



Effect of Sowing Date, Planting Pattern and Foliar Application of Boron on Seed Yield of Local Beans (Pachbaghela) (*Phaseolus vulgaris* L.) in Guilan Province, Iran

Saleh Hassanzadeh¹, Masoud Esfahani^{1*}, Ali Aalami²

Received: 23 February 2025

Revised: 01 June 2025

Accepted: 03 June 2025

Available Online: 03 June 2025

Cite this article:

Hassanzadeh, S., Esfahani, M., & Aalami, A. (2025). Effect of sowing date, planting pattern, and foliar application of boron on seed yield of local beans (Pachbaghela) (*Phaseolus vulgaris* L.) in Guilan province, Iran. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(2), 249-264. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.2025.92223.1107>

Introduction

Legumes are the second most important source of human food after cereals and are considered the primary source of plant protein due to their high protein content. In addition to providing food for humans and livestock, legumes enhance the fertility of agricultural soils when grown in rotation with other crops, owing to their symbiosis with nitrogen-fixing bacteria. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the most important legume used for direct human consumption. Achieving high seed yield is one of the main goals of cultivating this plant, and appropriate agronomic management practices-such as determining the sowing date, row spacing, plant spacing, and providing essential nutrients-result in high biological and economic performance. Therefore, in this experiment, to find solutions to increase the yield of local beans in Guilan province, the appropriate sowing date, sowing pattern, and the effect of boron foliar application on bean growth and yield were investigated.

Materials and Methods

This research was conducted as a factorial experiment in the form of a randomized complete block design (RCBD) with four replications during the spring and summer of 2023 in the Rudbaneh section of Lahijan, Iran. The factors examined in this experiment included sowing patterns at three levels: rectangle pattern (20×31 cm), rhombus pattern (23×27 cm), and square pattern (25×25 cm), with a constant density of approximately 16 plants per square meter. Additionally, foliar application of boron at a concentration of 0.1% was compared to no boron application. These factors were evaluated in two experiments conducted on April 25th (spring) and August 29th (summer).

Results and Discussion

The results of the combined variance analysis showed that the effect of the sowing date was significant on all tested traits except for seed protein content. These traits included plant height, number of secondary branches, number of pods per plant, percentage of fertile pods, 100-seed weight, biological yield, seed yield, seed formation rate, seed filling rate, yield formation rate, and vegetative growth rate. In contrast, sowing pattern treatments significantly affected only plant height, the number of secondary branches, and 100-seed weight, with no significant impact on the other measured traits. In comparison, boron foliar application had a significant effect on a wide range of traits, including plant height, number of pods per plant, percentage of fertile pods, 100-seed weight, biological yield, seed yield, seed formation rate, seed filling rate, yield formation rate, vegetative growth rate, and seed protein content. The results showed that seed yield at the spring sowing date averaged 348.3 g.m⁻², which was significantly higher than the summer sowing date average of 204.0 g.m⁻² (a 41% increase). Boron foliar application also significantly increased seed yield, with an average of 307.9 g.m⁻² compared to 244.5 g.m⁻² without boron (a 20% increase). However, sowing patterns had no significant effect on seed yield. The components of seed yield, including the number of pods per plant and 100-seed weight, were higher at the spring sowing date, with averages of 15.6 pods and 42.8 g, respectively. These values represented increases of 37% and 6%, respectively, compared to the summer sowing date. Boron foliar application also resulted in a 16% increase in the number of pods per plant and a 5% increase in 100-seed weight, with averages of 13.8 pods and 42.6 g, respectively, compared to no boron

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

2- Department of Biotechnology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

* Corresponding Author: esfahani@guilan.ac.ir



Authors retain the copyright. 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. Additionally, the square sowing pattern achieved a higher 100-seed weight, averaging 41.8 g, compared to the rhombus and rectangle sowing patterns.

Conclusions

Based on the results of this experiment, sowing local beans of Guilan in the spring season, using the square sowing pattern, and applying boron foliar application were superior in terms of seed yield and growth indices compared to the summer sowing date, rectangle, and rhombus planting patterns, and no boron application.

Keywords: 100-seed weight, Common bean, Nutrients, Protein content of seed, Sowing date



اثر زمان و آرایش کاشت و محلول‌پاشی بور بر عملکرد دانه لوبیای محلی (پاچ‌باقلا) (*Phaseolus vulgaris* L.) در استان گیلان

صالح حسن‌زاده^{۱*}، مسعود اصفهانی^{۱*}، علی اعلمی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۳

چکیده

با توجه به اهمیت لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به‌عنوان یک منبع غذایی غنی از پروتئین و سابقه طولانی تولید این محصول در استان گیلان، تحقیق درباره روش‌های مناسب کاشت و راهکارهای افزایش عملکرد، ضروری به نظر می‌رسد. به این منظور، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در بهار و تابستان سال ۱۴۰۲ در بخش رودبنه شهرستان لاهیجان، استان گیلان اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آرایش کاشت در سه سطح، آرایش مستطیل (۲۰×۳۱ سانتی‌متر)، لوزی (۲۳×۲۷ سانتی‌متر) و مربع (۲۵×۲۵ سانتی‌متر) با تراکم ثابت (حدود ۱۶ بوته در مترمربع) و محلول‌پاشی بور با غلظت ۰/۱ درصد و عدم مصرف بور بودند که طی دو آزمایش مجزا در تاریخ‌های پنج اردیبهشت (بهار) و هفت شهریور (تابستان) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این آزمایش نشان داد که عملکرد دانه در زمان کاشت بهار با میانگین ۳۴۸/۳ گرم بر مترمربع نسبت به زمان کاشت تابستان با میانگین ۲۰۴/۰ گرم بر مترمربع، برتری معنی‌داری داشت (۴۱ درصد افزایش). محلول‌پاشی بور نیز با میانگین ۳۰۷/۹ گرم بر مترمربع نسبت به عدم مصرف بور با میانگین ۲۴۴/۵ گرم بر مترمربع، اثر معنی‌داری در افزایش عملکرد دانه داشت (۲۰ درصد افزایش)، ولی تیمارهای آرایش کاشت بر عملکرد دانه اثر معنی‌داری نداشتند. میانگین اجزای عملکرد دانه شامل تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه در زمان کاشت بهار به‌ترتیب ۱۵/۶ غلاف و ۴۲/۸ گرم بودند که نسبت به زمان کاشت تابستان به‌ترتیب ۳۷ و شش درصد افزایش داشتند و اثر محلول‌پاشی بور نیز با میانگین‌های ۱۳/۸ غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه ۴۲/۶ گرم نسبت به عدم مصرف بور به‌ترتیب ۱۶ و ۵ درصد برتری داشتند. در آرایش کاشت مربع با میانگین ۴۱/۸ گرم، نسبت به آرایش‌های لوزی و مستطیل، وزن ۱۰۰ دانه بیشتری حاصل شد. براساس نتایج آزمایش حاضر، کشت لوبیای محلی استان گیلان (پاچ‌باقلا) در فصل بهار، با آرایش کاشت مربع و محلول‌پاشی برگی بور نسبت به کاشت در تابستان و آرایش کاشت مستطیل و لوزی از نظر عملکرد دانه و سایر صفات و شاخص‌های رشد، برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: محتوای پروتئین دانه، تاریخ کاشت، لوبیای معمولی، مواد مغذی، وزن ۱۰۰ دانه

مقدمه

vulgaris L.) مهم‌ترین گیاه از گروه حبوبات است که برای مصرف مستقیم انسان استفاده می‌گردد. ترکیب غذایی و فواید لوبیا برای سلامت انسان به‌خوبی شناخته شده است و متخصصان تغذیه، لوبیا را به‌دلیل محتوای پروتئین بالا و ترکیبی از کربوهیدرات‌ها، الیاف غذایی و مواد معدنی (به‌ویژه آهن و روی) به‌عنوان یک منبع غذایی استثنایی توصیف می‌کنند (Didinger et al., 2022). بخش عمده سطح زیرکشت لوبیا در استان گیلان، عمدتاً به‌نوعی لوبیای محلی، معروف به "پاچ‌باقلا" اختصاص دارد که اهمیت اقتصادی کشت آن به‌دلیل هزینه‌های اندک تولید، میزان تولید و عملکرد قابل قبول و قیمت مناسب فروش آن است. دوره رشد این محصول، کوتاه و حدود ۶۰ تا

