاییزی)	50	3.86a	44bc	1542a	3513a	35c-f
Bukan (autumn planting)	75	3.75a	41de	1499a	3652a	37ab
	100	3.7a	42de	1479a	3558a	36a-f

* حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن با استفاده از تجزیه مرکب داده‌های سه محیط می‌باشد.

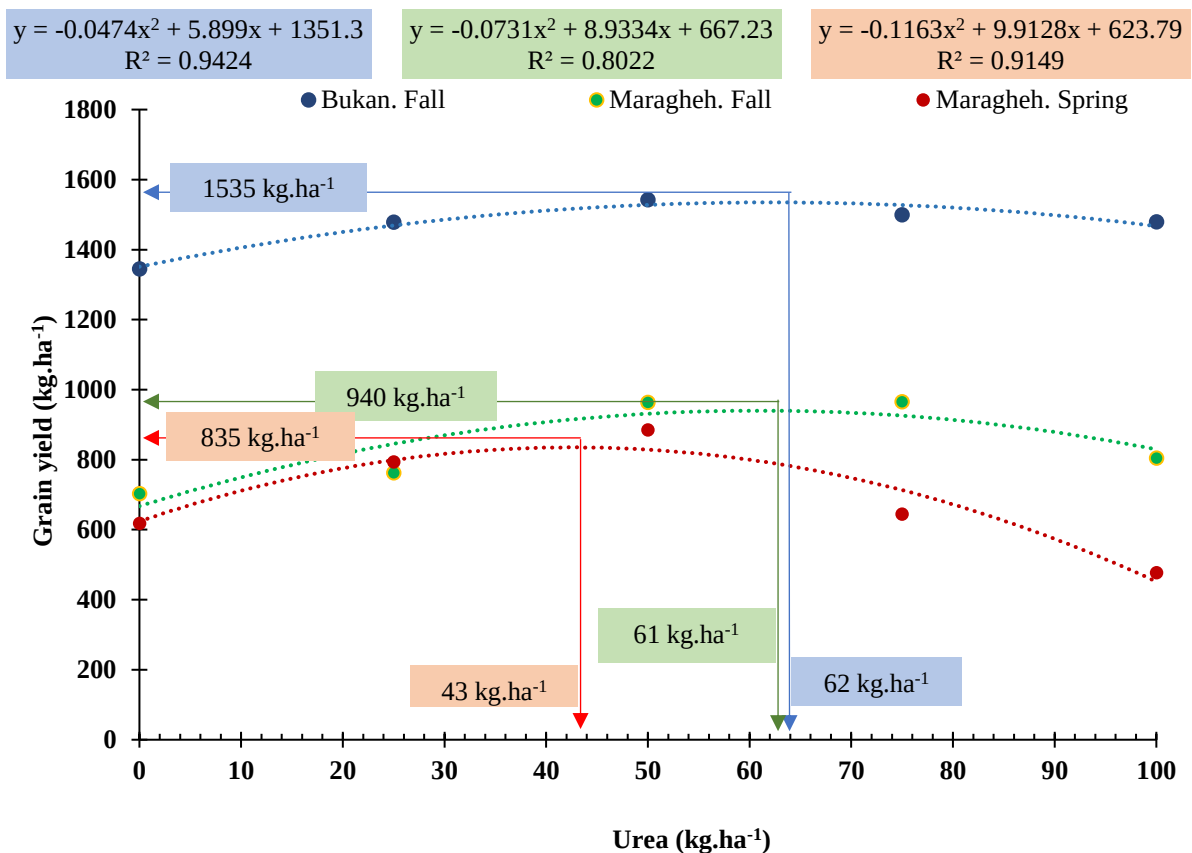
* Means with different letters within a column are significantly different at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test based on combined analysis of data from three environments.

تعیین نیاز نیتروژنی و توصیه کودی نخود

بررسی روابط رگرسیونی بین عملکرد دانه و سطوح کود اوره مورد استفاده نشان داد که بیشترین عملکرد دانه قابل دستیابی در کشت پاییزی نخود دیم در منطقه بوکان و مراغه به ترتیب برابر با ۱۵۳۵ و ۹۴۰ کیلوگرم در هکتار بود و برای دستیابی به این عملکردها در منطقه بوکان و مراغه به ترتیب به ۶۲ و ۶۱ کیلوگرم اوره در هکتار به عنوان کود آغازگر نیاز است. بیشترین عملکرد دانه قابل دستیابی در کشت بهاره نخود در مراغه ۸۳۵ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد که مقدار کود اوره مورد نیاز برای دستیابی به این عملکرد ۴۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (شکل ۱). بنابراین، با توجه به حداکثر عملکرد قابل دستیابی به دست آمده از روابط رگرسیونی، اختلاف حداکثر عملکرد دلنه در کشت پاییزه و بهاره حدود ۱۰۵ کیلوگرم در

هکتار (۱۳ درصد) می‌باشد، درحالی که میزان کود اوره مورد نیاز در کشت پاییزه ۱۸ کیلوگرم در هکتار (۴۲ درصد) بیشتر از کشت بهاره است.

با استفاده از مدل‌های رگرسیونی ارائه شده در شکل ۲ می‌توان میزان کود اوره لازم برای دستیابی به مقدار مشخصی از عملکرد مورد نظر و یا حداکثر عملکرد مورد انتظار حاصل از به کار بردن مقدار مشخصی کود اوره را با اطمینان قابل قبولی تخمین زد. بااین حال، معمولاً به علت ملاحظات زیست محیطی و کاهش هزینه‌های مصرف کود، به جای حداکثر عملکرد، مقدار کود لازم برای دستیابی به ۹۰ درصد عملکرد حداکثر محاسبه و توصیه می‌شود، اما با در نظر گرفتن هزینه مصرف کود و ارزش اقتصادی محصول تولیدشده، می‌توان بهینه‌ترین مقدار کود برای دستیابی به بیشترین سود اقتصادی را محاسبه و توصیه کرد.



شکل ۱- روابط رگرسیونی بین عملکرد دانه نخود دیم و سطوح مختلف کود اوره در سه محیط

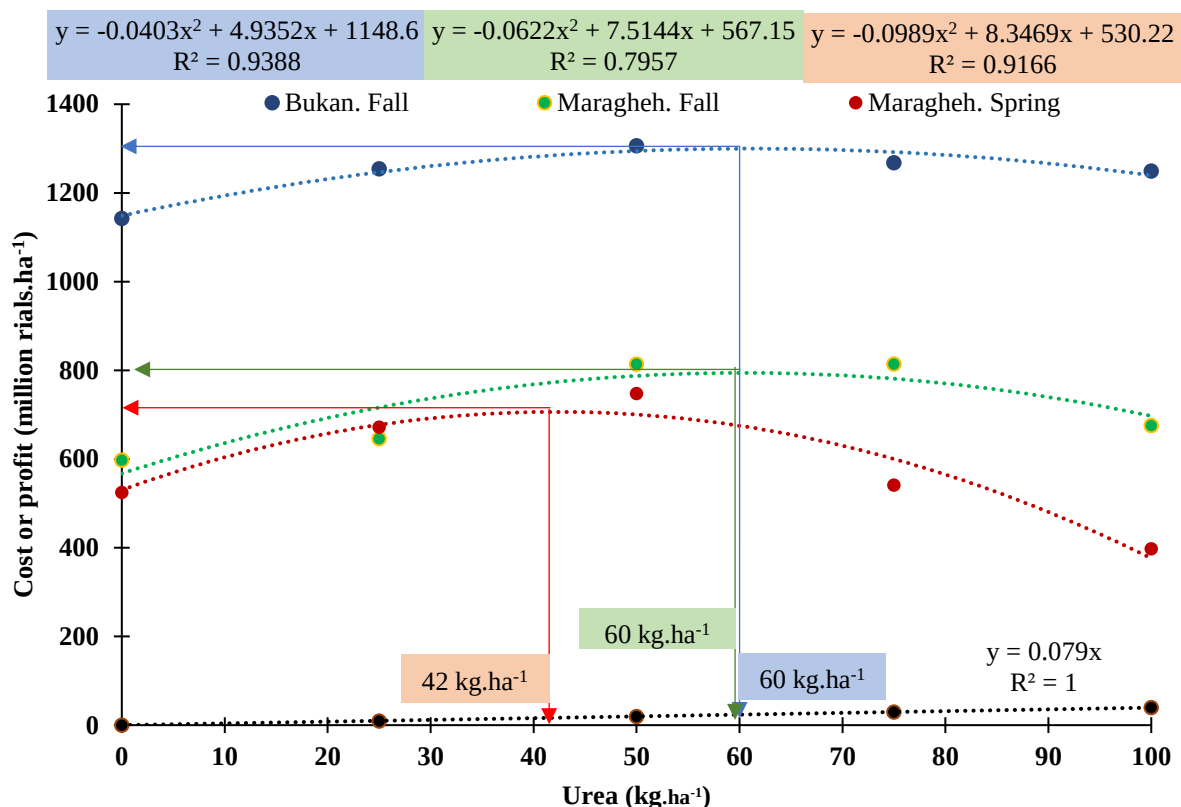
Figure 1- Regression relationships between grain yield of rainfed chickpea and different levels of urea fertilizer in three environments

روابط همبستگی

بررسی روابط همبستگی ساده بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد نشان داد که عملکرد دانه بیشترین همبستگی مثبت را به ترتیب با عملکرد زیستی، ارتفاع بوته و وزن ریشه خشک داشت (جدول ۵). بهره‌وری آب باران نیز بیشترین همبستگی مثبت را به ترتیب با عملکرد دانه، عملکرد زیستی و ارتفاع بوته داشت. وجود همبستگی زیاد بین عملکرد دانه و صفات ذکر شده نشان می‌دهد که این صفات احتمالاً به‌طور مستقیم بر عملکرد دانه تأثیر دارند و یا ممکن است عواملی که منجر به افزایش ارتفاع بوته می‌شوند، عملکرد زیستی و به تبع آن، عملکرد دانه را نیز افزایش داده‌اند.

شکل ۲، روابط رگرسیونی بین ارزش اقتصادی کود مورد

استفاده و محصول تولیدشده را نشان می‌دهد. با استفاده از این روابط رگرسیونی، کمترین مقدار کود اوره مورد نیاز برای دستیابی به بیشترین سود اقتصادی (دوز بهینه اقتصادی) حاصل از کشت پاییزی نخود دیم در بوکان و مراغه ۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، درحالی‌که این مقدار برای کشت بهاره در مراغه ۴۲ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲). بنابراین، برای دستیابی به بیشترین سود اقتصادی حاصل از کشت پاییزه نخود (رقم آنا) در مناطق سرد و معتدل مانند بوکان و مراغه، مقدار ۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و برای کشت بهاره نخود مقدار ۴۲ کیلوگرم اوره در هکتار به‌عنوان کود آغازگر توصیه می‌شود.



شکل ۲- روابط رگرسیونی بین سطوح مختلف کود اوره و سود حاصل از کاربرد آن‌ها و رابطه خطی بین سطوح مختلف کود اوره و هزینه کاربرد آن

Figure 2 - Regression relationships between different levels of urea fertilizer and the benefits of their application and linear relationship between different levels of urea fertilizer and the cost of its application

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم تحت تأثیر سطوح مختلف کود اوره در ۳ محیط

Table 5- Correlations between yield and yield components of rainfed chickpea affected by different levels of urea fertilizer in 3 environments

	طول ریشه	وزن گره ریشه	ارتفاع بوته	وزن ریشه خشک	عملکرد زیستی	عملکرد دانه	بهره‌وری باران
	Root length	Root nod weight	Plant height	Dry root weight	Biological yield	Grain yield	Rain productivity
طول ریشه	1.00						
Root length							
وزن گره ریشه	0.91**	1.00					
Root nod weight							
ارتفاع بوته	0.77**	0.68**	1.00				
Plant height							
وزن ریشه خشک	0.93**	0.90**	0.88**	1.00			
Dry root weight							
عملکرد زیستی	0.83**	0.74**	0.94**	0.88**	1.00		
Biological yield							
عملکرد دانه	0.86**	0.79**	0.93**	0.90**	0.99**	1.00	
Grain yield							
بهره‌وری باران	0.85**	0.79**	0.93**	0.90**	0.99**	1.00**	1.00
Rain productivity							

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at 1% probability level

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که تمامی شاخص‌های رشدی شامل طول، حجم و وزن گره‌های ریشه، وزن ریشه خشک، ارتفاع بوته، عملکرد زیستی و عملکرد دانه در کشت پاییزی بوکان به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت‌های بهاره و پاییزی مراغه بود. این برتری را می‌توان به عوامل متعددی نسبت داد که مهم‌ترین آن‌ها تفاوت‌های اقلیمی و خاکی بین دو منطقه بود. اگرچه مجموع بارندگی بوکان (۲۸۹ میلی‌متر) کمتر از مراغه (۳۸۱ میلی‌متر) بود، اما میانگین دمای بالاتر (۸/۸ درجه سانتی‌گراد در مقابل ۷/۲ درجه سانتی‌گراد) و احتمالاً توزیع مناسب‌تر بارش‌ها در بوکان، شرایط بهینه‌تری برای رشد گیاه ایجاد کرده است. از سوی دیگر، خاک منطقه بوکان با دارا بودن pH کمتر، مقدار بیشتر ماده آلی و فسفر و پتاسیم قابل استفاده بیشتر و همچنین بافت متوسط و تناوب کشت مناسب (گندم-نخود)،

احتمالاً دارای باکتری‌های همزیست مؤثر بیشتری بوده و از حاصلخیزی بیشتری برخوردار بوده است. در مقابل، بافت سنگین خاک مراغه همراه با بارش بیشتر از یک سو و حساسیت نخود به غرقاب و تهویه از سوی دیگر، ممکن است باعث ایجاد شرایط غرقابی موقت و ایجاد محدودیت دسترسی ریشه به اکسیژن شده باشد. در مورد تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن، نتایج نشان داد که افزایش مصرف کود تا سطوح مشخصی (۲۵ کیلوگرم اوره در هکتار برای بوکان و ۵۰-۷۵ کیلوگرم برای مراغه) موجب بهبود عملکرد شد، اما مصرف بیش از این مقادیر نه تنها اثر مثبتی نداشت، بلکه در برخی موارد منجر به کاهش عملکرد گردید. براساس این یافته‌ها، برای دستیابی به حداکثر سود اقتصادی در کشت پاییزه نخود دیم رقم آنا، مصرف ۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار برای بوکان و مراغه و برای کشت بهاره مقدار ۴۲ کیلوگرم اوره در هکتار به‌عنوان کود آغازگر توصیه می‌شود.