حبوبات با داشتن ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین، نقش مهمی در تأمین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان دارند. پایین بودن اسیدآمین لایسین در غلات را نیز می‌توان با مصرف توأم با حبوبات جبران نمود. حبوبات به‌دلیل وجود هم‌زیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هوا در حاصلخیزی خاک نقش مهمی دارند و پس از برداشت آن‌ها، مقدار زیادی نیتروژن به خاک افزوده می‌شود. از این گیاهان به‌صورت کود سبز برای تقویت و بهبود وضعیت فیزیکی خاک نیز استفاده می‌شود (Broughton et al., 2003; Fageria & Santos, 2008) حبوبات به‌عنوان دومین منبع غذایی مهم بشر پس از غلات و اصلی‌ترین منبع پروتئین گیاهی محسوب می‌شوند. لوبیای معمولی (*Phaseolus*

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- گروه بیوتکنولوژی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

(esfahani@guilan.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

۷۰ روز بوده و قابلیت کشت به‌صورت بهاره و پاییزه را دارد (Ghanbari et al., 2023).

دستیابی به عملکرد دانه بالا در لوبیا از اهداف اصلی کشت این گیاه است که می‌تولند با تغییر عوامل ژنتیکی، محیطی و مدیریتی و برهم‌کنش آن‌ها به دست آید. از میان عوامل مدیریتی، تاریخ کاشت عامل مهمی است که از راه تأثیر بر طول دوره رشد رویشی و زایشی و نسبت آن‌ها بر عملکرد کمی و کیفی لوبیا اثر می‌گذارد (Dapaah et al., 2003; Mozumber et al., 2000). تاریخ کاشت مناسب منجر به حصول عملکرد بالاتری در مقایسه با سایر تاریخ‌های کاشت می‌شود. کاشت زود هنگام باعث افزایش رشد رویشی و مصادف شدن مراحل گل‌دهی، گرده‌افشانی و اوایل دانه‌بندی با هوای گرم ماه‌های تیر و مرداد می‌شود. تأخیر در کاشت با محدودیت رشد رویشی و گل‌دهی زود هنگام گیاه همراه است، اما ممکن است طول دوره دانه‌بندی به دلیل مصادف شدن با هوای خنک انتهای فصل طولانی شده یا برداشت محصول به دلیل وقوع باران‌های پاییزی با مشکلاتی مواجه شود (Khajehpour, 2022). در آزمایشی در منطقه تالش استان گیلان، کشت بهاره پاجاقل در نیمه اول اردیبهشت به‌منظور اجتناب از هم‌زمان شدن دوره گل‌دهی و پُر شدن غلاف‌ها با دمای بالای هوا و وزش بادهای گرم برای دستیابی به بیشترین عملکرد دانه در شرایط اقلیمی منطقه توصیه شد (Jamalzehi et al., 2017). مقایسه اثر سه تاریخ کاشت ۳، ۱۰ و ۱۷ اردیبهشت بر رشد و عملکرد لوبیای محلی گیلان (پاجاقل) نشان داد که تأثیر تاریخ کشت بر عملکرد دانه معنی‌دار بوده و از تاریخ کاشت اول تا تاریخ کاشت سوم، روندی کاهشی داشت (Ghorbani & Safarzadeh Vishkaei, 2019). در آزمایشی دیگر، اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه توده‌های بومی لوبیا در کشت تابستانه بر دو رقم لوبیای بومی استان گیلان (پاجاقل) رگه مشکی و رگه قرمز) مورد ارزیابی قرار گرفت. طبق نتایج به‌دست‌آمده، صفات تعداد دانه در غلاف، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفتند و با تأخیر در کاشت، مقادیر این صفات کاهش یافتند (Shafaroodi et al., 2012).

عملیات زراعی مناسب مانند فواصل ردیف کاشت و فواصل بوته روی ردیف و تاریخ کاشت با عملکرد زیستی و اقتصادی بالا در ارتباط هستند. تعیین فواصل بوته‌ها و ردیف‌ها برای اطمینان از بهره‌برداری مناسب گیاه از نهاده‌ها مانند مواد غذایی، رطوبت و نور و در نتیجه تولید بهتر محصول ضروری است (Sirait et al., 1994). فاصله بوته‌ها در بین و روی ردیف‌ها، تعیین‌کننده فضای قابل استفاده هر بوته می‌باشد و علت افزایش عملکرد دانه در بوته در فواصل بیشتر بین و روی ردیف این است که در این شرایط، بوته‌ها از منابع در دسترس و نور خورشید بهره‌برداری بهتری کرده و مواد پرورده بیشتری

به مخزن‌ها وارد می‌شود (Khajehpour, 2022). صوفی‌فرد و صادقی (Soufifard & Sadeghi, 2020) گزارش کردند که با افزایش فواصل کاشت پاجاقل در باغ‌های کف‌برشته چای، عملکرد و اجزای عملکرد کاهش یافتند و بیشترین عملکرد دانه، عملکرد زیستی و عملکرد غلاف در آرایش کشت ۲۰×۳۰ و ۲۰×۲۰ به‌دست آمد. در پژوهشی دیگر گزارش شد که با کاهش فاصله ردیف‌های کاشت و افزایش تراکم بوته تا حد معینی، عملکرد دانه در توده بومی پاجاقل افزایش یافت، ولی کاهش بیش از حد فاصله ردیف کاشت به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌های لوبیا و بروز محدودیت در منابع محیطی باعث کاهش چشمگیر تعداد غلاف در بوته و افت عملکرد دانه شد (Kazemi Taskooh et al., 2017).

در ایران، پایین بودن غلظت عناصر ریزمغذی مانند آهن، روی، مس، منگنز و بور در مواد غذایی مسأله‌ساز شده است که عمدتاً ناشی از عدم مصرف کودهای حاوی عناصر ریزمغذی در زراعت گیاهان زراعی می‌باشد. در کشورهای توسعه‌یافته، دو تا چهار درصد از کودهای مصرفی را کودهای حاوی عناصر ریزمغذی تشکیل می‌دهند و این نسبت در ایران ناچیز بوده و تقریباً نزدیک صفر است (Malakooti & Tehrani, 2023). از جمله عناصر ریزمغذی ضروری برای رشدونمو گیاهان، عنصر بور است. این عنصر در فرآیندهای تقسیم سلولی در بافت‌های مریستمی، تشکیل جوانه‌های برگ و گل، تشکیل بافت‌های آوندی، متابولیسم قند و مواد هیدروکربنی و انتقال آن‌ها، تنظیم وضعیت آب و هدایت آن در سلول، سنتز پروتئین، تشکیل دیواره سلولی، نقل و انتقال مواد محلول و ایجاد تعادل هورمونی نقش مهمی ایفا می‌کند (Shireen et al., 2018). اودین و همکاران (Uddin et al., 2020)، گزارش کردند که سطوح مختلف مصرف بور در واحد سطح، بر رشدونمو و عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مؤثر بود و بیشترین تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد علوفه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت در تیمار ۱/۵ کیلوگرم بور در هکتار به دست آمد. در آزمایش دیگری برای بررسی اثر محلول‌پاشی بور بر جذب مواد مغذی در لوبیا گزارش شد که محلول‌پاشی بور به‌طور معنی‌داری در افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در لوبیا تأثیرگذار بود (Mahadule et al., 2020). در تحقیقی دیگری در منطقه پیشاور پاکستان گزارش شد که اثر رقم و محلول‌پاشی بور تأثیر قابل توجهی بر رشد، عملکرد و تولید دانه گیاه نخود (*Pisum sativum* L.) داشت، به‌طوری‌که تعداد شاخه‌های جانبی در بوته، تعداد برگ در بوته، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، قطر غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه در بوته، وزن تر ریشه و عملکرد دانه، به‌وسیله محلول‌پاشی بور به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند (Ullah et al., 2024). همچنین در آزمایشی گزارش شد که