References

- Amiri, S., Parsa, M., Bannayan, M., Nassiri Mahallati, M., & Deihimfard, R. (2015). Effect of irrigation and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Mashhad climatic conditions. *Iranian Journal Pulses Research*, 6(1), 66-77. (in Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v1394i1.25660>
- Bhattacharyya, S., Rana, M., & Kumar, A. (2020). Enhancing rhizobial symbiosis and soil health through balanced nitrogen fertilization in chickpea cultivation. *Applied Soil Ecology*, 156, 103697.
- Dane, J. H., & Topp, C. G. (Eds.). (2020). *Methods of Soil Analysis, Part 4: Physical Methods*. John Wiley & Sons.
- Dashadi, M., & Rasaei, A. (2020). Investigation of different levels of molybdenum and nitrogen on yield and yield components of chickpea cultivars. *Crop Physiology*, 12(2(46)), 81-96. (in Persian with English Abstract).
- Hassanpoor, E. (2023). Investigation of growth analysis and yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer. *Iranian Journal of Plant & Biotechnology*, 18(1), 75-96. (in Persian with English Abstract)
- Jat, S. K., Kumar, R., & Meena, V. S. (2021). Optimizing nitrogen levels for seed weight and protein content in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 44(15), 2200-2215.
- Malaki, A., Kholesro, S., & Heidari, G. R. (2021). Evaluation of quantitative and qualitative traits of chickpea as affected by biofertilizer, nitrogen, and humic acid in dryland condition. *Journal of Crop Production and Processing*, 11(1), 83-94. (in Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.47176/jcpp.11.1.35941>
- Meena, H., Sharma, P., & Yadav, S. (2020). Nitrogen-mediated drought tolerance in rainfed chickpea: Physiological and agronomic perspectives. *Agricultural Water Management*, 240, 106245.
- Namvar, A., Seyed Sharifi, R., & Khandan, T. (2011). Growth analysis and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to organic and inorganic nitrogen fertilization. *Ekologija*, 57(3), 97-108.
- Raftari, E., Nakhzari Moghaddam, A., Mollashahi, M., & Gholamalipour Alamdari, E. (2024). The effect of nitrogen fertilizer application and planting pattern on yield and competition indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Iranian Journal Pulses Research*, 15(2), 265-278. (in Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86819.1083>
- Rana, M., Meena, H., & Kumar, A. (2021). Impact of nitrogen regimes on soil microbiome in chickpea-based cropping systems. *Applied Soil Ecology*, 34(1), 78-89.
- Roesti, D., Gaur, R., Johri, B. N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K., & Aragno, M. (2006). Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rainfed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 1111-1120. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.09.010>

- Sabaghpour, H., Mahmoudi, A. A., Saeed, A., Kamel, M., & Malthora, R. S. (2006). Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition of Iran. *Indian Journal of Crop Science*, 1, 70-73.
- Sharma, P., Yadav, D., & Dwivedi, R. (2017). Optimizing nitrogen for drought resistance in rainfed chickpea cultivation. *Agricultural Water Management*, 189, 55-67.
- Singh, A., Sharma, B., & Patel, C. (2019). Effects of nitrogen levels on growth and yield of rainfed chickpea. *Journal of Agronomy Research*, 12(3), 45-60.
- Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., & Loeppert, R. H. (Eds.). (2020). *Methods of Soil Analysis, part 3: Chemical Methods*. John Wiley & Sons.
- Surrenson, G. (1999). Effect of plant genotype and nitrogen fertilizer on symbiotic nitrogen fixation by legume cultivar. *Plant and Soil*, 72, 1049-1056.
- Tallie, A. A., & Sayadyan, K. (2000). Effect of supplementary irrigation and nutrition requirement of chickpea in dryland. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 2(3), 63-70. (in Persian with English Abstract) <https://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1379.2.3.6.7>
- Walley, F. L., Boahen, S. G., Hnatowich, K., & Stevenson, C. (2005). Nitrogen and phosphorus fertility management for desi and kabuli chickpea. *Canadian Journal of Plant Science*, 85, 73-79. <https://doi.org/10.4141/P04-039>



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.93091.1111>

Quantification of Pretreatment Effects of Potassium Silicate on Germination and Growth Indices of Faba Bean (*Vicia faba* L.) under Salinity Stress Using Empirical Models

Qais Fahd Hussein ¹, Ali Hatami ¹, Alireza Taab ^{1*}, Nabil Rahim Lahmod ², Somayeh Hajinia ¹

Received: 20-04-2025
Revised: 20-05-2025
Accepted: 25-05-2025
Available Online: 25-05-2025

Cite this article:

Fahd Hussein, Q., Hatami, A., Taab, A., Rahim Lahmod, N., & Hajinia, S. (2025). Quantification of pretreatment effects of potassium silicate on germination and growth indices of faba bean (*Vicia faba* L.) under salinity stress using Empirical models. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 193-213. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.93091.1111>

Introduction

Salinity stress is one of the limiting factors for plant growth and production in arid and semi-arid regions of the world. The use of potassium silicate as the second most common element in soil is one of the strategies used to reduce the effects of environmental stresses such as salinity. Considering the increasing challenge of water and soil salinity and its limiting effects on the growth, development, and production of faba bean, the aim of this study was to investigate the effects of potassium silicate on improving germination and growth indices, and to determine the tolerance threshold of faba bean seeds to salinity stress.

Materials and Methods

A factorial experiment was conducted based on completely randomized design with four replications at the Laboratory of Ilam University, Iran, in 2024. The experimental factors were included potassium silicate at four levels (0, 50, 100, and 150 mg.l⁻¹) and five levels of salinity stress (0, 1, 4, 8, and 10 dS.m⁻¹). The germination criterion was the protrusion of a radicle length up to 2 mm. At the end of the experiment, germination indices (germination percentage, germination rate, seed vigor index) and seedling growth (root and seedling dry weight and length) were measured.

Results and Discussion

The application of potassium silicate under non-salinity stress conditions (salinity of 0 and 1 dS.m⁻¹) had no significant effect on the germination percentage of faba bean seeds; however, the germination percentage increased by 20.7, 23.8, and 26.7 percent with the application of 150 mg.l⁻¹ of potassium silicate under salinity stress conditions of 4, 8, and 10 dS.m⁻¹, respectively. The germination rate of faba bean seeds under non-salt stress conditions was not affected by pretreatment with potassium silicate. The germination rate of faba bean seeds with application of 150 mg.l⁻¹ of potassium silicate under salinity stress conditions of 8 and 10 dS.m⁻¹ was 23.9 and 26.7 percent higher than without its application, respectively. Under non-salinity stress conditions, application of 100 mg l⁻¹ potassium silicate increased the vigor index of faba bean seeds by 25.4% compared to the control. Under salinity stress conditions of 8 dS.m⁻¹, application of 50 and 150 mg l⁻¹ potassium silicate improved the vigor index of faba bean seeds by 73.7% and 79.0%, respectively. Salinity stress at levels of 1, 4, 8, and 10 dS.m⁻¹ reduced the length of faba bean rootlets by 21.8, 39.7, 44.2, and 60.0%, respectively, compared to the absence of salinity stress. The highest shoot dry weight (0.414 g.plant⁻¹) was observed with the application of 100 mg.l⁻¹ potassium silicate under non-salt stress conditions, which was 8.5% higher compared to the control. Under 10 dS.m⁻¹ salt stress conditions, the application of 100 and 150 mg.l⁻¹ potassium silicate improved the shoot dry weight of faba bean by 86.5 and 66.5% compared to the control. The highest root dry weight (0.419 g.plant⁻¹) was observed with the application of 100 mg.l⁻¹ potassium silicate under no salt stress conditions, which was 11.5% higher compared to control. Under 10 dS.m⁻¹ salt stress conditions, the application of 100 and 150 mg l⁻¹ potassium silicate improved the dry weight of faba bean root by 60.1 and 65.6% compared to the control. According to the Moss and

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2- Faculty of Agriculture, University of Wasit, Iraq

* Corresponding Author: a.taab@ilam.ac.ir



Hoffman's equation, the tolerance threshold to salinity stress in faba bean based on relative germination without the application of potassium silicate was 0.52 and its decreasing slope was 5.48. The threshold of tolerance to salinity stress in faba bean with the application of 50, 100, and 150 mg.l⁻¹ of potassium silicate was 0.62, 0.22, and 1.32 and its decreasing slope was 5.5, 93.4, and 22.4, respectively. Based on the three-parameter sigmoid model, the salinity stress that reduced bean seed germination by 50% by applying different amounts of 0, 50, 100, and 150 mg.l⁻¹ of potassium silicate was 8.75, 9.41, 9.38, and 10.10 dS.m⁻¹, respectively.

Conclusions

It can be concluded that the faba bean plant is sensitive to salinity. Seed priming with potassium silicate at concentrations of 100 and 150 mg.l⁻¹ effectively mitigates salt stress in faba bean and significantly enhances the plant's tolerance to salinity.

Keywords: Germination percentage, Modeling, Saline water, Silicon



کمی سازی اثرات پرایمینگ بذر با پتاسیم سیلیکات بر صفات جوانه زنی و شاخص های رشد باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تنش شوری با استفاده از مدل های تجربی

قیس فهد حسین^۱، علی حاتمی^۱، علیرضا تاب^{۱*}، نبیل رحیم لهمود^۲، سمیه حاجی نیا^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴

چکیده

تنش شوری یکی از عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان در نواحی خشک و نیمه خشک جهان محسوب می شود. کاربرد پتاسیم سیلیکات به عنوان دومین عنصر رایج موجود در خاک، یکی از راهکارهای مورد استفاده در کاهش اثر تنش های محیطی مانند شوری شناخته شده است. در این پژوهش، اثرات پرایمینگ با پتاسیم سیلیکات بر خصوصیات جوانه زنی بذر و شاخص های رشد باقلا تحت شرایط تنش شوری در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه دانشگاه ایلام در بهار سال ۱۴۰۳ انجام گردید. عوامل آزمایش شامل پتاسیم سیلیکات در چهار سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات) و پنج سطح تنش شوری شامل (۰، ۱، ۴، ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر) بودند. نتایج نشان داد که تحت شرایط تنش شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر، کاربرد ۱۵۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات باعث افزایش درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، طول ساقچه، وزن خشک ساقچه و ریشه به ترتیب به میزان ۲۶/۷، ۲۶/۷، ۴۴/۱، ۶۶/۵ و ۶۵/۶ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آن می شود. براساس معادله ماس و هافمن، حد آستانه تنش شوری در باقلا با کاربرد ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات به ترتیب ۰/۵۲، ۰/۶۲، ۰/۲۲ و ۱/۳۲ دسی زیمنس بر متر و شیب کاهش آن نیز ۵/۴۸، ۵/۱۷، ۴/۹۳ و ۴/۲۲ بود. براساس مدل نمایی، بیشترین درصد جوانه زنی بذر باقلا با کاربرد ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات به ترتیب ۸۹/۳۳، ۹۴/۹۴، ۹۷/۴۸ و ۹۴/۷۷ به دست آمد. براساس مدل سه پارامتری سیگموئیدی، سطحی از تنش شوری که باعث کاهش ۵۰ درصد جوانه زنی بذر باقلا می شود با کاربرد ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات به ترتیب ۸/۷۵، ۹/۴۱، ۹/۳۸ و ۱۰/۱۰ دسی زیمنس بر متر بود. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که گیاه باقلا یک گیاه حساس به شوری است. به طور کلی، پرایمینگ بذر با پتاسیم سیلیکات با غلظت های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر، توانایی کاهش اثرات تنش شوری در باقلا را دارد و می تواند در افزایش تحمل گیاه باقلا در برابر تنش شوری نقش مهمی داشته باشد.

واژه های کلیدی: آب شور، درصد جوانه زنی، سیلیکون، مدل سازی

مقدمه

در حال حاضر، جهان یکی از بزرگ ترین بحران های تاریخی مدرن را تجربه می کند که با تغییرات آب و هوایی عمده و کاهش شدید تولیدات کشاورزی نمایان می شود (Anderson et al., 2020). تنش شوری جزء تنش های غیرزیستی مهم است که اثرات مضر بر رشد و نمو گیاه از جوانه زنی بذر تا عملکرد دارد (El-Mogy et al., 2018). شوری مشکلی جهانی است که بیش از شش درصد از مساحت زمین های جهان را تحت تأثیر قرار می دهد و حدود ۲۰ درصد از کل زمین های قابل کشت و ۵۰ درصد از زمین های زیر کشت گیاهان زراعی را شامل می شود که

حدود ۳۳ درصد از سطح مزارع آبی را تشکیل می دهد (Dagar et al., 2019). زمین های شور به دلیل فعالیت های انسانی، تغییرات آب و هوایی و تغییرات فصلی به طور نگران کننده ای در حال افزایش هستند (Shen et al., 2020). شوری احتمالاً چالش تأمین نیازهای غذایی جهان را تشدید می کند، زیرا بیشتر محصولات زراعی مستعد تنش شوری هستند (Mustafa et al., 2019).

باقلا (*Vicia faba* L.) متعلق به خانواده بقولات (Fabaceae) است و در سراسر جهان از جمله منطقه مدیترانه تولید می شود. میزان پروتئین دانه های باقلا بین ۱۸ تا ۳۵

* نویسنده مسئول: a.taab@ilam.ac.ir

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲- دانشکده کشاورزی، دانشگاه واسط، واسط، عراق

به‌عنوان یک رویکرد پیش از کاشت ارزان، کارآمد، عملی و ایمن برای مبارزه با رشد و محدودیت رشد گیاهان ناشی از شوری و ترویج تولید محصول مقرون‌به‌صرفه و پایدار در خاک تحت تأثیر شوری است (Farooq et al., 2017a).

سیلیس دومین عنصر فراوان در خاک محسوب می‌شود که میزان آن از ۵۰ تا ۴۰۰ گرم در کیلوگرم خاک متغیر است و ۲۵ درصد از کل پوستره زمین را پوشش می‌دهد (Zaid et al., 2018). هر چند که سیلیکون یک عنصر غذایی غیرضروری برای رشد گیاهان است، اما می‌تواند برای گیاهان زراعی در برابر تنش شوری مقاومت ایجاد کند. سیلیکون می‌تواند جوانه‌زنی، رشد، محتوای نسبی آب، عملکرد و همچنین کیفیت بذر را در محصولات افزایش دهد. مطالعات نشان دادند که محصولات تیمار شده با سیلیکون دارای محتوای کلروفیل و کارایی سیستم فتوسنتزی بالاتر و پراکسیداسیون لیپیدی و نشت الکترولیت کمتری هستند (Dhiman et al., 2021). سازوکارهای تحمل نمک با واسطه سیلیکون در مرحله جوانه‌زنی بذر هنوز مبهم است، اما پیشنهاد شده است که با کاهش تنش اکسیداتیو مرتبط هستند (Karunakaran et al., 2013). به‌عنوان مثال، گزارش شده است که سیلیکون، مقدار یون‌های سدیم را در گیاهان در طول سمیت شوری از طریق روش‌های مختلف کاهش می‌دهد. در مرحله اول، می‌تواند نفوذپذیری غشاء سلولی ریشه را تغییر دهد تا ثبات ساختاری سلول‌های ریشه را بازیابی کند (Luyckx et al., 2017). در مرحله دوم، می‌تواند عملکرد پمپ $H^+-ATPases$ واقع بر غشاء پلاسما را بهبود دهد و سوم اینکه می‌تواند انتقال یون سدیم به خارج از سلول‌ها را تسهیل کند.

برخی از محققان، نقش پتاسیم سیلیکات را در کاهش اثرات تنش شوری در گیاهان گزارش کردند. لطفی و همکاران (Lotfi & Ghassemi-Golezani, 2015) گزارش کردند که تحت تنش شوری در ماش (*Vigna radiata* L.)، کاربرد سیلیکون و اسید سالیسیلیک از طریق افزایش ذخیره پتاسیم و کاهش تجمع سدیم در بذر باعث بهبود کیفیت فیزیولوژیکی بذر می‌شود. شاهزاد و همکاران (Shahzad et al., 2013) نشان دادند که شوری بالا باعث افزایش غلظت یون سدیم در آپوپلاست برگ باقلا شده و با افزودن سیلیکون به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. صباغ‌نیا و جان‌محمدی (Sabaghnia & Janmohammadi, 2014) گزارش کردند که کاربرد نانوذرات سیلیکون یک میلی‌مولار اثرات منفی تنش شوری بر سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه و اندام هوایی و وزن گیاهچه عدس (*Lens culinaris* Medic.) را کاهش می‌دهد. در گیاهان لوپین تحت تنش شوری، استفاده از نانوذرات سیلیکون

درصد ماده خشک است (Abdelkader et al., 2022). باقلا به‌دلیل ویژگی تثبیت نیتروژن به‌عنوان یک محصول پایدار شناخته شده است (Maalouf et al., 2021) که از آن برای بهبود حاصلخیزی خاک و حمایت از تولید پایدار سایر محصولات، به‌ویژه هنگامی که با غلات، گیاهان غده‌ای و سبزیجات در تناوب قرار می‌گیرد، استفاده می‌کنند. چنین سیستم تناوبی، کیفیت غذا را تضمین می‌کند و سلامت خاک را افزایش می‌دهد و در نتیجه باقلا را می‌توان به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از شیوه‌های کشاورزی پایدار در سراسر جهان معرفی نمود (Johnston et al., 2024). باقلا به‌عنوان یک گیاه نیمه‌حساس به شوری، دارای حد آستانه تحمل به شوری ۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر با شیب کاهش ۹/۶ درصد است (Maas & Grattan, 1999). هر گونه افزایش بیشتر در شوری خاک به‌طور قابل‌توجهی عملکرد باقلا را کاهش می‌دهد و زمانی که سطح شوری خاک پنج دسی‌زیمنس بر متر است، ۵۰ درصد کاهش عملکرد را باعث می‌شود (Sahab et al., 2021). افضل و همکاران (Afzal et al., 2022) گزارش کردند که در باقلا مرحله جوانه‌زنی بذر نسبت به سایر مراحل رشد به تنش شوری حساس‌تر است.

از آنجایی که جوانه‌زنی بذر و مراحل اولیه نمو گیاهچه حیاتی‌ترین و حساس‌ترین مراحل در طول چرخه زندگی گیاه هستند (Cafaro et al., 2023)، شور شدن خاک یک مانع عمده در رشد گیاه محسوب می‌شود (Zhou et al., 2024). کاهش در دسترس بودن آب، عدم تعادل یونی، تغییر در نقل و انتقال ذخایر غذایی بذر، و تغییرات در بخش ساختاری پروتئین، برخی از اثرات تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر هستند (El Boukhari et al., 2021). آب شور ممکن است توانایی بذر برای جذب آب (تنش اسمزی) را کاهش دهد و باعث عدم تعادل یونی در دانه (تنش یونی) شود که در نهایت باعث اختلال در جوانه‌زنی و جلوگیری از استقرار یکنواخت محصول می‌شود (De la Reguera et al., 2020). سازگاری گیاهان با محیط شور در طول مراحل رشد، به‌خصوص در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه، برای استقرار گیاهان بسیار مهم است. شروع جوانه‌زنی در بذرهای گیاهان حساس به‌دلیل تنش شوری به تأخیر می‌افتد (Ibrahim, 2016).

تحمل به تنش شوری در طول جوانه‌زنی برای استقرار و رشد گیاهان در خاک‌های شور امری بدیهی است. مدیریت شوری مبتنی بر محصول در مقایسه با راهبردهای مدیریت خاک و آبیاری که بسیار گران هستند، رویکردی کارآمدتر و اقتصادی‌تر برای کاهش شوری است (Sehrawat et al., 2020). پرایمینگ بذر یک روش قدیمی است که ثابت شده است

غلظت‌های مشخص به میزان ۱۰ میلی‌لیتر به هر پتری مطابق تیمارها اضافه شد. سپس درب هر پتری بسته و برای جوانه‌زنی در ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند (Anaya et al., 2018). برای شاهد از آب مقطر استفاده گردید. پتری‌ها به‌صورت روزانه بازبینی و بذور جوانه‌زده در ساعتی معین شمارش شدند. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه حداقل دو میلی‌متر بود. شمارش تا زمانی ادامه یافت که افزایشی در تعداد بذور جوانه‌زده مشاهده نشد و این حالت به مدت سه روز متوالی ثابت ماند. در پایان روز بیستم به‌منظور تعیین شاخص‌های رشد، ریشه و اندام هوایی گیاهچه را جدا کرده و طول آن‌ها توسط خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی، نمونه‌ها را در پاکت‌های جداگانه گذاشته و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و سپس با تراوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد.

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از معادله ۳ استفاده شد (Ellis & Roberts, 1981).

معادله (۳) $GP = \left(\frac{Ni}{N}\right) \times 100$
که در آن، GP: درصد جوانه‌زنی، Ni: تعداد کل بذورهای جوانه‌زده در روز آخر شمارش و N: تعداد کل بذرها است. سرعت جوانه‌زنی با استفاده از معادله ۴ محاسبه شد که در آن، Rs: سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)، Si: تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش و Di: تعداد روز تا شمارش nام بود (Maguire, 1962).

معادله (۴) $Rs = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i}$
برای محاسبه متوسط جوانه‌زنی از معادله ۵ استفاده شد (Ellis & Roberts, 1981).

معادله (۵) $MGT = \sum (n \times d) / N$
که در آن، MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی، n: تعداد روزها از شروع جوانه‌زنی، d: تعداد بذور جوانه‌زده در هر روز و N: تعداد کل بذور جوانه‌زده است. برای محاسبه شاخص بنیه از معادله ۶ استفاده شد (ISTA, 2010).

معادله (۶) $VI = GP (\%) \times (SL (cm) + RL (cm))$
که در آن، VI: شاخص بنیه، GP: درصد جوانه‌زنی، SL: طول گیاهچه و RL: طول ریشه‌چه بر حسب سانتی‌متر هستند. در تحقیقات تحمل به تنش شوری، مدل‌های مختلف تجربی به‌منظور ارزیابی پاسخ گیاهان به شوری استفاده می‌شود. به‌منظور محاسبه آستانه تحمل صفات مورد ارزیابی به تنش

باعث کاهش پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدئید و نشست الکترولیت می‌شود و در عین حال رنگیزه‌های فتوسنتزی، اسمولیت‌ها، شاخص پایداری غشاء و آنزیم‌های پاداکسیدانی را افزایش می‌دهد (Zaki et al., 2024). باناکار و همکاران (Banakar et al., 2021) گزارش کردند که افزایش شوری تا سطح شش دسی‌زیمنس بر متر بر درصد جوانه‌زنی بذور شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) تأثیری نداشت، اما با اعمال سطوح شوری بالاتر، درصد جوانه‌زنی به تدریج کاهش یافت و اعمال ۲۴ و ۲۷ دسی‌زیمنس، درصد جوانه‌زنی بذور را ۲۹/۸ و ۸۰/۸۱ درصد کاهش داد. لذا با توجه به گسترش روزافزون شوری آب و خاک و اثرات محدودکننده آن بر رشدونمو و تولید باقلا، هدف از این پژوهش بررسی اثرات پتاسیم سیلیکات بر بهبود خصوصیات جوانه‌زنی، شاخص‌های رشدی و تعیین آستانه تحمل بذر باقلا در برابر تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۴۰۳ در آزمایشگاه دانشگاه ایلام اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. عامل‌های آزمایش شامل پتاسیم سیلیکات در چهار سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات) و پنج سطح تنش شوری شامل (۰، ۱، ۴، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) بودند.

برای اجرای این آزمایش از بذر باقلا ضد عفونی‌شده رقم لوزدی اتونو محصول شرکت فیتو اسپانیا استفاده گردید. برای انجام پرایمینگ، بذورهای باقلا به مدت ۱۰ ساعت درون پتاسیم سیلیکات با غلظت‌های مختلف براساس نوع تیمارها قرار گرفته و سپس در دمای اتاق خشک شدند، همچنین برای غلظت صفر میلی‌گرم پتاسیم سیلیکات، بذرها در آب مقطر بدون افزودن پتاسیم سیلیکات به مدت ۱۰ ساعت نگهداری شدند.

برای اعمال تنش شوری با غلظت‌های مورد نظر، از نمک سدیم کلرید (NaCl) با جرم مولی ۵۸/۴۴ گرم بر مول مطابق معادله‌های ۱ و ۲ استفاده شد (Meot-Duros & Magne, 2008).

معادله (۱) هدایت الکتریکی کمتر $TDS (mg.L^{-1}) = EC (dS.m^{-1}) \times 640$
از هفت دسی‌زیمنس بر متر
معادله (۲) هدایت الکتریکی بیشتر از هفت دسی‌زیمنس بر متر $TDS (mg.L^{-1}) = EC (dS.m^{-1}) \times 800$

برای انجام این آزمایش، تعداد ۸۰ پتری پلاستیکی با قطر ۱۰ سانتی‌متر تهیه شد. در هر پتری، ۱۰ عدد بذر باقلا روی کاغذ صافی قرار گرفت. محلول‌های نمک سدیم کلرید با

شوری از مدل ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977) استفاده گردید.

$$Y = 100 - l (EC - a_0) \quad (۷)$$

که در آن، Y: عملکرد نسبی (درصد جوانه‌زنی)، l: شیب مدل و a_0 : آستانه‌ای از شوری است که در بیشتر از آن مقدار، Y شروع به کاهش می‌کند. زمانی که شوری (EC) بین صفر و حد آستانه (a_0) باشد، عملکرد نسبی یا جوانه‌زنی نسبی (Y) مساوی ۱۰۰ درصد بوده و هیچ‌گونه کاهش عملکردی مشاهده نمی‌شود، اما در شوری‌های بالاتر از حد آستانه (a_0)، عملکرد نسبی یا جوانه‌زنی نسبی با شیب ثابتی (l) به‌صورت خطی شروع به کاهش می‌نماید.

ون‌گنوختن و هافمن (Van Genuchten & Hoffman, 1984) مدل سه پارامتری لجستیک (معادله ۸) برای کاهش درصد جوانه‌زنی بذر تحت پتانسیل‌های مختلف شوری را ارائه دادند. این محققان گزارش کردند که واکنش گیاهان به شوری همیشه به‌صورت خطی نیست، بلکه به‌صورت سیگموئیدی است. مطابق این مدل، مقدار جوانه‌زنی نسبی از ابتدا با افزایش هر سطح شوری به‌صورت غیرخطی شروع به کاهش کرده و در نقطه EC50، مقدار آن به ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

$$Y = \frac{Y_{\max}}{\left(1 + \left(\frac{EC}{EC_{50}}\right)^{E_{rate}}\right)} \quad (۸)$$

که در آن، Y: درصد جوانه‌زنی در سطح شوری، $Y_{\max}$: حداکثر درصد جوانه‌زنی، EC50: سطح شوری لازم جهت ۵۰ درصد بازدارندگی حداکثر درصد جوانه‌زنی و E_{rate} : نشانگر شیب مدل و همیشه بالاتر از یک می‌باشد. برای کمی‌سازی پاسخ جوانه‌زنی بذر باقلا در سطوح مختلف پرایمینگ به تنش شوری، از مدل نمایی کاهشی (معادله ۹) استفاده شد.

$$Y = Y_{\max} \times \exp(-E_{rate} \times EC) \quad (۹)$$

که در آن، Y: نشان‌دهنده درصد جوانه‌زنی بذر باقلا در سطوح مختلف شوری EC، $Y_{\max}$: حداکثر درصد جوانه‌زنی و E_{rate} : نشانگر شیب مدل است.

همچنین داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی بذر باقلا در سطوح مختلف پرایمینگ به تنش شوری با یک مدل سیگموئیدی کاهشی (معادله ۱۰) برازش داده شدند (Chauhan & Johnson, 2008).

$$Y = \frac{Y_{\max}}{1 + \left(\exp\left(-\frac{EC - EC_{50}}{E_{rate}}\right)\right)} \quad (۱۰)$$

که در آن، Y: نشان‌دهنده درصد جوانه‌زنی بذر باقلا در سطوح مختلف شوری EC، $Y_{\max}$: حداکثر درصد جوانه‌زنی، EC50: نشان‌دهنده سطح شوری است که باعث کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذور می‌گردد و E_{rate} : شیب مدل را نشان می‌دهد.

علاوه بر این از تابع گامپتر نیز برای نشان دادن درصد جوانه‌زنی بذر باقلا در سطوح مختلف شوری استفاده شد.

$$Y = Y_{\max} \times \exp\left(-\exp\left(-\frac{(EC - EC_0)}{E_{rate}}\right)\right) \quad (۱۱)$$

که در آن، Y: نشان‌دهنده درصد جوانه‌زنی، EC: نشانگر سطوح شوری، $Y_{\max}$: بیانگر مجانب بالای منحنی یا همان حداکثر مقدار درصد جوانه‌زنی، E_{rate} : شیب منحنی یا آهنگ تغییر درصد جوانه‌زنی به‌ازای هر سطح شوری و EC_0 : سطحی از شوری است که در آن شیب منحنی خطی می‌شود.

ارزیابی مدل (همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و مشاهده‌شده) به‌وسیله شاخص میانگین مربعات ریشه خطا RMSE، ضریب تبیین R^2 Adj، شاخص آکائیک (AIC^1) و شاخص آکائیک تصحیح‌شده $AICc^2$ انجام شد (Anderson & Burnham, 2002). هر چه میزان عددی RMSE کوچک‌تر باشد، بیانگر این مطلب است که مدل برازش مناسبی دارد. اگر RMSE کمتر و R^2 Adj نزدیک‌تر به یک باشد، معرف برازش بهترین معادله است. مدلی با میزان AIC کمتر به‌عنوان مدل بهتر انتخاب می‌شود.

$$AIC = n \times \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) + 2 \times K \quad (۱۲)$$

$$AICc = n \times \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) + 2 \times \quad (۱۳)$$

$$K + \frac{2 \times k \times (K+1)}{n-K-1}$$

که در آن‌ها، RSS: مجموع مربعات باقی‌مانده رگرسیون، K: شمار پارامترهای برآوردشده در مدل و n: شمار نقطه‌ها یا نمونه‌ها می‌باشد. اگر اختلاف شاخص آکائیک تصحیح‌شده دو مدل ۲ و یا کمتر از آن باشد، اختلاف معنی‌داری ندارد. بهترین مدل در مقایسه مدل‌ها، مدلی است که کمترین میزان $AICc$ محاسبه‌شده را دارد.