یکنواخت‌سازی سطح خاک با استفاده از کولتیواتور انجام شد. سپس با توجه به کیفیت بستر کشت، کرت‌بندی زمین در قالب چهار بلوک (تکرار) و در هر بلوک، شش کرت به طول و عرض سه متر و مساحت نه مترمربع (در مجموع ۲۴ کرت) انجام گردید و فاصله بین کرت‌ها ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از جانمایی کرت‌ها و قبل از کاشت بذرها، براساس توصیه کودی آزمایشگاه خاک‌شناسی، کودهای نیتروژن به‌مقدار ۳۵ کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) و پتاسیم به‌مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار (از منبع پتاسیم سولفات) به‌صورت نواری در مجاورت ردیف‌های کاشت به خاک اضافه شدند. بذر مصرفی از رقم رگه مشکی بوده و از محصول سال قبل همان منطقه تأمین گردید و کاشت بذرها در عمق پنج سانتی‌متری خاک به‌صورت خشکه‌کاری و به‌روش دستی انجام شد. پس از جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه‌ها، محل‌های فاقد گیاهچه، واکاری شدند. برای واکاری از گیاهچه‌هایی که به‌طور جداگانه در گلدان‌های کوچک رویانده شده بودند، استفاده گردید. در طی فصل کشت و در فواصل زمانی مختلف، وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. محلول‌پاشی بور در آغاز مرحله رشد زایشی بوته‌های لوبیا (بلافاصله قبل از گل‌دهی؛ کد ۵۰ BBCH (Meier, 2001)) صورت گرفت که به این منظور از محلول حاوی بور کلانته‌شده با ترکیب اتانول‌آمین (C_2H_7BNO) با محتوای بور ۱۱ درصد وزنی- وزنی (W/W%) یا ۱۵/۴ درصد وزنی- حجمی (W/V%) استفاده شد. محلول بور کلانته با غلظت ۰/۱ درصد در ۲۰ لیتر آب رقیق‌سازی شده و محلول حاصل به‌مقدار ۱۸۵ میلی‌لیتر در مترمربع، روی بوته‌های لوبیا پاشیده شد. محلول‌پاشی توسط دستگاه سم‌پاش دستی انجام گردید و برای جلوگیری از سرایت ناخواسته محلول به کرت‌های مجاور، از پرده‌های پلاستیکی در اطراف کرت‌ها استفاده و عملیات محلول‌پاشی در شرایط عدم وزش باد در منطقه و در ساعات پایانی روز انجام شد. در تیمار عدم مصرف بور، از آب خالص (فاقد بور) برای محلول‌پاشی استفاده گردید. محلول‌پاشی تا مشاهده سقوط اولین قطره‌های محلول انجام شد.

تیمار محلول‌پاشی ریزمغذی‌های روی و بور روی ماش (*Vigna radiata* L. پرایم‌شده با اسیدجیبرلیک، به‌طور قلیل توجهی بر شاخص‌های رشد و عملکرد تأثیرگذار بود و شاخص‌های رشد مانند ارتفاع بوته، وزن تر بوته و عملکرد دانه، افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان دادند (Saini et al., 2024).

آزمایش حاضر با هدف تعیین زمان و آرایش کاشت مناسب و اثر محلول‌پاشی بور بر عملکرد دانه لوبیای محلی گیلان (پاچ‌باقلا) در شرایط منطقه لاهیجان، استان گیلان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در یک مزرعه شخصی واقع در روستای پایین محله بخش رودبنه شهرستان لاهیجان در استان گیلان، طی بهار و تابستان سال ۱۴۰۲ اجرا شد. مزرعه محل اجرای آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه و ۴۴ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲ دقیقه و ۳۹ ثانیه شرقی و در ارتفاع ۱۵ متر پایین‌تر از سطح دریا و در منطقه آب‌وهوایی معتدل و مرطوب واقع شده است. نتایج سنجش خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه محل اجرای آزمایش و اطلاعات هواشناسی منطقه در مقطع زمانی اجرای آزمایش، به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آرایش کاشت در سه سطح، آرایش مستطیل (20×31 سانتی‌متر)، لوزی (23×27 سانتی‌متر) و مربع (25×25 سانتی‌متر) با تراکم بوته ثابت (۱۶ بوته در مترمربع) (Rabiee & Ibrahimi, 2023) و محلول‌پاشی بور و عدم مصرف بور بودند که طی دو آزمایش مجزا در تاریخ‌های پنج اردیبهشت (بهار) و هفت شهریور (تابستان) مورد ارزیابی قرار گرفتند. قبل از هر مرحله آزمایش، عملیات خاک‌ورزی شامل شخم اولیه تا عمق ۲۰ سانتی‌متر به‌وسیله تراکتور و سپس کلوخه‌شکنی و

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physicochemical characteristics of the soil at the experiment site

عمق	شن	سیلت	رس	بافت	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	بور
(سانتی‌متر)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	Texture	pH	(دسی‌زیمنس بر متر)	(درصد)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)
Depth (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)			EC (dS.m ⁻¹)	Organic carbon (%)	N (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	B (mg.kg ⁻¹)
0-30	44	48	8	لومی Loam	7.34	0.536	1.25	29.2	21.7	172.2	1.1

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در سال ۱۴۰۲ (ایستگاه هواشناسی لاهیجان)

Table 2- Meteorological information of the experiment site in 2023 (Lahijan Meteorological Station)

ماه Month	کمینه دما (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	بیشینه دما (درجه سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	مجموع بارندگی (میلی‌متر) Total rainfall (mm)
ادیهشت May	6.7	32.2	18.2	84.5	27.0
خرداد June	13.8	32.5	24.5	83.4	9.9
تیر July	14.8	35.1	25.1	81.9	8.5
مرداد August	14.8	36.5	28.2	74.8	2.0
شهریور September	16.8	35	23.7	85.6	78.8
مهر October	11.1	29.5	20.1	87.0	158.7
آبان November	9	29	18.5	76.5	2.4

تا رسیدگی بودند که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. صفات گیاهی مورد بررسی در این آزمایش شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، درصد باروری غلاف‌ها، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، سرعت تشکیل دانه، سرعت پُر شدن دانه، سرعت تعیین محتوای پروتئین دانه از روش کج‌دال استفاده شد.

پس از رسیدگی کامل دانه‌های لوبیا در پایان هر فصل کشت، تعداد ۱۶ بوته از هر کرت آزمایشی با رعایت فاصله یک متر از حاشیه‌های کرت به‌عنوان نمونه آزمایشی برداشت و اندازه‌گیری‌های مربوط به هر یک از صفات گیاهی مورد بررسی، روی آن‌ها انجام شد. در طول فصول کشت با رصد مراحل نمو بوته‌های هر کرت، زمان بروز صفات فنولوژیک ثبت شد که شامل تعداد روز تا سبز شدن، تعداد روز تا مرحله دو برگ، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا آغاز تشکیل غلاف، تعداد روز تا پُر شدن دانه، طول دوره پُر شدن دانه و تعداد روز

جدول ۳- صفات فنولوژیک لوبیا در زمان (فصل) کاشت بهار و تابستان

Table 3- Phenological traits of beans at sowing dates (season) of spring and summer