تجزیه آماری داده‌ها جهت بررسی اثرات پرایمینگ و تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه باقلا با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. متغیرهای وابسته، شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه) و متغیرهای مستقل شامل تنش شوری و پتاسیم سلیکات بودند. نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف

مورد بررسی قرار گرفت. برای محاسبه مقایسه میانگین از آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. برازش مدل ها با استفاده از رگرسیون غیر خطی و با نرم افزار Sigmaplot 14 و رسم نمودارها به وسیله نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد جوانه زنی

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثرات تنش شوری، پتاسیم سیلیکات و اثرات متقابل آن ها (تنش شوری $\times$ پتاسیم سیلیکات) بر درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و شاخص بنیه بذر باقلا معنی دار است. همچنین متوسط زمان جوانه زنی تحت اثرات تنش شوری و پتاسیم سیلیکات در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱).

کاربرد پتاسیم سیلیکات تحت شرایط عدم تنش شوری (شوری ۰ و ۱ دسی زیمنس بر متر) اثر معنی داری بر درصد جوانه زنی بذرهای باقلا نداشت، اما درصد جوانه زنی با کاربرد ۱۵۰ میلی گرم پتاسیم سیلیکات در لیتر تحت شرایط تنش شوری ۴، ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۲۰/۷، ۲۳/۸ و ۲۶/۷ درصد در مقایسه با عدم کاربرد پتاسیم سیلیکات افزایش یافت (شکل ۱).

تنش شوری باعث کاهش درصد جوانه زنی بذرهای باقلا شد، این نتایج با نتایج آنایا و همکاران (Anaya et al., 2018)، عمر و همکاران (Omar et al., 2024) مبنی بر کاهش درصد جوانه زنی بذرهای باقلا تحت شرایط تنش شوری مطابقت دارد. آنایا و همکاران (Anaya et al., 2018) گزارش کردند که درصد جوانه زنی بذر باقلا تحت شرایط عدم تنش شوری ۸۰ درصد و در شوری های ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار نمک به ترتیب ۶۲، ۷۰، ۵۰ و ۴۵ درصد بود. همچنین این پژوهشگران گزارش کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث بهبود جوانه زنی باقلا تحت شرایط تنش شوری می شود (Anaya et al., 2018). کاهش درصد جوانه زنی در ارقام باقلا Sakha-3 و Giza-716 تحت تنش شوری ۱۰۰ میلی مولار نمک نیز گزارش شده است

(Omar et al., 2024). این محققان، تنش اسمزی ناشی از سمیت یون ها با کاهش جذب آب در مرحله آبنوشی و در نتیجه کاهش درصد جوانه زنی را گزارش کردند (Omar et al., 2024). تنش شوری سبب رسوب نمک در بخش سطحی خاک شده و در نتیجه باعث کاهش جوانه زنی می شود. علاوه بر این، استقرار گیاه به طور منفی تحت تأثیر کاهش پتانسیل آب خاک قرار گرفته و سبب می شود که گیاه در جذب آب و عناصر غذایی با مشکل برخورد کند، و در نهایت تنش شوری باعث تنش اکسیداتیو، سمیت سلولی و عدم تعادل یونی در سلول های گیاهی خواهد شد (Kukric et al., 2023). علاوه بر این، یون های کلر و سدیم اضافی جذب شده با جذب آب می تواند باعث سمیت یونی شده و بر فرآیندهای متابولیک در بذرهای جوانه زده از طریق فعالیت آنزیمی مانند تنفس، هیدرولیز عناصر غذایی و تولید انرژی تأثیر منفی بگذارد (Naseer et al., 2022). شوری بر رشدونمو گیاهان از جنبه های مختلف به عنوان یکی از عوامل تنش های محیطی مؤثر تأثیر می گذارد. تنش شوری جذب آب را محدود، از رشد محور جنینی جلوگیری کرده و منجر به خواب ثانویه بذر می شود (Farooq et al., 2017b). جذب آب کمتر باعث فعال شدن ضعیف آنزیم های هیدرولیتیک شده که منجر به کاهش جوانه زنی بذر تحت تنش شوری می شود (Nirmala et al., 2016).

سرعت جوانه زنی

سرعت جوانه زنی بذرهای باقلا تحت شرایط عدم تنش شوری تحت تأثیر پیش تیمار با پتاسیم سیلیکات قرار نگرفتند. تحت شرایط شوری چهار دسی زیمنس بر متر، کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم پتاسیم سیلیکات بر لیتر باعث افزایش سرعت جوانه زنی بذرهای باقلا به میزان ۲۴/۱ و ۲۰/۶ درصد در مقایسه با عدم کاربرد پتاسیم سیلیکات شدند. سرعت جوانه زنی بذرهای باقلا با کاربرد ۱۵۰ میلی گرم پتاسیم سیلیکات در لیتر تحت شرایط تنش شوری ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب به میزان ۲۳/۹ و ۲۶/۷ درصد بیشتر از عدم کاربرد آن بود (جدول ۲).

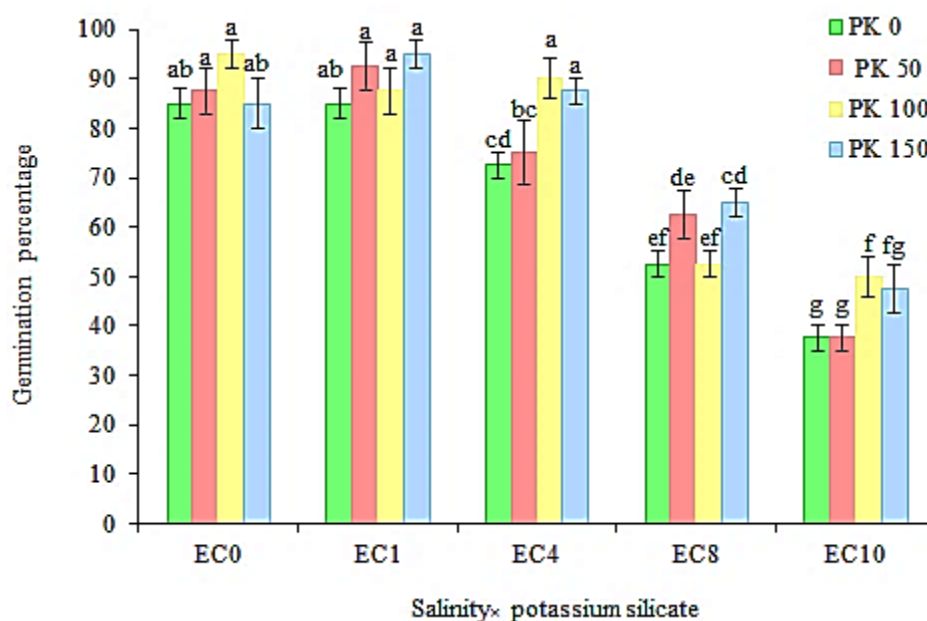
جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثرات پیش تیمار با پتاسیم سیلیکات بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر باقلا تحت شرایط تنش شوری

Table 1- Analysis of variance for the effects of pretreatment with potassium silicate on faba bean seed germination indices under salinity stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	شاخص بنیه بذر Vigor index
تنش شوری Salinity	4	6783.1**	0.5594**	12.946**	143.185**
پتاسیم سیلیکات Potassium silicate	3	374.6**	0.0309**	0.183 ^{ns}	2.312**
تنش شوری × پتاسیم سیلیکات Salinity × potassium silicate	12	113.1*	0.0093*	1.171**	2.949**
خطای آزمایش Error	60	58.8	0.0048	0.142	0.532
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	10.63	10.62	7.44	16.10

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ^{ns}: غیرمعنی‌دار

, and **: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively, ^{ns}: non significant



شکل ۱- اثرات پیش تیمار با پتاسیم سیلیکات بر درصد جوانه‌زنی بذر باقلا تحت شرایط تنش شوری

Fig. 1- Effects of pretreatment with potassium silicate on the germination percentage of faba bean seeds under salinity stress conditions

جدول ۲- اثرات پیش تیمار با پتاسیم سیلیکات بر شاخص های جوانه زنی و رشد گیاهچه باقلا تحت شرایط تنش شوری
Table 2- Effects of pretreatment with potassium silicate on germination and growth indices of faba bean seedlings under salinity stress conditions

تنش شوری (دسی زیمنس بر متر) Salinity (dS.m ⁻¹)	پتاسیم سیلیکات (میلی گرم در لیتر) Potassium silicate (mg.l ⁻¹)	سرعت جوانه زنی (بذر در روز) Germination rate (seed.day ⁻¹)	متوسط زمان جوانه زنی (روز) Mean germination time (day)	طول ساقه چه (سانتی متر) Shoot length (cm)	وزن خشک ساقه چه (گرم در بوته) Shoot dry weight (g.plant ⁻¹)	وزن خشک ریشه چه (گرم در بوته) Root dry weight (g.plant ⁻¹)
0	0	0.773 ^{ab*}	4.28 ^{fgh}	4.55 ^{abc}	0.382 ^{abc}	0.376 ^b
	50	0.795 ^a	3.93 ^h	4.63 ^{ab}	0.406 ^{ab}	0.393 ^{ab}
	100	0.864 ^a	3.88 ^h	5.03 ^a	0.414 ^a	0.419 ^a
	150	0.773 ^{ab}	3.98 ^{gh}	4.50 ^{abc}	0.366 ^{cd}	0.363 ^{bc}
1	0	0.773 ^{ab}	4.63 ^{ef}	3.98 ^{cd}	0.321 ^e	0.315 ^d
	50	0.841 ^a	4.53 ^{ef}	4.43 ^{bcd}	0.347 ^{de}	0.336 ^{cd}
	100	0.795 ^a	4.53 ^{ef}	3.85 ^{de}	0.312 ^e	0.315 ^d
	150	0.864 ^a	4.35 ^{fgh}	4.73 ^{ab}	0.376 ^{bcd}	0.368 ^{bc}
4	0	0.659 ^{cd}	4.60 ^{ef}	2.78 ^f	0.178 ^{gh}	0.188 ^{fg}
	50	0.682 ^{cb}	4.48 ^{efg}	2.83 ^f	0.188 ^{gh}	0.176 ^g
	100	0.818 ^a	5.38 ^{bcd}	3.35 ^{ef}	0.246 ^f	0.242 ^e
	150	0.795 ^a	4.90 ^{de}	3.25 ^f	0.209 ^g	0.218 ^{ef}
8	0	0.478 ^{ef}	6.75 ^a	1.70 ^{gh}	0.125 ^{ij}	0.110 ^{ij}
	50	0.568 ^{ed}	6.85 ^a	2.88 ^f	0.156 ^{hi}	0.164 ^{gh}
	100	0.478 ^{ef}	5.63 ^b	1.75 ^{gh}	0.132 ^{ij}	0.133 ^{hi}
	150	0.591 ^{cd}	5.68 ^b	2.95 ^f	0.172 ^h	0.180 ^g
10	0	0.341 ^g	5.48 ^{bc}	1.18 ^h	0.070 ^k	0.073 ^k
	50	0.341 ^g	5.00 ^{cde}	1.18 ^h	0.073 ^k	0.077 ^{jk}
	100	0.455 ^f	5.60 ^b	1.80 ^g	0.131 ^{ij}	0.117 ⁱ
	150	0.432 ^{fg}	6.78 ^a	1.70 ^{gh}	0.117 ^j	0.120 ^{il}

* در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک براساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری با هم ندارند.

* Means followed by the same letters are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) test (p<0.05).

(۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر) گزارش کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. شارما و همکاران (Sharma et al., 2014) گزارش کردند چنانچه جذب آب توسط بذر مختل شود و یا جذب آب به کندی صورت گیرد، فعالیت های متابولیکی جوانه زنی در درون بذر به کندی انجام می گیرد و در نتیجه مدت زمان خروج ریشه چه از بذر افزایش و سرعت جوانه زنی کاهش می یابد. ابراهیم (Ibrahim, 2016) گزارش نمود که در سطوح شوری نه چندان زیاد، القاء حالتی شبیه به خواب بذر، باعث کاهش سرعت جوانه زنی می شود.

براساس نتایج این پژوهش، هر چند تنش شوری سبب کاهش سرعت جوانه زنی بذور باقلا شد، اما پیش تیمار بذور با پتاسیم سیلیکات تا حدودی از کاهش سرعت جوانه زنی ممانعت کرده است. وانگ و همکاران (Wang et al., 2010) بیان کردند که اعمال سیلیکون باعث افزایش سرعت و درصد جوانه زنی گیاه *Momordica charantia* L. در سطوح مختلف تنش شوری شد. افزایش غلظت شوری در محیط های جوانه زنی اغلب باعث تأخیر در شروع جوانه زنی می شود (Abayechaw & Wulchafo, 2020). این بدان معنی است که سطوح بالای نمک طعام نه تنها درصد جوانه زنی را کاهش داده، بلکه جوانه زنی بذر را نیز به تأخیر می اندازد. بکیت و همکاران (Bekhiat et al., 2022) کاهش سرعت جوانه زنی باقلا را در غلظت های بالای نمک

مدت زمان جوانه‌زنی

متوسط زمان جوانه‌زنی با اعمال تنش شوری افزایش یافت. تحت شرایط تنش شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر، کاربرد مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات باعث کاهش مدت زمان جوانه‌زنی بذرهای باقلا شد، اما تحت شرایط تنش شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات باعث افزایش مدت زمان جوانه‌زنی بذرهای باقلا به میزان ۲۴/۲ درصد شد (جدول ۲). تحت تنش شوری متوسط، زمان جوانه‌زنی افزایش یافت، بیشتر بودن میزان این صفت یعنی اینکه بذر در مدت زمان بیشتری جوانه زدند. متوسط زمان جوانه‌زنی بذر ویژگی بسیار مهمی در استقرار گیاهچه و استفاده مطلوب از شرایط محیطی است. به طور کلی، تنش شوری به وسیله افزایش فشار اسمزی و یا اثرات سمیت یونی باعث کاهش جذب آب و تحت تأثیر قرار گرفتن فرایندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی شده، لذا منجر به کاهش طول و وزن گیاهچه و تأخیر در جوانه‌زنی و به دنبال آن کاهش سرعت جوانه‌زنی بذر می‌شود (Keshtiban et al., 2014). نتایج نشان داد که زمان جوانه‌زنی بذر باقلا تحت تنش شوری متوسط افزایش یافت که با نتایج سعادت و همکاران (Saadat et al., 2023) روی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مطابقت دارد.

شاخص بنیه بذر

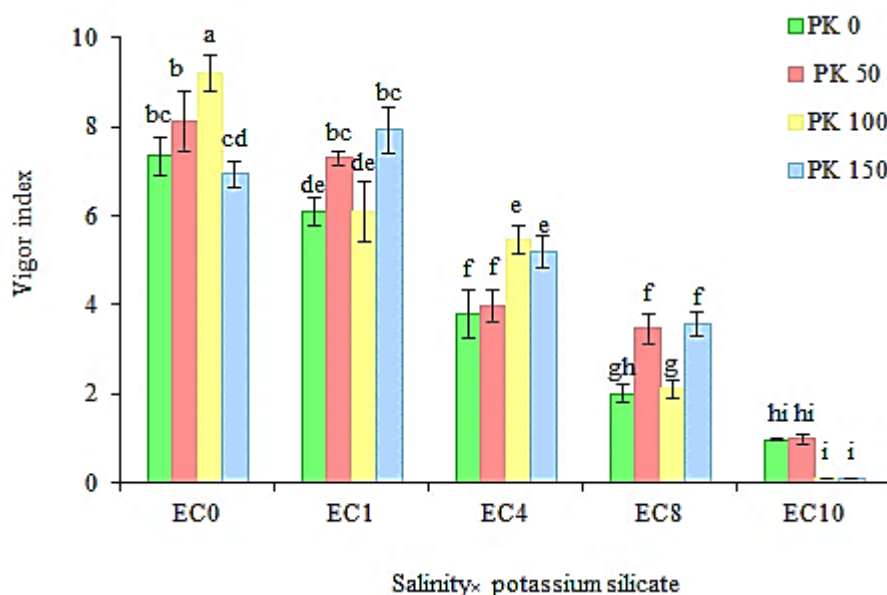
کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات تحت شرایط عدم تنش شوری، شاخص بنیه بذر باقلا را ۲۵/۴ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آن افزایش داد. شاخص بنیه بذر باقلا تحت شرایط تنش شوری یک دسی‌زیمنس بر متر با کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم پتاسیم سیلیکات در لیتر ۳۰/۱ درصد افزایش یافت. کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات تحت شرایط تنش شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش شاخص بنیه بذر به ترتیب به میزان ۳۷/۹ و ۴۴/۴ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. کاربرد ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات تحت شرایط تنش شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر باعث بهبود شاخص بنیه بذر باقلا به ترتیب به میزان ۷۳/۷ و ۷۹/۰ درصد گردید (شکل ۲).

شاخص بنیه گیاهچه یکی از مهم‌ترین خصوصیات است که افزایش مقدار آن نشان‌دهنده بهبود کیفیت و قدرت جوانه‌زنی بذر است. در این پژوهش، پتاسیم سیلیکات با بهبود شاخص‌های رشد گیاهچه و درصد جوانه‌زنی سبب افزایش

شاخص بنیه گیاهچه باقلا گردید. تنش شوری با کاهش درصد جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گیاهچه باعث کاهش کیفیت بذر و شاخص بنیه گیاهچه باقلا شد. افزایش سطوح تنش شوری از طریق کاهش مقدار رطوبت بافت گیاهچه، در اثر کاهش فشار آماس و تجمع ماده خشک در بافت‌های ذخیره‌ای ریشه و ایجاد فعالیت‌های غیرطبیعی در اثر سمیت یون‌های سدیم و کلر و ایجاد پتانسیل اسمزی منفی در گیاهچه باعث کاهش بنیه بذر می‌گردد (Sharma et al., 2004). همچنین، کاهش شاخص‌های بنیه تحت تنش شوری ممکن است به دلیل کاهش تقسیم سلولی و افزایش تنفس باشد (Tao et al., 2018). کاهش شاخص بنیه بذر ماش نیز تحت تنش شوری گزارش شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Nirmala et al., 2016).

طول ساقه‌چه

طول ساقه‌چه باقلا تحت اثرات تنش شوری و کاربرد پتاسیم سیلیکات و اثرات متقابل (تنش شوری × پتاسیم سیلیکات) در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). طول ساقه‌چه باقلا در شرایط عدم تنش شوری تحت اثرات کاربرد پتاسیم سیلیکات قرار نگرفت، اما کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر باعث بهبود طول ساقه‌چه باقلا به میزان ۵۳/۲ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ۲). تنش شوری باعث کاهش طول ساقه‌چه بذرهای باقلا گردید، زیرا تنش شوری دارای اثر بازدارنده بر ظهور بافت‌های جنین است (Gao et al., 2015). این نتایج با مطالعات احمد و ستار (Ahmed & Sattar, 2024) مطابقت دارد. احمد و ستار (Ahmed & Sattar, 2024) گزارش کردند که طول ساقه‌چه باقلا از ۲۵/۵ سانتی‌متر تحت شرایط عدم تنش شوری تا ۲۱/۳ سانتی‌متر در شرایط شوری ۱۰۰ میلی‌مولار متغیر است. بسیاری از پژوهشگران، دلیل کاهش رشد گیاهچه در شرایط تنش شوری را جلوگیری از انتقال مواد غذایی از لپه به جنین گزارش نموده‌اند. علاوه بر این، با افزایش شوری محلول اطراف بذر، جذب آب توسط بذر دچار اختلال شده، ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها کمتر شده و در نتیجه رشد گیاهچه کاهش می‌یابد (Basra et al., 2005). بنابراین، پیش تیمار با پتاسیم سیلیکات با تحریک بسیاری از فرایندهای متابولیک در مراحل اولیه جوانه‌زنی سبب افزایش طول ساقه‌چه باقلا تحت شرایط تنش شوری شده است.



شکل ۲- اثرات پیش‌ تیمار با پتاسیم سیلیکات بر شاخص بنیه بذر باقلا تحت شرایط تنش شوری

Fig. 2- Effects of pretreatment with potassium silicate on the vigor index of faba bean seeds under salinity stress conditions

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس اثرات پیش‌ تیمار با پتاسیم سیلیکات بر شاخص‌های رشد گیاهچه باقلا تحت شرایط تنش شوری

Table 3- Analysis of variance of effects of pretreatment with potassium silicate on faba bean seedling growth indices under salinity stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		طول ساقه‌چه Shoot length	طول ریشه‌چه Root length	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight
تنش شوری Salinity	4	28.282**	15.416**	0.2522**	0.2429**
پتاسیم سیلیکات Potassium silicate	3	1.174**	0.402 ^{ns}	0.0046**	0.0057**
تنش شوری × پتاسیم سیلیکات Salinity × potassium silicate	12	0.596**	0.391 ^{ns}	0.0024**	0.0022**
خطای آزمایش Error	60	0.171	0.304	0.0006	0.0007
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	13.13	19.32	10.40	11.15

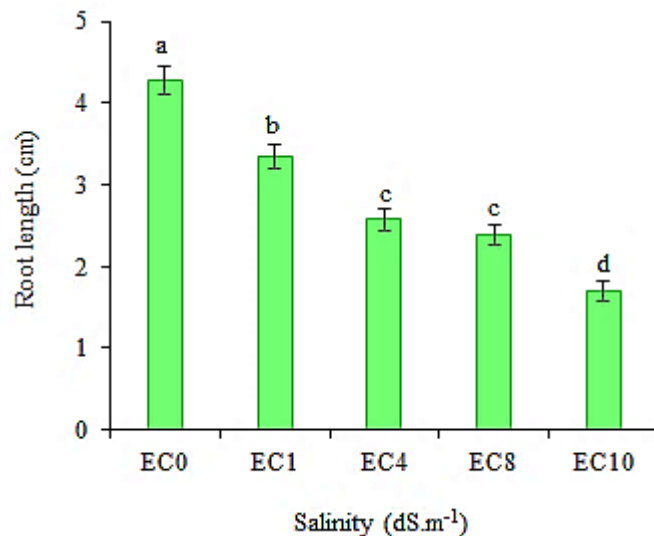
* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد؛ ^{ns}: غیرمعنی‌دار

* and **: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively; ^{ns}: non significant

شوری در سطوح ۱، ۴، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، طول ریشه‌چه باقلا به ترتیب ۲۱/۸، ۳۹/۷، ۴۴/۲ و ۶۰/۰ درصد در مقایسه با عدم تنش شوری کاهش یافت (شکل ۳).

طول ریشه‌چه

طول ریشه‌چه باقلا فقط تحت تأثیر کاربرد پتاسیم سیلیکات در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). با اعمال تنش



شکل ۳- طول ریشه‌چه باقلا تحت شرایط تنش شوری

Fig. 3- Root length of faba bean seeds under salinity stress conditions

وزن خشک ساقه‌چه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات تنش شوری، پتاسیم سیلیکات و اثرات متقابل آن‌ها (تنش شوری × پتاسیم سیلیکات) در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک ساقه‌چه باقلا هستند (جدول ۳). بیشترین وزن خشک ساقه‌چه (۰/۴۱۴ گرم در بوته) با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات تحت شرایط عدم تنش شوری مشاهده شد که در مقایسه با عدم کاربرد آن ۸/۵ درصد بیشتر بود. تحت شرایط تنش شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات باعث بهبود وزن خشک ساقه‌چه باقلا به میزان ۸۶/۵ و ۶۶/۵ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ۲).

آناپا و همکاران (Anaya et al., 2018) نتایج مشابهی را گزارش کردند. توکلی و همکاران (Tavakkoli et al., 2024) کاهش ماده خشک دو رقم باقلا (ارقام Fiesta و Cairo) را تحت تنش شوری ۸/۵ و ۱۵/۸ دسی‌زیمنس بر متر نیز گزارش کردند. احمد و ستار (Ahmed & Sattar, 2024) کاهش وزن خشک ساقه‌چه باقلا تحت شرایط تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار نمک را به میزان ۴۵/۴ درصد نشان دادند. احتمالاً کاهش وزن خشک ساقه‌چه باقلا تحت شرایط تنش شوری ناشی از کاهش سنتز و فعالیت آنزیم‌های مورد نیاز در رشد و نمو بذر است، زیرا شوری زیاد، سنتز و فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده ذخایر بذر را محدود می‌کند، و در نتیجه وزن خشک ساقه‌چه را کاهش می‌دهد (Kaur et al., 2022). پتاسیم سیلیکات با افزایش مقدار

ریشه بیشتر از سایر اندام‌ها به علت ارتباط مستقیم با خاک و آب در معرض تنش شوری قرار دارد و به عنوان یک فیلتر، عبور یون‌ها را کنترل کرده و نسبت بهینه یون‌های پتاسیم و سدیم را برای فعالیت‌های سلول فراهم می‌سازد (Bavarsadi et al., 2017). تحت شرایط سطوح بالای نمک، کاهش پتانسیل آب و یا افزایش مقدار املاح مضر در محیط رشد گیاه سبب کاهش طول ریشه‌چه می‌شود. در چنین وضعیتی، بخش اساسی انرژی ریشه صرف جذب فعال عناصر غذایی مورد نیاز شده و در نتیجه انرژی اختصاص‌یافته به رشد ریشه کاهش می‌یابد. کاهش طول ریشه باقلا تحت شرایط تنش شوری در سایر مطالعات نیز گزارش شده است که نشان‌دهنده حساسیت باقلا به تنش شوری است (Hafez et al., 2021; Ahmed & Sattar, 2024). احمد و ستار (Ahmed & Sattar, 2024) گزارش کردند که طول ریشه‌چه باقلا تحت شرایط تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار نمک ۴۱/۹ درصد کاهش می‌یابد. حافظ و همکاران (Hafez et al., 2021) نشان دادند که کاربرد پتاسیم سیلیکات اثر مثبتی بر شاخص‌های رشد ریشه باقلا (طول ریشه، وزن خشک ریشه و تعداد گره) تحت شرایط تنش شوری دارد. اثرات مثبت پتاسیم سیلیکات را می‌توان به نقش تقویت‌کننده پتاسیم و سیلیکات در سیستم‌های نقل و انتقال سلولی که علاوه بر بهبود نفوذپذیری آب و حفظ آب، عناصر غذایی و آب را نیز منتقل می‌کنند، نسبت داد (Rawat et al., 2016). اعتصامی و همکاران (Etesami & Adl, 2020) گزارش کردند که کاربرد سیلیکون باعث کاهش جذب سدیم، ممانعت از رسوب سدیم در ریشه‌های تحت تنش شوری و افزایش جذب پتاسیم می‌شود.

سیلیکون، لیگنین و سلولز در ساقه‌ها باعث افزایش ماده خشک در گیاه می‌شود (Gong et al., 2021).

وزن خشک ریشه‌چه

نتایج مندرج در جدول ۳ نشان داد که اثرات تنش شوری، پتاسیم سیلیکات و اثرات متقابل آن‌ها (تنش شوری $\times$ پتاسیم سیلیکات) در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک ریشه‌چه باقلا معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین وزن خشک ریشه‌چه (۰/۴۱۹ گرم در بوته) با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات تحت شرایط عدم تنش شوری مشاهده شد که در مقایسه با عدم کاربرد آن ۱۱/۵ درصد بیشتر بود. کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات تحت شرایط تنش شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر باعث بهبود وزن خشک ریشه‌چه باقلا به‌میزان ۶۰/۱ و ۶۵/۶ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ۲).

وزن خشک ریشه‌چه باقلا تحت تنش شوری کاهش یافت. احمد و ستار (Ahmed & Sattar, 2024) نتایج مشابهی مبنی بر کاهش وزن خشک ریشه‌چه باقلا به‌میزان ۵۷/۱ درصد تحت شرایط تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار نمک گزارش کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. لاتف و همکاران (Latef et al., 2021) گزارش کردند که وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن تر ساقه و وزن خشک ساقه تحت تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نمک به‌ترتیب به‌میزان ۴۸/۷، ۷۰/۴، ۵۹/۷ و ۴۲/۱ درصد کاهش یافت. کاهش وزن خشک ریشه‌چه تحت تنش شوری به‌علت کاهش تقسیم سلولی و رشد، از بین رفتن تعادل یونی و اسمزی است. ریشه اولین اندامی است که نقش جذب آب و عناصر غذایی را به عهده دارد و تنش شوری بیشتر از بخش ریشه به گیاه وارد می‌شود، لذا ریشه اولین بخشی است که با تنش شوری روبه‌رو می‌شود. نیتندو و همکاران (Netondo et al., 2004) گزارش کردند که رسوب نمک در ریشه در حال رشد علت اصلی کم‌آبی فیزیولوژیکی و در نهایت کاهش تقسیم سلولی، کاهش رشد ریشه و شاخص بنیه بذر است. پیش‌تیمار با پتاسیم سیلیکات باعث بهبود وزن ریشه در سطوح مختلف تنش شوری شد که این امر به‌علت نقش سیلیسیم در افزایش آسمیلایسیون گیاهی و پتاسیم در سرعت بخشیدن به سنتز و نقل و انتقال کربوهیدرات است که در نهایت سبب افزایش ماده خشک گیاه می‌شود. پتاسیم سیلیکات با رسوب در دیواره سلولی و افزایش ضخامت دیواره سلولی باعث افزایش وزن

ریشه‌چه می‌شود. کاووی و همکاران (Kuai et al., 2017) گزارش دادند که کاربرد سیلیس باعث افزایش قطر ریشه و مقدار لیگنینی در مراحل اولیه جوانه‌زنی در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) می‌شود.