صفات فنولوژیک Phenological traits	بهار Spring	تابستان Summer
	تعداد روز از تاریخ کاشت No. days from sowing date	تعداد روز از تاریخ کاشت No. days from sowing date
روز تا سبز شدن گیاهچه Days to seedlings emergence	8	7
روز تا مرحله دو برگ Days to two-leaves stage	12	11
روز تا گلدهی Days to flowering	37	35
روز تا آغاز تشکیل غلاف Days to pod formation	39	38
روز تا پُر شدن دانه Days to seed filling	67	74
طول دوره پُر شدن دانه Seed filling period	۲۸ روز از آغاز تشکیل غلاف 28 days from pod formation	۳۶ روز از آغاز تشکیل غلاف 36 days from pod formation
روز تا رسیدگی Days to maturity	71	82

برای محاسبه درصد باروری غلاف‌ها از معادله ۱ استفاده شد.

$$\text{معادله (۱)} \quad 100 \times \frac{\text{تعداد غلاف‌های بارور}}{\text{تعداد کل غلاف‌های بوته}} = \text{درصد باروری غلاف‌ها}$$

برای محاسبه سرعت تشکیل دانه از معادله ۲ استفاده شد (Robertson et al., 2001).

$$\text{معادله (۲)} \quad \text{سرعت تشکیل دانه} = \frac{\text{تعداد دانه در واحد سطح}}{\text{تعداد روز از کاشت تا تشکیل غلاف}}$$

برای محاسبه سرعت پُر شدن دانه از معادله ۳ استفاده شد (Robertson et al., 2001):

$$\text{معادله (۳)} \quad \text{سرعت پُر شدن دانه} = \frac{\text{وزن خشک دانه}}{\text{تعداد روز از تشکیل غلاف تا رسیدگی}}$$

تعداد روز از تشکیل غلاف تا رسیدگی / وزن خشک دانه
برای محاسبه سرعت تشکیل عملکرد از معادله ۴ استفاده شد (Robertson et al., 2001):

$$\text{معادله (۴)} \quad \text{سرعت تشکیل عملکرد} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{تعداد روز از کاشت تا رسیدگی}}$$

برای محاسبه سرعت رشد رویشی از معادله ۵ استفاده شد (Robertson et al., 2001):

$$\text{معادله (۵)} \quad \text{سرعت رشد رویشی} = \frac{\text{عملکرد زیستی}}{\text{تعداد روز از کاشت تا رسیدگی}}$$

طبق نتایج آزمون همگنی ($F_{\max}$ test)، واریانس‌های خطا در دو مرحله آزمایش (بهار و تابستان) تفاوت معنی‌داری نداشتند، بنابراین برای تحلیل داده‌ها از روش تجزیه واریانس مرکب استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 استفاده و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر زمان (فصل) کاشت به‌جز محتوای پروتئین دانه بر سایر صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، درصد باروری غلاف‌ها، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، سرعت تشکیل دانه، سرعت پُر شدن دانه، سرعت تشکیل عملکرد و سرعت رشد رویشی معنی‌دار بود. اثر تیمارهای آرایش کاشت فقط بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی و وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود. محلول‌پاشی بور به‌جز صفت تعداد شاخه‌های فرعی، بر صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، درصد باروری غلاف‌ها، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، سرعت تشکیل دانه، سرعت پُر شدن دانه، سرعت تشکیل عملکرد، سرعت رشد رویشی و محتوای پروتئین

دانه اثر بسیار معنی‌داری داشت. در اثر متقابل تیمارها بر صفات مورد بررسی، برهم‌کنش اثر زمان (فصل) و آرایش کاشت بر درصد باروری غلاف‌ها بسیار معنی‌دار بود و برهم‌کنش اثر زمان (فصل) و محلول‌پاشی بور بر صفات وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، سرعت پُر شدن دانه و سرعت تشکیل عملکرد به‌طور معنی‌داری مؤثر بود. همچنین برهم‌کنش اثر آرایش کاشت و محلول‌پاشی بور فقط بر درصد باروری غلاف‌ها و اثر متقابل زمان (فصل)، آرایش کاشت و محلول‌پاشی بور نیز فقط بر صفت تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بودند (جدول ۴).

ارتفاع بوته

میانگین ارتفاع بوته در اثر زمان (فصل) کاشت بهار، ۵۷/۶ سانتی‌متر بود که برتری معنی‌داری نسبت به فصل تابستان با میانگین ۵۴/۳ سانتی‌متر داشت. در آرایش کاشت مربع با میانگین ۵۷/۳ سانتی‌متر، ارتفاع بوته بیشتری نسبت به دو آرایش کاشت مستطیل و لوزی حاصل شد (جدول ۵). در مقایسه میانگین ارتفاع بوته در سطوح تیمار محلول‌پاشی بور نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و نمونه‌های محلول‌پاشی‌شده با بور، مقدار میانگین بیشتری را داشتند (جدول ۵). بررسی اثر تاریخ کاشت بر ارقام لوبیا در منطقه اتیوپی نشان داد که زمان کاشت بر بسیاری از صفات گیاهی از جمله ارتفاع بوته تأثیرگذار بود و در تاریخ کاشت مناسب به‌دلیل جذب مقدار بیشتر تابش خورشید در طول دوره رشد رویشی گیاه، ارتفاع بوته بیشتری حاصل شد، ولی در زمان کاشت نامناسب به‌دلیل کاهش بازده فتوسنتزی گیاه، ارتفاع بوته کاهش یافت (Getachew et al., 2014).

تعداد شاخه‌های فرعی

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در زمان (فصل) کاشت بهار با میانگین ۱۱/۲ شاخه، تعداد شاخه‌های فرعی بیشتری نسبت به تابستان با میانگین ۸/۲ شاخه حاصل شد (جدول ۵). در بررسی اثر تاریخ کاشت بر ارقام لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، دلیل عملکرد برتر در تاریخ کاشت مناسب به رطوبت مطلوب خاک و دوره رشد رویشی طولانی‌تر گیاه نسبت داده شد. اساساً طول روز و دمای هوا از جمعه عوامل تعیین‌کننده طول دوره رشد رویشی و فرا رسیدن زمان گل‌دهی هستند و از آنجاکه تشکیل شاخه‌های فرعی از جمله ویژگی‌های مطلوب و مؤثر بر عملکرد لوبیا محسوب می‌شود، بنابراین زمان کاشت مناسب با تأثیر بر شرایط محیطی گیاه و زمان گل‌دهی باعث ایجاد شاخه‌های فرعی بیشتر و در نتیجه عملکرد بهتر لوبیا می‌شود (İpekeşen et al., 2022). نتایج یک آزمایش نشان داد که غلظت‌های محلول‌پاشی بور بر ارتفاع بوته سویا (*Glycine max* L.)

به‌طور معنی‌داری مؤثر بود و در غلظت ۰/۲ درصد بور، بیشترین ارتفاع بوته حاصل شد که علت آن به نقش بور در بهبود انتقال کربوهیدرات‌های فتوسنتز و افزایش فعالیت آنزیمی گیاه نسبت داده شد (Ali Hosseinpour et al., 2011).

تعداد غلاف در بوته

طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها، اثر زمان (فصل) کاشت بهار بر تعداد غلاف در بوته با میانگین ۱۵/۶ غلاف در بوته به‌مقدار قابل ملاحظه‌ای بیشتر از فصل تابستان با میانگین ۹/۸ غلاف در بوته بود. همچنین اثر تیمار محلول‌پاشی بور با میانگین ۱۳/۸ غلاف در بوته، برتری معنی‌داری نسبت به عدم مصرف بور با میانگین ۱۱/۶ غلاف در بوته حاصل شد (جدول ۵). بیشترین مقدار میانگین، معادل ۱۷/۰ غلاف در بوته در برهم‌کنش زمان (فصل) کاشت بهار، آرایش کاشت مربع و محلول‌پاشی بور و کمترین مقدار آن با میانگین ۸/۵ غلاف در بوته در برهم‌کنش فصل تابستان، آرایش کاشت مستطیل و عدم مصرف بور

به دست آمد (جدول ۶). کاکن و همکاران (Kakon et al., 2017) گزارش کردند که تأخیر در کاشت به دلیل برخورد با شرایط دمایی نامناسب باعث کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی و زایشی، کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه، کاهش اجزای عملکرد لوبیا از جمله تعداد غلاف در بوته شد. در آزمایشی دیگر، محلول‌پاشی نانو بور با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش تعداد غلاف در بوته لوبیا گردید. این نتیجه به نقش بور در تحریک جوانه‌زنی و رشد لوله‌گرده و بهبود پایداری لوله‌های گرده که باعث کاهش ریزش گل‌ها و در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته و افزایش درصد باروری آن‌ها می‌شود، نسبت داده شد (Makhlouf & Aws, 2022). بنابراین، به نظر می‌رسد که تأثیر زمان کاشت در اوایل فصل بهار و مصادف شدن دوره رشد رویشی و زایشی گیاه با افزایش طول روز و شرایط مناسب تابش و دمای هوا و همچنین محلول‌پاشی بور، باعث افزایش میزان فتوسنتز و باروری گیاه شده و در نتیجه اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در بوته افزایش یافت.

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب صفات گیاهی لوبیای محلی (پاچ‌باقله) در تیمارهای زمان کاشت، آرایش کاشت و محلول‌پاشی بور

Table 4- Combined analysis of variance of local bean (Pach-Baghela) plant traits in sowing date, sowing pattern and boron application treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares					
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه- های فرعی No. branches per plant	تعداد غلاف در بوته No. pods per plant	درصد باروری غلاف‌ها Pods fertility (%)	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	عملکرد زیستی Biological yield
زمان (فصل) کاشت Sowing date (season)	1	129.36**	105.0208**	406.58**	84.270**	80.083**	851201.33**
فصل / تکرار Season/repeat	6	0.2220	0.3476	0.3154	4.618	0.256	127.555
آرایش کاشت Sowing pattern	2	21.631**	6.1702**	0.050 ^{ns}	1.633 ^{ns}	1.827*	344.33 ^{ns}
محلول‌پاشی بور Boron application	1	21.333**	0.4033 ^{ns}	62.335**	442.86**	67.687**	125665.33**
فصل × آرایش کاشت Season × sowing pattern	2	2.4414 ^{ns}	0.4352 ^{ns}	0.060 ^{ns}	17.619**	0.221 ^{ns}	250.33 ^{ns}
فصل × محلول‌پاشی بور Season × boron application	1	0.5208 ^{ns}	0.0675 ^{ns}	0.016 ^{ns}	1.920 ^{ns}	3.740*	300.00 ^{ns}
آرایش کاشت × محلول‌پاشی بور Boron application × sowing pattern	2	1.9752 ^{ns}	0.0077 ^{ns}	0.530 ^{ns}	11.851*	0.450 ^{ns}	596.33 ^{ns}
فصل × آرایش کاشت × محلول‌پاشی بور Season × sowing pattern × boron application	2	0.1477 ^{ns}	0.5418 ^{ns}	0.967*	2.780 ^{ns}	0.007 ^{ns}	481.00 ^{ns}
خطای آزمایش Error	30	0.8252	0.2126	0.2269	2.899	0.553	289.155
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		1.62	4.72	3.73	2.06	1.79	3.56

^{ns}: غیرمعنی‌دار و * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}: is not significant and * and **: are significant at the five and one percent levels of probability, respectively

ادامه جدول ۴- تجربه واریانس مرکب صفات گیاهی لوبیای محلی (پاچ‌باغلا) در تیمارهای زمان کاشت، آرایش کاشت و محلول‌پاشی بور
Table 4- Combined analysis of variance of local bean (Pach-Baghela) plant traits in sowing date, sowing pattern and boron application treatments, continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares					
		عملکرد دانه Seed yield	سرعت تشکیل دانه Seed formation rate	سرعت پر شدن دانه Seed filling rate	سرعت تشکیل عملکرد Yield formation rate	سرعت رشد رویشی Vegetative growth rate	محتوای پروتئین دانه Seed protein content
زمان (فصل) کاشت Sowing date (season)	1	249841.02**	811.19**	156.60**	66.74**	220.48**	0.17508 ^{ns}
فصل / تکرار Season/ repeat	6	889.243	1.6103	0.0427	0.2536	0.0715	0.1234
آرایش کاشت Sowing pattern	2	51.141 ^{ns}	0.0209 ^{ns}	0.0158 ^{ns}	0.090 ^{ns}	0.1791 ^{ns}	0.1188 ^{ns}
محلول‌پاشی بور Boron application	1	48228.38**	108.22**	7.921**	9.6302**	17.01**	3.6140**
فصل × آرایش کاشت Season × sowing pattern	2	351.251 ^{ns}	0.3095 ^{ns}	0.1675 ^{ns}	0.0453 ^{ns}	0.0027 ^{ns}	0.0383 ^{ns}
فصل × محلول‌پاشی بور Season x boron application	1	1446.505*	3.7548 ^{ns}	0.676**	0.3942*	0.0022 ^{ns}	0.0215 ^{ns}
آرایش کاشت × محلول‌پاشی بور Boron application × sowing pattern	2	109.274 ^{ns}	0.6681 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.0197 ^{ns}	0.2511 ^{ns}	0.0180 ^{ns}
فصل × آرایش کاشت × محلول‌پاشی بور Season × sowing pattern × boron application	2	14.634 ^{ns}	0.2439 ^{ns}	0.0325 ^{ns}	0.0042 ^{ns}	0.02743 ^{ns}	0.0701 ^{ns}
خطای آزمایش Error	30	297.879	1.4849	0.0607	0.0736	0.0920	0.1022
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		6.24	7.39	2.10	7.34	4.72	1.29

^{ns}: غیرمعنی‌دار و * و **: معنی‌دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}: is not significant and * and **: are significant at the five and one percent probability levels, respectively

درصد باروری غلاف‌ها

طبق نتایج حاصل از این پژوهش، میزان باروری غلاف‌ها در فصل بهار با میانگین ۸۳/۹ درصد نسبت به تابستان با میانگین ۸۱/۳ درصد، دارای برتری معنی‌دار بود (جدول ۵). محلول‌پاشی بور با میانگین ۸۵/۶ درصد، برتری معنی‌داری نسبت به عدم مصرف بور نشان داد، ولی میانگین‌های درصد باروری غلاف‌ها در سطوح تیمار آرایش کاشت تفاوت معنی‌داری نداشتند و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). نتایج حاصل از برهم‌کنش تیمارها بر درصد باروری غلاف‌های لوبیا نشان داد که بیشترین مقدار میانگین در برهم‌کنش محلول‌پاشی بور و آرایش کاشت مربع، معادل ۸۶/۴ درصد حاصل شد

(جدول ۷). تولید یذر در گیاهان وابسته به تشکیل گل‌ها، میزان باروری آن‌ها و پُر شدن بذور با عناصر غذایی کافی و مناسب است که برای این منظور نیاز به ذخیره کافی عنصر بور در گیاه است (Misagh et al., 2016). رشد زایشی در گیاهان همانند رشد رویشی به کمبود بور حساس است و کمبود بور به‌ویژه در گیاهان زراعی باعث کاهش تشکیل دانه می‌شود. در صورت کمبود بور، دانه‌های گرده خالی، چروکیده و بدشکل و یا طبیعی، اما فاقد ذخیره نشاسته به نظر می‌رسند. جوانه‌زنی گرده و رشد لوله گرده تحت شرایط کمبود بور مختل شده و در نتیجه باعث باروری ضعیف گیاه می‌شود (Abou Seeda et al., 2021).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات گیاهی لوبیای محلی (پاچ‌باغلا) در تیمارهای زمان کاشت، آرایش کاشت و محلول‌پاشی بور
Table 5- Mean comparison of local bean (Pach-Baghela) plant traits in sowing date, sowing pattern and boron application treatments