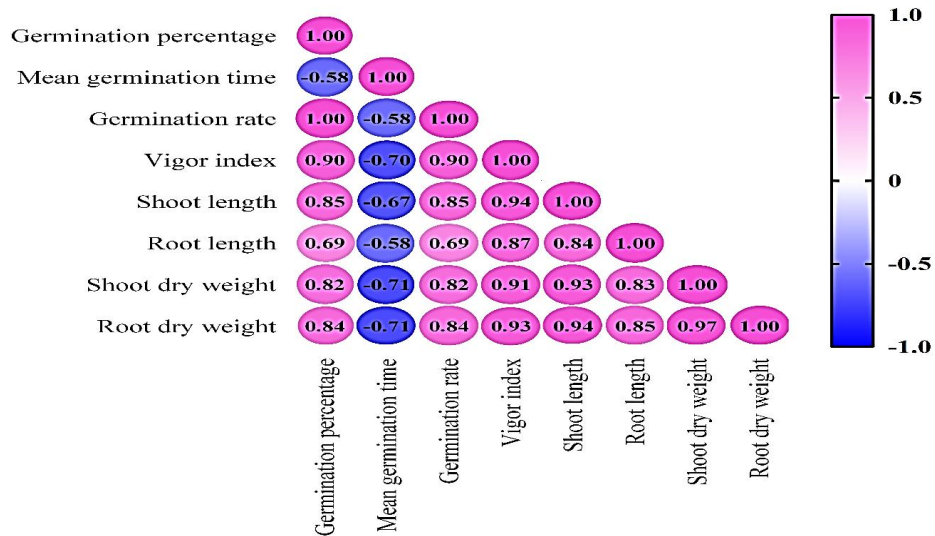
همبستگی صفات

بین شاخص‌های جوانه‌زنی (شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر) با شاخص‌های رشد گیاهچه (شامل طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد، اما مدت زمان جوانه‌زنی با این صفات همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (شکل ۴).

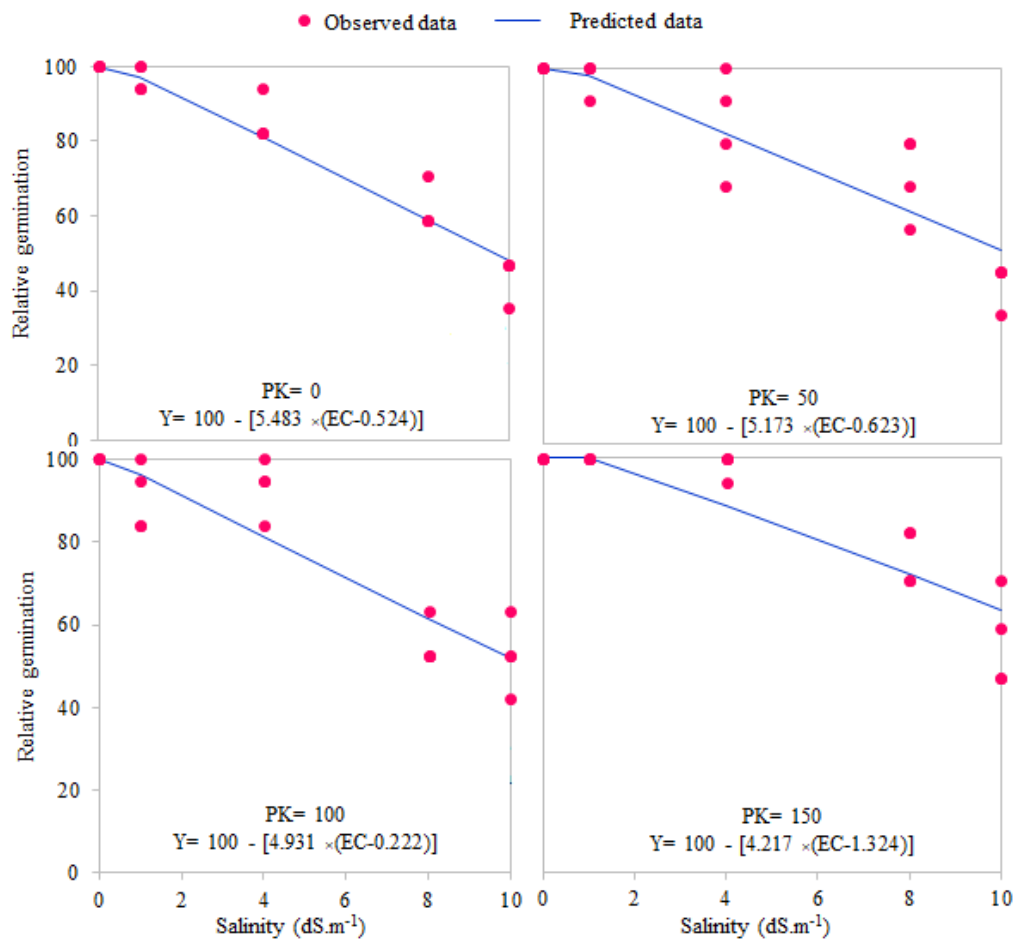
اثرات پیش‌تیمار بر آستانه تحمل به تنش شوری باقلا در مرحله جوانه‌زنی با استفاده از مدل‌های مختلف تجربی

براساس معادله ماس و هافمن، حد آستانه تحمل به تنش شوری در باقلا براساس جوانه‌زنی نسبی با عدم کاربرد پتاسیم سیلیکات ۰/۵۲ و شیب کاهش آن ۵/۴۸ بود. حد آستانه تحمل به تنش شوری در باقلا با کاربرد ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات به‌ترتیب ۰/۶۲، ۰/۲۲ و ۱/۳۲ بود و شیب کاهش آن نیز ۵/۱۷، ۴/۹۳ و ۴/۲۲ بود (شکل ۵ و جدول ۴). هر چند آستانه تحمل به تنش شوری با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات کاهش یافت، اما آستانه تحمل به تنش شوری با کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات در باقلا افزایش و شیب کاهشی آن تا حدودی کمتر شده است که نشان‌دهنده افزایش تحمل به تنش شوری در باقلا با اعمال پتاسیم سیلیکات است.

آلایا و همکاران (Anaya et al., 2018) گزارش کردند که بذرهای باقلا در مرحله جوانه‌زنی به تنش شوری حساس هستند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. یکی از حساس‌ترین مراحل رشد به تنش شوری در طول رشدونمو گیاه باقلا، مرحله جوانه‌زنی بذر است. جوانه‌زنی بذر به‌شدت توسط تنش شوری مهار می‌شود (Wu et al., 2019). تنش شوری، جوانه‌زنی بذر را به دلایل مختلف کاهش می‌دهد. شوری رشد گیاهچه را به تأخیر می‌اندازد، فرآیندهای مهم سلولی را مختل می‌کند و با تغییر سرعت سبز شدن و رشد در اکثر گیاهان زراعی، بر ریخت‌شناسی گیاه در سراسر مرحله گیاهچه تأثیر می‌گذارد (El-Badri et al., 2021).



شکل ۴- همبستگی بین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه
Fig. 4- Correlation between germination indices and seedling growth



شکل ۵- اثرات پتاسیم سیلیکات بر جوانه‌زنی نسبی بذرهای باقلا به تنش شوری براساس معادله ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977)
Fig. 5- Effects of potassium silicate on relative germination of faba bean seeds under salinity stress based on the Maas & Hoffman, 1977; equation

۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات براساس مدل لجستیک به ترتیب ۹/۳۷، ۹/۷۱، ۹/۸۷ و ۱۰/۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و براساس مدل سیگموئیدی به ترتیب ۸/۷۵، ۹/۴۱، ۹/۳۸ و ۱۰/۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۵ و شکل ۶).

براساس مدل نمایی، بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر باقلا با کاربرد مقادیر مختلف ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات به ترتیب ۸۹/۳۳، ۹۴/۹۴، ۹۷/۴۸ و ۹۴/۷۷ به دست آمد. سطحی از تنش شوری که باعث کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذر باقلا می‌شود با کاربرد مقادیر مختلف ۰، ۵۰،

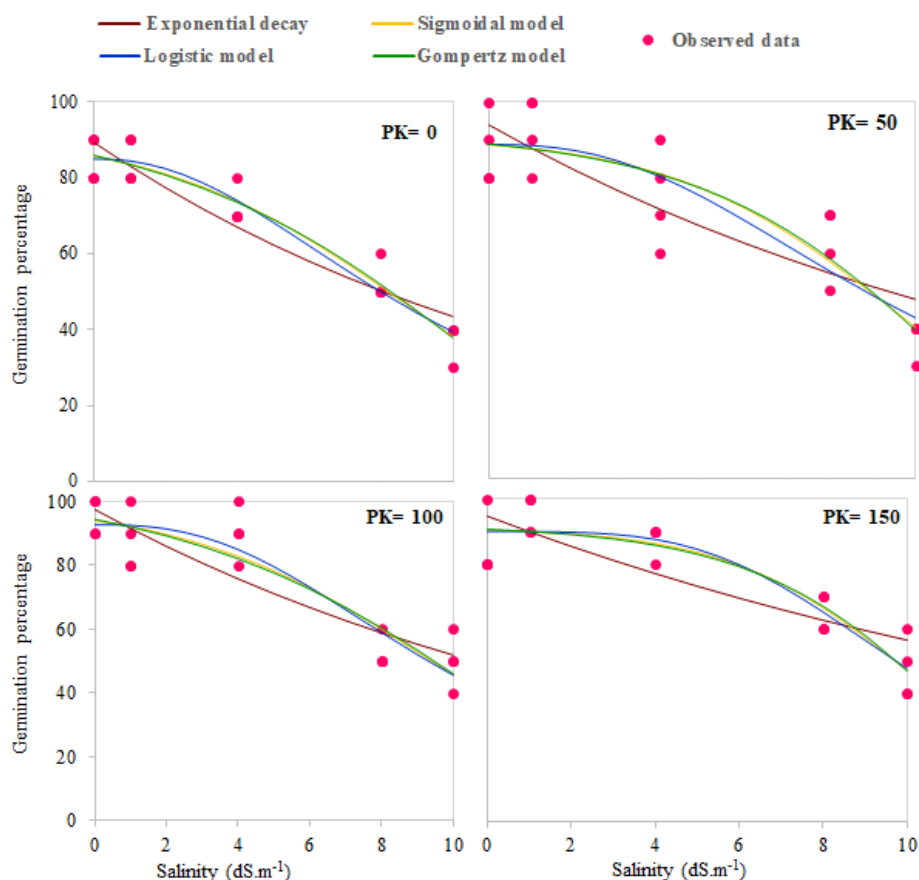
جدول ۴- پارامترهای معادله ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977) برای جوانه‌زنی نسبی بذرهای باقلا به پتاسیم سیلیکات تحت تنش شوری

Table 4- Parameters of the Maas & Hoffman, 1977; equation for relative germination of faba bean seeds to potassium silicate under salinity stress

پتاسیم سیلیکات Potassium silicate	شیب مدل I	حد آستانه a ₀	Adj R ²	RMSE
0	5.48 ^{**} ± 0.32	0.52 ^{ns} ± 0.33	0.94	5.51
50	5.17 ^{**} ± 0.58	0.62 ^{ns} ± 0.62	0.81	10.02
100	4.93 ^{**} ± 0.53	0.22 ^{ns} ± 0.62	0.82	9.10
150	4.22 ^{**} ± 0.50	1.32 [*] ± 0.61	0.78	8.74

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد؛ ^{ns}: غیرمعنی‌دار

*, and **: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively; ^{ns}: non significant



شکل ۶- روند جوانه‌زنی بذر باقلا تحت اثرات پیش تیمار با پتاسیم سیلیکات و تنش شوری با استفاده از مدل‌های مختلف تجربی
Fig. 6- Germination process of faba bean seeds under the effects of pretreatment with potassium silicate and salinity stress using different experimental models

جدول ۵- پارامترهای مدل‌های مختلف به‌دست آمده برای جوانه‌زنی بذر باقلا تحت اثرات پیش تیمار با پتاسیم سیلیکات و تنش شوری

Table 5- Parameters of different models obtained for bean seed germination under the effects of pretreatment with potassium silicate and salinity stress

پتاسیم سیلیکات Potassium silicate	نوع مدل	Model	Ymax± SE	Erate ± SE	EC50± SE	E ₀ ± SE
0	مدل نمایی	Exponential decay	89.33** ± 2.49	0.07** ± 0.01		
	مدل لجستیک	Logistic model	84.98** ± 1.97	2.24** ± 0.37	9.37** ± 0.43	
	مدل سیگموئیدی	Sigmoidal model	92.76** ± 6.35	-3.50** ± 0.78	8.75** ± 0.57	
	مدل گامپرتز	Gompertz model	97.29** ± 9.26	-4.94** ± 1.41		10.28** ± 0.41
50	مدل نمایی	Exponential decay	93.94** ± 4.27	0.07** ± 0.01		
	مدل لجستیک	Logistic model	88.79** ± 3.83	2.53** ± 0.87	9.71** ± 0.79	
	مدل سیگموئیدی	Sigmoidal model	91.00** ± 6.35	-2.58* ± 0.97	9.41** ± 0.54	
	مدل گامپرتز	Gompertz model	92.36** ± 7.46	-3.24* ± 1.32		10.52** ± 0.50
100	مدل نمایی	Exponential decay	97.48** ± 3.84	0.06** ± 0.01		
	مدل لجستیک	Logistic model	92.74** ± 3.15	2.64** ± 0.75	9.87** ± 0.63	
	مدل سیگموئیدی	Sigmoidal model	100.32** ± 10.26	-3.46* ± 1.35	9.38** ± 0.79	
	مدل گامپرتز	Gompertz model	106.10** ± 17.31	-5.09 ^{ns} ± 2.70		10.91** ± 0.67
150	مدل نمایی	Exponential decay	94.77** ± 3.98	0.05** ± 0.01		
	مدل لجستیک	Logistic model	89.98** ± 2.54	3.79** ± 1.16	10.30** ± 0.52	
	مدل سیگموئیدی	Sigmoidal model	91.36** ± 3.52	-2.16** ± 0.65	10.10** ± 0.37	
	مدل گامپرتز	Gompertz model	92.18** ± 4.19	-2.68** ± 0.89		11.03** ± 0.50

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ^{ns}: غیر معنی‌دار

*, and **: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively, ^{ns}: non significant

دیگری که با استفاده از آن برای ارزیابی مدل استفاده می‌شود، ریشه میانگین مربعات خطا می‌باشد که در سطوح مختلف پتاسیم سیلیکات، مقدار آن برای مدل‌های سه پارامتری (لجستیک، سیگموئیدی و گامپرتز) در مقایسه با مدل دو پارامتری نمایی کمتر می‌باشد که کم بودن مقدار آن نشان‌دهنده میزان دقت بالای مدل در شبیه‌سازی جوانه‌زنی بذرهای باقلا است. همچنین مقدار ضریب آکائیک تصحیح شده برای مدل‌های سه پارامتری (لجستیک، سیگموئیدی و گامپرتز) در شرایط عدم کاربرد پتاسیم سیلیکات کمترین مقدار بود. بنابراین این مدل‌ها به خوبی توانستند که درصد جوانه‌زنی باقلا به تنش شوری در سطوح مختلف پتاسیم سیلیکات را شبیه‌سازی نمایند (جدول ۶).