زمان (فصل) کاشت Sowing date (season)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه‌های فرعی No. secondary branches	تعداد غلاف در بوته No. pod.plant ⁻¹	درصد باروری غلاف‌ها Pods fertility (%)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-seed weight (g)	عملکرد زیستی (گرم بر مترمربع) Biological yield (g.m ⁻²)
بهار Spring	57.6 ^{a*}	11.2 ^a	15.6 ^a	83.9 ^a	42.8 ^a	610.3 ^a
تابستان Summer	54.3 ^b	8.2 ^b	9.8 ^b	81.3 ^b	40.2 ^b	344.0 ^b
آرایش کاشت Sowing pattern						
مستطیل Rectangle (20 × 31)	55.1 ^b	9.2 ^b	12.6 ^a	82.3 ^a	41.2 ^b	472.7 ^a
لوزی Rhombus (23 × 27)	55.6 ^b	9.5 ^b	12.7 ^a	82.9 ^a	41.3 ^{ab}	476.7 ^a
مربع Square (25 × 25)	57.3 ^a	10.4 ^a	12.8 ^a	82.6 ^a	41.8 ^a	482.0 ^a
محلول‌پاشی بور Boron application						
محلول‌پاشی بور Boron application	56.6 ^a	9.6 ^a	13.8 ^a	85.6 ^a	42.6 ^a	528.3 ^a
عدم مصرف بور No boron application	55.3 ^b	9.8 ^a	11.6 ^b	79.6 ^b	40.3 ^b	426.0 ^b

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد (براساس آزمون توکی) هستند.

* In each column, the means with at least one common letter do not have a significant difference at the five percent probability level, based on Tukey's test.

جدول ۶- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته در برهم‌کنش تیمارهای زمان کاشت، آرایش کاشت و محلول‌پاشی بور
Table 6- Mean comparison of the number of pod.plant⁻¹ in the interaction of sowing date, sowing pattern and boron application treatments

صفات گیاهی Plant traits	بهار Spring						تابستان Summer					
	محلول‌پاشی بور Boron application			عدم مصرف بور No boron application			محلول‌پاشی بور Boron application			عدم مصرف بور No boron application		
	مستطیل Rectangle		لوزی Rhombus	مستطیل Rectangle		لوزی Rhombus	مستطیل Rectangle		لوزی Rhombus	مستطیل Rectangle		لوزی Rhombus
	مستطیل Rectangle	لوزی Rhombus	مربع Square	مستطیل Rectangle	لوزی Rhombus	مربع Square	مستطیل Rectangle	لوزی Rhombus	مربع Square	مستطیل Rectangle	لوزی Rhombus	مربع Square
تعداد غلاف در بوته No. pod.plant ⁻¹	16.9 ^{a*}	16.4 ^a	17.0 ^a	14.2 ^b	15.0 ^b	14.3 ^b	11.1 ^c	11.0 ^c	10.8 ^c	8.5 ^d	8.5 ^d	9.0 ^d

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد (براساس آزمون توکی) می‌باشند.

* The means with at least one common letter do not have a significant difference at the five percent probability level, based on Tukey's test.

جدول ۷- مقایسه میانگین درصد باروری غلاف‌ها در برهم‌کنش تیمارهای آرایش کاشت و محلول‌پاشی بور

Table 7- Mean comparison of pods fertility percent in the interaction of sowing pattern and boron application treatments

صفات گیاهی Plant traits	محلول‌پاشی بور Boron application			عدم مصرف بور No boron application		
	مستطیل	لوزی	مربع	مستطیل	لوزی	مربع
	Rectangle	Rhombus	Square	Rectangle	Rhombus	Square
درصد باروری غلاف‌ها Pods fertility (%)	85.5 ^{a*}	85.0 ^a	86.4 ^a	79.1 ^b	80.8 ^b	78.7 ^b

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد (براساس آزمون توکی) هستند

* The means with at least one common letter do not have a significant difference at the five percent probability level, based on Tukey's test

وزن ۱۰۰ دانه

نتایج نشان داد که اثر زمان (فصل) کاشت بهار با میانگین ۴۲/۸ گرم، برتری معنی‌داری نسبت به تابستان با میانگین ۴۰/۲ گرم داشت و آرایش کاشت مربع نسبت به سطوح دیگر تیمار آرایش کاشت، میانگین وزن ۱۰۰ دانه بیشتری را حاصل نمود. محلول‌پاشی بور نیز باعث افزایش وزن ۱۰۰ دانه با میانگین ۴۲/۶ گرم نسبت به عدم مصرف بور شد (جدول ۵). بررسی برهم‌کنش سطوح مختلف تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار وزن ۱۰۰ دانه در فصل بهار و محلول‌پاشی بور، معادل ۴۳/۷ گرم به دست آمد (جدول ۹). در بررسی اثر زمان و آرایش کاشت در کشت تابستانه لوبیا در منطقه کلاچای استان گیلان گزارش شد که برهم‌کنش اثر زمان و آرایش کاشت بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود و در تاریخ کاشت ۲۰ آگوست (۲۹ مرداد) و آرایش کاشت مربع، وزن ۱۰۰ دانه بیشتری به‌دست آمد (Esmailzadeh & Aminpanah, 2015). در آزمایشی دیگر، دو مرحله محلول‌پاشی بور با غلظت‌های ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیشترین مقدار وزن ۱۰۰ دانه را داشت (Hamouda et al., 2018). به نظر می‌رسد که در زمان‌ها و آرایش‌های مختلف کاشت، عوامل محیطی نیز بر رشد و نمو گیاه اثرات متفاوتی داشته باشند و در زمان و آرایش کاشت مناسب، محلول‌پاشی بور نیز با تأثیرات فیزیولوژیکی بر گیاه، در مجموع می‌تواند باعث افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک در لوبیا و در نتیجه افزایش وزن ۱۰۰ دانه آن شوند.

عملکرد زیستی

طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها، در زمان (فصل) کاشت بهار با میانگین ۶۱۰/۳ گرم بر مترمربع، برتری معنی‌داری نسبت به تابستان با میانگین ۳۴۴/۰ گرم بر مترمربع به دست آمد و اثر محلول‌پاشی بور بر عملکرد زیستی با میانگین ۵۲۸/۳ گرم بر مترمربع، اختلاف معنی‌داری با عدم مصرف بور با میانگین ۴۲۶/۰ گرم بر مترمربع داشت (جدول ۵). نتایج تحقیقات نشان داده است که انتخاب زمان کاشت مناسب با تأثیر بر مقدار عوامل محیطی مانند تابش، دما و رطوبت، تأثیر زیادی بر رشد و نمو گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد زیستی و اقتصادی آن

عملکرد دانه

براساس نتایج، زمان کاشت در فصل بهار با میانگین ۳۴۸/۳ گرم بر مترمربع، برتری معنی‌داری نسبت به فصل تابستان با میانگین ۲۰۴/۰ گرم بر مترمربع داشت و تفاوت محلول‌پاشی بور با میانگین ۳۰۷/۹ گرم بر مترمربع نسبت به عدم مصرف بور نیز نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار این عامل بر عملکرد دانه لوبیا بود. درحالی‌که سطوح تیمار آرایش کاشت بر عملکرد دانه اثر معنی‌داری نداشت و همه نتایج در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۸). بیشترین میانگین عملکرد دانه در برهم‌کنش تیمارهای فصل بهار و محلول‌پاشی بور، معادل ۳۸۵/۵ گرم بر مترمربع حاصل شد (جدول ۹). در آزمایشی، بیشترین عملکرد دانه لوبیا به‌مقدار ۲/۴۷ تن در هکتار در اثر محلول‌پاشی شاخساره با غلظت ۰/۱ درصد اسیدبوریک در دو نوبت، یک ماه و دو ماه پس از سبز شدن به دست آمد (Hosseini, 2016). در ارزیابی اثر مصرف بور از دو منبع اسیدبوریک و یولکسیت (Ulexite) بر عملکرد و کیفیت بذر سویا گزارش شد که مصرف هر دو نوع بور باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد و حداکثر عملکرد با مصرف ۶/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بور به دست آمد (Dameto et al., 2023). در یک آزمایش درباره اثر زمان کاشت بر عملکرد لوبیای لیما (*Phaseolus lunatus* L.) در استان گیلان، میانگین عملکرد دانه در واحد سطح در کشت بهاره نسبت به کشت تابستانه بیشتر بود و تاریخ کاشت چهارم اردیبهشت بیشترین عملکرد را داشت. برتری عملکرد در تاریخ کاشت فروردین و اردیبهشت می‌تواند ناشی از تسریع در تجمع ماده خشک، تولید سلول‌های بیشتر در گیاه، جذب مقادیر بیشتر مواد معدنی و در نتیجه بهبود عملکرد دانه باشد (Ghanbari et al., 2021).

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات گیاهی لوبیای محلی (پاچ‌باغلا) در تیمارهای زمان کاشت، آرایش کاشت و محلول‌پاشی بور
Table 8- Mean comparison of local bean (Pach-Baghela) plant traits in sowing date, sowing pattern and boron application treatments

	محتوای پروتئین دانه (درصد)	سرعت رشد رویشی (گرم در روز)	سرعت تشکیل عملکرد (گرم در روز)	سرعت پُر شدن دانه (میلی گرم در روز)	سرعت تشکیل دانه (دانه بر مترمربع در روز)	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)
	Seed protein content (%)	Vegetative growth rate (g.day ⁻¹)	Yield formation rate (g.day ⁻¹)	Seed filling rate (mg.day ⁻¹)	Seed formation rate (Seed.day ⁻¹ .m ⁻²)	Seed yield (g.m ⁻²)
زمان (فصل) کاشت Sowing date (season)						
بهار Spring	24.7 ^a	8.5 ^a	4.8 ^a	13.5 ^a	20.5 ^a	348.3 ^{a*}
تابستان Summer	24.6 ^a	4.2 ^b	2.5 ^b	9.8 ^b	12.3 ^b	204.0 ^b
آرایش کاشت Sowing pattern						
مستطیل Rectangle (20 × 31)	24.5 ^a	6.5 ^a	3.7 ^a	11.7 ^a	16.4 ^a	278.2 ^a
لوزی Rhombus (23 × 27)	24.7 ^a	6.4 ^a	3.6 ^a	11.6 ^a	16.5 ^a	274.7 ^a
مربع Square (25 × 25)	24.6 ^a	6.3 ^a	3.6 ^a	11.6 ^a	16.4 ^a	275.7 ^a
محلول‌پاشی بور Boron application						
محلول‌پاشی بور Boron application	24.9 ^a	7.0 ^a	4.1 ^a	12.1 ^a	17.9 ^a	307.9 ^a
عدم مصرف بور No boron application	24.3 ^b	5.8 ^b	3.2 ^b	11.2 ^b	14.9 ^b	244.5 ^b

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد (براساس آزمون توکی) هستند.

* In each column, the means with at least one common letter do not have a significant difference at the five percent probability level, based on Tukey's test.

جدول ۹- مقایسه میانگین وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، سرعت پُر شدن دانه و سرعت تشکیل عملکرد در برهم‌کنش تیمارهای زمان کاشت و محلول‌پاشی بور
Table 9- Mean comparison of the 100 seed weight, seed yield, seed filling rate and yield formation rate in interaction of sowing date and boron application treatments

صفات گیاهی Plant traits	بهار Spring		تابستان Summer	
	محلول‌پاشی بور Boron application		محلول‌پاشی بور Boron application	
	عدم مصرف بور No boron application		عدم مصرف بور No boron application	
وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-Seed weight (g)	43.7 ^{a*}	41.8 ^b	41.6 ^b	38.7 ^c
عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) Seed yield (g.m ⁻²)	385.5 ^a	311.1 ^b	230.2 ^c	177.8 ^d
سرعت پُر شدن دانه (میلی گرم در روز) Seed filling rate (mg.day ⁻¹)	13.7 ^a	13.2 ^b	10.4 ^c	9.3 ^d
سرعت تشکیل عملکرد (گرم در روز) Yield formation rate (g.day ⁻¹)	5.4 ^a	4.3 ^b	2.8 ^c	2.1 ^d

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد (براساس آزمون توکی) هستند.

* The means with at least one common letter do not have a significant difference at the five percent probability level, based on Tukey's test.

سرعت تشکیل دانه

نتایج نشان داد که در زمان (فصل) کاشت بهار، سرعت تشکیل دانه با میانگین ۲۰/۵ دانه بر مترمربع در روز، تفاوت معنی‌داری نسبت به تابستان با میانگین ۱۲/۳ دانه بر مترمربع در روز داشت. همچنین تیمار محلول‌پاشی بور با میانگین ۱۷/۹ دانه بر مترمربع در روز، برتری معنی‌داری نسبت به عدم مصرف بور با میانگین ۱۴/۹ دانه بر مترمربع در روز داشت (جدول ۸). بور در روند تشکیل دانه بسیار مؤثر است و کمبود آن باعث کاهش میکروسپورزایی، جوانه‌زنی و طولیل شدن لوله گرده شده و باعث کاهش باروری می‌شود. کمبود بور پس از انجام لقاح نیز بر جنین‌زایی تأثیر منفی می‌گذارد و باعث زوال بذر یا تشکیل جنین‌های ناقص یا جنین‌های غیرطبیعی می‌گردد (Brdar-[Jokanović, 2020](#)). گزارش شده است که سرعت تشکیل دانه بیشترین همبستگی را با صفات تعداد دانه در مترمربع و عملکرد دانه دارد. در نتیجه، اثر تیمارها بر سرعت تشکیل دانه با اثر آن‌ها بر مقدار عملکرد دانه، متناظر است ([Moshatati et al., 2018](#)) که نتایج آزمایش حاضر نیز با این موضوع مطابقت دارد.

سرعت پُر شدن دانه

طبق نتایج به‌دست‌آمده، سرعت پُر شدن دانه در فصل بهار با میانگین ۱۳/۵ میلی‌گرم در روز برتری معنی‌داری نسبت به تابستان با میانگین ۹/۸ میلی‌گرم در روز داشت و در تیمار محلول‌پاشی بور با میانگین ۱۲/۱ میلی‌گرم در روز تفاوت معنی‌داری نسبت به عدم مصرف بور با میانگین ۱۱/۲ میلی‌گرم در روز حاصل شد (جدول ۸). بیشترین مقدار میانگین سرعت پُر شدن دانه، در برهم‌کنش زمان (فصل) کاشت بهار و محلول‌پاشی بور، معادل ۱۳/۷ میلی‌گرم در روز محاسبه شد (جدول ۹). در اکثر گیاهان زراعی، ظرفیت عملکرد عمدتاً ناشی از تعداد دانه در واحد سطح و دوره پُر شدن دانه است. زمانی که دسترسی کافی به کربوهیدرات‌های حاصل از فتوسنتز یا اندوخته‌شده در ساقه یا برگ‌ها وجود داشته باشد، پُر شدن سریع‌تر دانه و بهبود تحرک کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای می‌تواند اثرات نامناسب محیطی بر عملکرد را به حداقل برساند ([Ghanbari, 2015](#)). وزن بذر از طریق دو مؤلفه سرعت پُر شدن دانه و مدت پُر شدن دانه تأمین می‌شود. سرعت پُر شدن دانه نشان‌دهنده مقدار تجمع ماده خشک در طی مرحله نمو دانه است و بیشتر بودن وزن دانه‌ها با پُر شدن سریع دانه‌ها و طولانی شدن مدت آن همراه می‌باشد. در یک آزمایش روی گیاه باقلا (*Vicia faba* L.) گزارش شد که با توجه به رابطه همبستگی منفی سرعت پُر شدن دانه با مدت پُر شدن دانه، دستیابی به عملکرد بالا از طریق افزایش سرعت پُر شدن دانه و کاهش طول مدت پُر شدن دانه امکان‌پذیر است ([Alipour Ghasem Abad Sofla et al., 2018](#)) و نتایج آزمایش حاضر نیز با این موضوع مطابقت دارد؛ با اینکه در کشت

بهاره دوره پُر شدن دانه نسبت به کشت تابستانه کوتاه‌تر بود (جدول ۳)، سرعت پُر شدن دانه در کشت بهار بیشتر بود.