برازش چهار مدل (مدل دو پارامتری نمایی، مدل سه پارامتری لجستیک، سیگموئیدی و گامپرتز) به داده‌های درصد جوانه‌زنی بذرهای باقلا تحت شرایط تنش شوری با کاربرد سطوح مختلف پتاسیم سیلیکات نشان داد که سه مدل لجستیک، سیگموئیدی و گامپرتز روند تقریباً یکسانی داشتند و به دلیل R^2 بالا قادر به ارائه توصیف خوبی از پاسخ جوانه‌زنی باقلا به تنش شوری در سطوح مختلف پتاسیم سیلیکات بودند. بیشترین ضریب تبیین ($R^2 = 0.93$) درصد جوانه‌زنی باقلا به تنش شوری براساس مدل‌های لجستیک، سیگموئیدی و گامپرتز تحت شرایط عدم کاربرد پتاسیم سیلیکات مشاهده شد که این امر نشان‌دهنده این است که با توجه به مشاهدات، مدل مورد استفاده به احتمال ۹۳ درصد تغییرات درصد جوانه‌زنی باقلا به تنش شوری را درست پیش‌بینی نموده است. آماره

جدول ۶- ارزیابی مدل های مختلف به دست آمده برای جوانه زنی بذر باقلا تحت اثرات پیش تیمار با پتاسیم سیلیکات و تنش شوری
Table 6- Evaluation of different models obtained for faba bean seed germination under the effects of pretreatment with potassium silicate and salinity stress

پتاسیم سیلیکات Potassium silicate	نوع مدل	Model	Adj R ²	RMSE	AIC	AICc
0	مدل نمایی	Exponential decay	0.89	6.67	-17.97	-17.27
	مدل لجستیک	Logistic model	0.93	5.29	-20.59	-19.09
	مدل سیگموئیدی	Sigmoidal model	0.93	5.14	-21.19	-19.69
	مدل گامپرتز	Gompertz model	0.93	5.11	-21.30	-19.80
50	مدل نمایی	Exponential decay	0.73	11.46	-7.14	-6.43
	مدل لجستیک	Logistic model	0.77	10.61	-6.68	-5.18
	مدل سیگموئیدی	Sigmoidal model	0.78	10.21	-7.44	-5.94
	مدل گامپرتز	Gompertz model	0.79	10.06	-7.74	-6.24
100	مدل نمایی	Exponential decay	0.76	10.35	-9.18	-8.47
	مدل لجستیک	Logistic model	0.83	8.80	-10.41	-8.91
	مدل سیگموئیدی	Sigmoidal model	0.81	9.23	-9.47	-7.97
	مدل گامپرتز	Gompertz model	0.80	9.38	-9.14	-7.64
150	مدل نمایی	Exponential decay	0.68	10.84	-8.26	-7.55
	مدل لجستیک	Logistic model	0.83	7.86	-12.68	-11.18
	مدل سیگموئیدی	Sigmoidal model	0.82	7.99	-12.34	-10.84
	مدل گامپرتز	Gompertz model	0.82	8.07	-12.16	-10.66

نتیجه گیری

از آنجا که گیاهان زراعی در بسیاری از مناطق نیمه خشک و خشک جهان در معرض تنش شوری قرار دارند، مرحله جوانه زنی یکی از مراحل حساس رشدی گیاه است که می تواند تحت تأثیر تنش شوری واقع شود. نمک در این مرحله خسارت جبران ناپذیری به گیاه وارد می کند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که گیاه زراعی باقلا در مرحله جوانه زنی به تنش شوری حساس است و با اعمال تنش شوری، شاخص های جوانه زنی بذر آن مانند درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و بنیه بذر کاهش می یابد، همچنین شاخص های رشد مانند طول و وزن خشک ریشه چه و ساقه چه نیز تحت تنش شوری کاهش یافتند، اما غلظت های مختلف پتاسیم سیلیکات (به ویژه غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم سیلیکات) باعث بهبود

شاخص های جوانه زنی بذرهای باقلا شدند. از مدل های مختلف تجربی برای تعیین حد آستانه تحمل به شوری در گیاه باقلا استفاده شد. آستانه تحمل به شوری در گیاه باقلا زیر یک برآورد گردید. شیب کاهش آن برابر ۴-۵ بود. مقدار شوری که در آن درصد جوانه زنی به ۵۰ درصد کاهش یافت بین ۹-۱۰ دسی زیمنس بر متر بود. بنابراین می توان پیشنهاد نمود که از پتاسیم سیلیکات به عنوان یک روش امیدبخش برای کاهش اثرات شوری در مرحله جوانه زنی و استقرار گیاهچه باقلا استفاده شود.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه ایلام به خاطر حمایت از انجام این رساله دکتری تشکر و قدردانی می گردد.

References

- Abayechaw, D., & Wulchafo, K. (2020). Germination test and seed rate determination on pulse crops. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 8, 113-123. <https://doi.org/10.20546/ijcrar.2020.805.012>
- Abdelkader, A. A., Khalil, M. S., & Mohamed, M. S. (2022). Simultaneous biodegradation of λ -cyhalothrin pesticide and *Vicia faba* growth promotion under greenhouse conditions. *AMB Express*, 12(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s13568-022-01383-0>

- Afzal, M., Alghamdi, S. S., Migdadi, H. H., El-Harty, E., & Al-Faifi, S. A. (2022). Agronomical and physiological responses of faba bean genotypes to salt stress. *Agriculture*, 12(2), 235. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020235>
- Ahmed, E. Z., & Sattar, A. M. A. E. (2024). Improvement of *Vicia faba* plant tolerance under salinity stress by the application of thiamine and pyridoxine vitamins. *Scientific Reports*, 14(1), 22367. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-72511-y>
- Anaya, F., Fghire, R., Wahbi, S., & Loutfi, K. (2018). Influence of salicylic acid on seed germination of *Vicia faba* L. under salt stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.10.002>
- Anderson, D. R., & Burnham, K. P. (2002). Avoiding pitfalls when using information-theoretic methods. *The Journal of Wildlife Management*, 66(3), 912-918. <https://doi.org/10.2307/3803155>
- Anderson, R., Bayer, P. E., & Edwards, D. (2020). Climate change and the need for agricultural adaptation. *Current Opinion in Plant Biology*, 56, 197-202. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.12.006>
- Banakar, M. H., Ranjbar, G. H., & Sarafraz Ardakani, M. R. (2021). Determination of salt tolerance threshold of different fenugreek (*Trigonella Foenum-graecum* L.) ecotypes at germination stage using experimental models. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 34(4), 861-882. (In Persian with English Abstract). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23832592.1400.34.4.10.3>
- Basra, S. M. A., Farooq, M., Tabassam, R., & Ahmad, N. (2005). Physiological and biochemical aspects of pre-sowing seed treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, 33(3), 623-628. <https://doi.org/10.15258/sst.2005.33.3.09>
- Bavarsadi, M., Modhej, A., & Majdam, M. (2017). Investigation the effect of salinity tension on germination, seedling growth and ionic content of alfalfa genotypes (*Medicago sativa* L.). *Crop Physiology Journal*, 9(35), 121-136.
- Bekhiet, A. M., Helmy, A. M., Fouda, S. E., & Azzam, C. R. (2022). Evaluation of salinity tolerance of some Egyptian *Faba bean* varieties during the germination stage. *Current Investigations in Agriculture and Current Research*, 10, 1316-1328.
- Cafaro, V., Alexopoulou, E., Cosentino, S. L., & Patane, C. (2023). Germination response of different castor bean genotypes to temperature for early and late sowing adaptation in the mediterranean regions. *Agriculture*, 13(8), 1569. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081569>
- Chauhan, B. S. & Johnson, D. E. (2008). Germination ecology of Chinese sprangletop (*Leptochloa chinensis*) in the Philippines. *Weed Science*, 56(6), 820-825. <https://doi.org/10.1614/WS-08-070.1>
- Dagar, J. C., Yadav, R. K., & Sharma, P. C. (Eds.). (2019). *Research Developments in Saline Agriculture*. p. 926. Singapore: Springer.
- De la Reguera, E., Veatch, J., Gedan, K., & Tully, K. L. (2020). The effects of saltwater intrusion on germination success of standard and alternative crops. *Environmental and Experimental Botany*, 180, 104254. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104254>
- Dhiman, P., Rajora, N., Bhardwaj, S., Sudhakaran, S. S., Kumar, A., Raturi, G., Chakraborty, K., Gupta, O., Devanna, B. N., Tripathi, D. K., & Deshmukh, R. (2021). Fascinating role of silicon to combat salinity stress in plants: An updated overview. *Plant Physiology and Biochemistry*, 162, 110-123. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.023>
- El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Choumani, N., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2021). Ulva lactuca extract and fractions as seed priming agents mitigate salinity stress in tomato seedlings. *Plants*, 10(6), 1104. <https://doi.org/10.3390/plants10061104>
- El-Badri, A. M., Batool, M., Mohamed, I. A., Khatab, A., Sherif, A., Wang, Z., Salah, A., Nishawy, E., Ayaad, M., Kuai, J., Wang, B., & Zhou, G. (2021). Modulation of salinity impact on early seedling stage via nano-priming application of zinc oxide on rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 376-392. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.05.040>
- Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology (Netherlands)*, 9(2), 373-409.
- El-Mogy, M. M., Garchery, C., & Stevens, R. (2018). Irrigation with salt water affects growth, yield, fruit quality, storability and marker-gene expression in cherry tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 68(8), 727-737. <https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1473482>
- Etesami, H., & Adl, S. M. (2020). Can interaction between silicon and non-rhizobial bacteria help in improving nodulation and nitrogen fixation in salinity-stressed legumes? A review. *Rhizosphere*, 15, 100229. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100229>
- Farooq, M., Hussain, M., Nawaz, A., Lee, D. J., Alghamdi, S. S., & Siddique, K. H. (2017a). Seed priming improves chilling tolerance in chickpea by modulating germination metabolism, trehalose accumulation

- and carbon assimilation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 111, 274-283. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.12.012>
- Farooq, M., Gogoi, N., Hussain, M., Barthakur, S., Paul, S., Bharadwaj, N., Migdadi, H. M., Alghamdi, S. S., & Siddique, K. H. (2017b). Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in grain legumes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 118, 199-217. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.06.020>
- Gao, H. J., Yang, H. Y., Bai, J. P., Liang, X. Y., Lou, Y., Zhang, J. L., Wang, D., Zhang, J. L., Niu, S. Q., & Chen, Y. L. (2015). Ultrastructural and physiological responses of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets to gradient saline stress. *Frontiers in Plant Science*, 5, 787. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00787>
- Gong, D., Zhang, X., Yao, J., Dai, G., Yu, G., Zhu, Q., Guo, Q., & Zheng, W. (2021). Synergistic effects of bast fiber seedling film and nano-silicon fertilizer to increase the lodging resistance and yield of rice. *Scientific Reports*, 11(1), 12788. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92342-5>
- Hafez, E. M., Osman, H. S., El-Razek, U. A. A., Elbagory, M., Omara, A. E. D., Eid, M. A., & Gawayed, S. M. (2021). Foliar-applied potassium silicate coupled with plant growth-promoting rhizobacteria improves growth, physiology, nutrient uptake and productivity of faba bean (*Vicia faba* L.) irrigated with saline water in salt-affected soil. *Plants*, 10(5), 894. <https://doi.org/10.3390/plants10050894>
- Ibrahim, E. A. (2016). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology*, 192, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.011>
- ISTA. (2010). International Rules for Seed Testing, Rules, 2010. International Seed Testing Association (ISTA) Seed Science and Technology. Zurich, Switzerland.
- Johnston, C., Leong, S. Y., Teape, C., Liesaputra, V., & Oey, I. (2024). Low-intensity pulsed electric field processing prior to germination improves *in vitro* digestibility of faba bean (*Vicia faba* L.) flour and its derived products: A case study on legume-enriched wheat bread. *Food Chemistry*, 449, 139321. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139321>
- Karunakaran, G., Suriyaprabha, R., Manivasakan, P., Yuvakkumar, R., Rajendran, V., Prabu, P., & Kannan, N. (2013). Effect of nanosilica and silicon sources on plant growth promoting rhizobacteria, soil nutrients and maize seed germination. *IET Nanobiotechnology*, 7(3), 70-77. <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2012.0048>
- Kaur, S., Suhalia, A., Sarlach, R. S., Shamshad, M., Singh, P., Grover, G., Brar, A., & Sharma, A. (2022). Uncovering the Iranian wheat landraces for salinity stress tolerance at early stages of plant growth. *Cereal Research Communications*, 50(4), 895-904. <https://doi.org/10.1007/s42976-022-00245-6>
- Keshtiban, R. K., Carvani, V., & Imandar, M. (2014). Effects of salinity stress and drought due to different concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol 6000 on germination and seedling growth characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Advances in Environmental Biology*, 8(24), 413-420.
- Kuai, J., Sun, Y., Guo, C., Zhao, L., Zuo, Q., Wu, J., & Zhou, G. (2017). Root-applied silicon in the early bud stage increases the rapeseed yield and optimizes the mechanical harvesting characteristics. *Field Crops Research*, 200, 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.10.007>
- Kukric, T. N., Marjanovic, J. A. M., Nikolic, Z. T., & Jovicic, D. D. (2023). A comparative study on salt stress response of *Camelina sativa* and *Carthamus tinctorius* during germination. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 68(2), 141-154. <https://doi.org/10.2298/jas2302141k>
- Latef, A. A. A., Hasanuzzaman, M., & Tahjib-Ul-Arif, M. (2021). Mitigation of salinity stress by exogenous application of cytokinin in faba bean (*Vicia faba* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(1), 12192-12192. <https://doi.org/10.15835/nbha49112192>
- Lotfi, R., & Ghassemi-Golezani, K. (2015). Influence of salicylic acid and silicon on seed development and quality of mung bean under salt stress. *Seed Science and Technology*, 43(1), 52-61. <https://doi.org/10.15258/sst.2015.43.1.06>
- Luyckx, M., Hausman, J. F., Lutts, S., & Guerriero, G. (2017). Silicon and plants: Current knowledge and technological perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 8, 411. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00411>
- Maalouf, F., Ahmed, S., & Bishaw, Z. (2021). Faba bean. In *The Beans and the Peas*. pp. 105-131. Woodhead Publishing.
- Maas, E. V., & Grattan, S. R. (1999). Crop yields as affected by salinity. *Agricultural Drainage*, 38, 55-108. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr38.c3>
- Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103(2), 115-134. <https://doi.org/10.1061/JRCEA4.0001137>
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Meot-Duros, L., & Magne, C. (2008). Effect of salinity and chemical factors on seed germination in the halophyte *Crithmum maritimum* L. *Plant and Soil*, 313, 83-87. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9681-6>

- Mustafa, G., Akhtar, M. S., & Abdullah, R. (2019). Global concern for salinity on various agro-ecosystems. *Salt Stress, Microbes, and Plant Interactions: Causes and Solution*, 1, 1-19. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8801-9_1
- Naseer, M. N., Rahman, F. U., Hussain, Z., Khan, I. A., Aslam, M. M., Aslam, A., Waheed, H., Khan, A. U., & Iqbal, S. (2022). Effect of salinity stress on germination, seedling growth, mineral uptake and chlorophyll contents of three Cucurbitaceae species. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65, e22210213. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210213>
- Netondo, G. W., Onyango, J. C., & Beck, E. (2004). Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science*, 44(3), 806-811. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.8060>
- Nirmala, S., Mukesh, Y., Venkataraman, B. K., Kumar, S. R., & Kumar, J. P. (2016). Hybridization between salt resistant and salt susceptible genotypes of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) and purity testing of the hybrids using SSRs markers. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(3), 521-527. <https://doi.org/10.1016/S2095-3119%2815%2961161-3>
- Omar, S. A., Feng, Y., Yu, M., Eldin, S. A. G., Eldenary, M. E., Shabala, S., Allakhverdiev, S., & Abdelfattah, M. H. (2024). Exogenous application of 5-azacitidin, royal jelly and folic acid regulate plant redox state, expression level of DNA methyltransferases and alleviate adverse effects of salinity stress on *Vicia faba* L. plants. *Heliyon*, 10(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30934>
- Rawat, J., Sanwal, P., & Saxena, J. (2016). Potassium and its role in sustainable agriculture. In *Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture*. pp. 235-253. New Delhi: Springer India.
- Saadat, H., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R., & Farzaneh, S. (2023). The effect of priming with different levels of chitosan on physiological and biochemical traits in french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. *Plant Production Technology*, 14(2), 75-89. (In Persian). <https://doi.org/10.22084/ppt.2023.26100.2075>
- Sabaghnia, N., & Janmohammadi, M. (2014). Graphic analysis of nano-silicon by salinity stress interaction on germination properties of lentil using the biplot method. *Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i Sumarstv*, 60(3), 29-40.
- Sahab, S., Suhani, I., Srivastava, V., Chauhan, P. S., Singh, R. P., & Prasad, V. (2021). Potential risk assessment of soil salinity to agroecosystem sustainability: Current status and management strategies. *Science of the Total Environment*, 764, 144164. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144164>
- Sehrawat, N., Yadav, M., Singh, R., Aggarwal, D., & Devi, A. (2020). Drought and salinity stress as major threat for sustainable Mung bean production: Emerging challenges and future perspectives. *Annals of Plant Sciences*, 9(6), 3899-3906.
- Shahzad, M., Zorb, C., Geilfus, C. M., & Muhling, K. H. (2013). Apoplastic Na⁺ in *Vicia faba* leaves rises after short-term salt stress and is remedied by silicon. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199(3), 161-170. <https://doi.org/10.1111/jac.12003>
- Sharma, A. D., Rathore, S. V. S., Srinivasan, K., & Tyagi, R. K. (2014). Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Scientia Horticulturae*, 165, 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.10.044>
- Sharma, A. D., Thakur, M., Rana, M., & Singh, K. (2004). Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphatase activities in *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds. *African Journal of Biotechnology*, 3(6), 308-312. <https://doi.org/10.5897/AJB2004.000-2057>
- Shen, Q., Fu, L., Su, T., Ye, L., Huang, L., Kuang, L., Wu, L., Wu, D., Chen, Z., Zhang, G., & Zhang, G. (2020). Calmodulin HvCaM1 negatively regulates salt tolerance via modulation of HvHKT1s and HvCAMTA4. *Plant Physiology*, 183(4), 1650-1662. <https://doi.org/10.1104/pp.20.00196>
- Tao, Q., Lv, Y., Mo, Q., Bai, M., Han, Y., & Wang, Y. (2018). Impacts of priming on seed germination and seedling emergence of *Cleistogenes songorica* under drought stress. *Seed Science and Technology*, 46(2), 239-257. <https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.2.06>
- Tavakkoli, E., Watts-Williams, S. J., Rengasamy, P., & McDonald, G. K. (2024). Eliciting the aboveground physiological regulation that underlies salinity tolerance in faba bean (*Vicia faba* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 226, 105849. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105849>
- Van Genuchten, M. V., & Hoffman, G. J. (1984). Analysis of crop salt tolerance data. p. 285-271, In: I. Shainberg and J. Shalhevet (eds.). *Soil Salinity under Irrigation- Process and Management*. Springer-Verlag, NewYork, NY.
- Wang, X. D., Ou-yang, C., Fan, Z. R., Gao, S., Chen, F., & Tang, L. (2010). Effects of exogenous silicon on seed germination and antioxidant enzyme activities of *Momordica charantia* under salt stress. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 6(3), 700-708.

- Wu, H., Guo, J., Wang, C., Li, K., Zhang, X., Yang, Z., Li, M., & Wang, B. (2019). An effective screening method and a reliable screening trait for salt tolerance of *Brassica napus* at the germination stage. *Frontiers in Plant Science*, 10, 530. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00530>
- Zaid, A., Gul, F., Ahanger, M. A., & Ahmad, P. (2018). Silicon-mediated alleviation of stresses in plants. In *Plant Metabolites and Regulation under Environmental Stress*. pp. 377-387. Academic Press.
- Zaki, F. S., Elsayed, A. E., Ahmed, A. M., & Khalid, K. A. (2024). Salinity stress and different types of nano silicon's effects on lupine morphology and biochemical accumulations. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 55, 102997. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102997>
- Zhou, H., Shi, H., Yang, Y., Feng, X., Chen, X., Xiao, F., Lin, H., & Guo, Y. (2024). Insights into plant salt stress signaling and tolerance. *Journal of Genetics and Genomics*, 51(1), 16-34. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2023.08.007>

Contents

Research Articles	Page
The Effect of Deficit Irrigation on Yield and Its Related Traits in Promising Chiti Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Genotypes under Zanzan Province Climatic Condition Seyedeh Soudabeh Shobeiri, Ali Akbar Asadi	1
The Effect of Mixed Cropping of Sesame (<i>Sesamum indicum</i> L.) and Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) and Weed Control Methods on Yield and Land Equation Ratio Sara Sadat Moazeni, Ebrahim Izadi Darbanhi, Kamal Hajmohammadnia Ghalibaf	21
Investigation of Population Changes and Determination of the Bean Pod Borer <i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera:Noctuidae) Peak in Bean <i>Phaseolus vulgaris</i> Linnaeus Fields by Pheromone Traps Sedighe Ashtari	37
Evaluation of Morphological Traits, Yield and Yield Components of Faba Bean (<i>Vicia faba</i> L.) under Different Levels of Chemical Fertilizers in Paddy Fields Mohammad Rabiee, Sajjad Shaker Kouhi	55
Effectiveness of Chemical Management for Broadleaf Weeds in Autumn-Sown Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) Mozhgan Veisi, Mehdi Minbashi Moeini, Sepideh Hatami, Mohammad Saleh Mansouri	71
Evaluation the Effect of Seed Priming with Zinc Sulfate on Photosynthesis and Yield Components, of Two Varieties of Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i> L.) under Water Deficit Stress Sara Raisi Bidkani, Mohammad Javad Zarea	95
Study of Planting Pattern and Herbicide Effects on Weed Population and Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) Grain Yield Hossein Najafi, Soheyla Pourheydar Ghafarbi, Gholamreza Gahramanian, Ajang Jahedi	117
Evaluation of Grain Yield Stability of Lentil Genotypes using Non-Parametric Statistics and AMMI Analysis Amin Namdari, Payam Pezeshkpoor, Mohammad Barzali, Asghar Mehraban, Amir Mirzaie, Mostafa Haghpanah	131
Testing Value for Cultivation and Use of Negin Pinto Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Cultivar Applying for Commercialization Babak Darvishi, Saman Sheidaei, Mohammadreza Jazaiery Noushabadi, Mostafa Shakeri	145
Evaluation of Various Traits of some Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Genotypes in Ilam Climatic Conditions Fatemeh Kamari, Zahra Tahmasebi	163
Investigating the Response of Rainfed Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) to Different Nitrogen Fertilizer Levels in Cold Regions Yaser Azimzadeh, Arash Mohammadzadeh, Hamid Hasanian Khoshroo, Gholamreza Ghahramanian	177
Quantification of Pretreatment Effects of Potassium Silicate on Germination and Growth Indices of Faba Bean (<i>Vicia faba</i> L.) under Salinity Stress Using Empirical Models Qais Fahd Hussein, Ali Hatami, Alireza Taab, Nabil Rahim Lahmod, Somayeh Hajinia	193

Iranian Journal of
Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 16, No. 1, 2025, S. No.: 31

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in Charge: Dr. Mohammad Kafi

Editor in Chief: Dr. Ahmad Nezami

Executive Director: Hassan Porsa (M.Sc.)

Editorial Board:

Alireza Afsharifar

Professor, Shiraz University

Ahmad Arzani

Professor, College of Agriculture, Isfahan University of Technology (IUT)

Nadeali Babaeian Jelodar

Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Abdolreza Bagheri

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Mohammad Galavi

Professor, Zabol University

Serrollah Galeshi

Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Ali Ganjeali

Professor, College of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Ali Izadi Darbandi

Associate Professor, Tehran University

Mohammad Kafi

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Saeid Malekzadeh Shafaroudi

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Nasser Majnoun Hosseini

Professor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj

Hossain Massumi

Professor, University of Shahid Bahonar Kerman

Ahmad Nezami

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Hadi Ostovan

Professor, College of Agricultural Sciences, Shiraz Branch, Islamic Azad University

Sayyed Hossain Sabaghpour

Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamadan

Editor: Hassan Porsa (M.Sc.); Dr. Mohammad Bannayan Avval

Assistant: Dr. Fahimeh Feyzi

This journal has the "Scholarly Grade" issued by the Ministry of Sciences, Research & Technology (No. 3/11/3785 dated 07/06/2010) and is published based on a Memorandum of Cooperation between Mashhad Ferdowsi University and the following universities: Isfahan University of Technology; Tarbiat Modares University; University of Shahid Bahonar Kerman; Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; Shiraz Branch, Islamic Azad University; Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

This journal is indexed in: DOAJ, JournalsPedia, Internet Archive, EuroPub, Portico, Agris, EBSCO, (ISC) Islamic World Science Citation Center (<http://www.isc.gov.ir>); (magiran) Iranian Journals Database (<http://www.magiran.com>); (SID) Scientific Information Database (www.SID.ir); Google Scholar (<http://scholar.google.com>); and...

Address:

Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad- Iran

ZIP Code: 9177948974; **Tel.:** +98-51-38804653; **Fax:** +98-51-430-38787

E-mail: ijpr@um.ac.ir; **Web Site:** <http://ijpr.um.ac.ir>

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

ISSN (print): 2980-793X
ISSN (online): 2783-5367

Faculty of Agriculture
Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 16(1); December 2025; S. No.: 31

- The Effect of Deficit Irrigation on Yield and Its Related Traits in Promising Chiti Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes under Zanzan Province Climatic Condition 1
Seyedeh Soudabeh Shobeiri, Ali Akbar Asadi
- The Effect of Mixed Cropping of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Weed Control Methods on Yield and Land Equation Ratio 21
Sara Sadat Moazeni, Ebrahim Izadi Darbanhi, Kamal Hajmohammadnia Ghalibaf
- Investigation of Population Changes and Determination of the Bean Pod Borer *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera:Noctuidae) Peak in Bean *Phaseolus vulgaris* Linnaeus Fields by Pheromone Traps 37
Sedighe Ashtari
- Evaluation of Morphological Traits, Yield and Yield Components of Faba Bean (*Vicia faba* L.) under Different Levels of Chemical Fertilizers in Paddy Fields 55
Mohammad Rabiee, Sajjad Shaker Kouhi
- Effectiveness of Chemical Management for Broadleaf Weeds in Autumn-Sown Chickpea (*Cicer arietinum* L.) 71
Mozhgan Veisi, Mehdi Minbashi Moeini, Sepideh Hatami, Mohammad Saleh Mansouri
- Evaluation the Effect of Seed Priming with Zinc Sulfate on Photosynthesis and Yield Components, of Two Varieties of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under Water Deficit Stress 95
Sara Raisi Bidkani, Mohammad Javad Zarea
- Study of Planting Pattern and Herbicide Effects on Weed Population and Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Grain Yield 117
Hossein Najafi, Soheyla Pourheydar Ghafarbi, Gholamreza Gahramanian, Ajang Jahedi
- Evaluation of Grain Yield Stability of Lentil Genotypes using Non-Parametric Statistics and AMMI Analysis 131
Amin Namdari, Payam Pezeshkpoor, Mohammad Barzali, Asghar Mehraban, Amir Mirzaie, Mostafa Haghpanah
- Testing Value for Cultivation and Use of Negin Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivar Applying for Commercialization 145
Babak Darvishi, Saman Sheidaei, Mohammadreza Jazaery Noushabadi, Mostafa Shakeri
- Evaluation of Various Traits of some Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes in Ilam Climatic Conditions 163
Fatemeh Kamari, Zahra Tahmasebi
- Investigating the Response of Rainfed Chickpea (*Cicer arietinum* L.) to Different Nitrogen Fertilizer Levels in Cold Regions 177
Yaser Azimzadeh, Arash Mohammadzadeh, Hamid Hasanian Khoshroo, Gholamreza Gahramanian
- Quantification of Pretreatment Effects of Potassium Silicate on Germination and Growth Indices of Faba Bean (*Vicia faba* L.) under Salinity Stress Using Empirical Models 193
Qais Fahd Hussein, Ali Hatami, Alireza Taab, Nabil Rahim Lahmod, Somayeh Hajinia