سرعت تشکیل عملکرد

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که زمان (فصل) کاشت بهار با میانگین ۴/۸ گرم در روز برتری معنی‌داری نسبت به تابستان با میانگین ۲/۵ گرم در روز داشت و در محلول‌پاشی بور سرعت تشکیل عملکرد با میانگین ۴/۱ گرم در روز تفاوت معنی‌داری نسبت به عدم مصرف بور با مقدار میانگین ۳/۲ گرم در روز نشان داد (جدول ۸). بیشترین سرعت تشکیل عملکرد در برهم‌کنش فصل بهار و محلول‌پاشی بور با میانگین ۵/۴ گرم در روز به‌دست آمد که نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری داشت (جدول ۹). گزارش شده است که مصرف بور باعث افزایش میزان فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به غلاف‌ها، افزایش تعداد و وزن دانه‌ها ([Uddin et al., 2020](#)) و باعث افزایش سرعت تشکیل عملکرد می‌شود. گزارش شد که در شرایط محیطی مناسب در طول دوره‌های کاشت تا گرده‌افشانی، گرده‌افشانی تا رسیدگی و کاشت تا رسیدگی، حداکثر سرعت تشکیل دانه، سرعت پُر شدن دانه و سرعت تشکیل عملکرد حاصل گردید و صفت سرعت تشکیل عملکرد با صفات تعداد دانه در مترمربع، عملکرد دانه و سرعت تشکیل دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت ([Moshatati et al., 2018](#)) که نتایج آزمایش حاضر نیز با این موضوع مطابقت دارد.

محتوای پروتئین دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها برای محتوای پروتئین دانه نشان داد که فقط اثر تیمار محلول‌پاشی بور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز محلول‌پاشی بور بر محتوای پروتئین دانه با میانگین ۲۴/۹ درصد نسبت به عدم مصرف بور با میانگین ۲۴/۳ درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۸). با توجه به نقش بور در سنتز اوراسیل که یکی از بازهای سازنده RNA است، مشخص شد که در اثر کمبود بور در گیاه، میزان فسفر که جزء اصلی ترکیبات نوکلئوتیدی است، کاهش یافت، ولی بعد از فراهم شدن بور، جذب فسفر در گیاه افزایش یافت و باعث تسریع در عمل پروتئین‌سازی گردید. به‌دلیل نقش بور در واکنش‌های متابولیکی و تسریع در سنتز پروتئین، فراهمی این عنصر بر مقدار محتوای پروتئین دانه مؤثر است ([Nasef et al., 2006](#)). نتایج یک آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت بور در برگ‌های لوبیا، محتوای پروتئین دانه افزایش یافت و بیشترین میزان پروتئین دانه از مصرف چهار کیلوگرم در هکتار اسیدبوریک به‌صورت کود آبیاری در دو نوبت یک و دو ماه پس از سبز شدن و همچنین در بین سطوح محلول‌پاشی بور، بیشترین

میزان پروتئین دانه از تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۰/۴ درصد اسیدبوریک در دو نوبت یک و دو ماه پس از سبز شدن حاصل شد (Hosseini, 2016).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش، اثر زمان (فصل) کاشت بهار بر عملکرد دانه لوبیای محلی (پاچ‌باقلا) بسیار معنی‌دار بود و برتری قابل ملاحظه‌ای را نسبت به عملکرد دانه در کشت تابستانه داشت. همچنین آرایش کاشت مربع به‌طور معنی‌داری بر وزن ۱۰۰

دانه، به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد، مؤثر بوده و باعث افزایش وزن ۱۰۰ دانه لوبیا شد. نتایج آزمایش نشان داد که اثر محلول‌پاشی بور با غلظت ۰/۱ درصد بر عملکرد دانه بسیار معنی‌دار بود و در برهم‌کنش آن با سایر تیمارها نیز مقدار میانگین‌های بیشتری نسبت به عدم مصرف بور به دست آمد. براساس نتایج این آزمایش، زراعت لوبیای محلی در دو فصل بهار و تابستان همراه با محلول‌پاشی بور می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری تولید محصول این گیاه در شرایط اقلیمی استان گیلان شود که اقدام به توصیه آن، مستلزم تحقیقات تکمیلی است.

References

- Abou Seeda, M. A., Abou El-Nour, E. A. A., Yassen, A. A., & Hammad, S. A. (2021). Boron, structure, functions and its interaction with nutrients in plant physiology. A review. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 10(1), 117-179. <http://dx.doi.org/10.36632/mejar/2021.10.1.9>
- Ali Hosseinpour, F., Rafiei, M., & Farnia, A. (2011). Studying the effect of foliar application of boron on quantitative and qualitative characteristics of soybean genotypes. *Scientific Research Journal of Crop Physiology*, 3(11), 33-46. (In Persian)
- Alipour Ghasem Abad Sofla, A., Rahemi-Karizaki, A., Nakhzari-Moghaddam, A., Biabani, A., & Tarashy, M. (2018). Top removal effect on yield, yield components and the dry matter production of faba bean (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal Pulses Research*, 9(1), 129-141. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v9i1.57934>
- Brdar-Jokanović, M. (2020). Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. *International Journal of Molecular Science*, 21, 24. <https://doi.org/10.3390/ijms21041424>
- Broughton, W. J., Blair, M., Beebe, S., & Vander Leyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.), model food legumes. *Plant and Soil*, 252(74), 55-128. <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>
- Dameto, L., Cardoso, M., Krzyzanowski, F., & Moreira, A. (2023). Boron sources and rates on soybean seed physiological quality and root system volume. *Journal of Seed Science*, 45, e202345019, 2023.
- Dapaah, H. K., McKenzie, B. A., & Hill, G. D. (2000). Influence of sowing date and irrigation on the growth yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in a sub-humid temperate environment. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 134, 33-43.
- Didinger, C., Foster, M. T., Bunning, M., & Thompson, H. J. (2022). Nutrition and human health benefits of dry beans and other pulses. In: M. Siddiq, M. A. Uebersax (Eds.) *Dry Beans and Pulses, Production, Processing, and Nutrition, Second Edition*. John Wiley & Sons Ltd. New York, United States. p. 481-504. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119776802.ch19>
- Esmailzadeh, S., & Aminpanah, H. (2015). Effects of planting date and spatial arrangement on common bean (*Phaseolus vulgaris*) yield under weed-free and weedy conditions. *Planta Daninha*, 33(3), 425-432.
- 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>
- Getachew, E., Tesfaye, A., & Mulualem, T. (2014). The effects of sowing date and spacing for yield of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties at Jimma, Southwestern Ethiopia. *Sky Journal of Agricultural Research*, 3(9), 174-180.
- Ghanbari, A. A. (2015). Developmental stages and phenology of common bean genotypes under normal irrigation and water deficit conditions. *Applied Field Crops Research*, 28(107), 190-199. (In Persian with English Abstract).
- Ghanbari, A. A., Gholami, M., & Ahmadi, M. (2023). Evaluation of adaptability and stability of yield of selected PachBaghela lines in spring cultivation (*Phaseolus vulgaris*) in Guilan province. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(3), 27-40. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2023.348968.654943>
- Ghanbari, A., Mostafavi Rad, M., & Sekhavat, R. (2021). Determination of plant density and appropriate planting time of Lima bean (*Phaseolus lunatus*) in Guilan province. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(1), 209-219. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22034/saps.2021.12808>

- Ghorbani, R., & Safarzadeh Vishkaei, M. N. (2019). The effect of planting dates and rice residue application (Mulch) on growth and yield of Cranberry bean. *Plant Ecophysiology*, 10(35), 267-279. (In Persian with English Abstract)
- Hamouda, H. A., Anany, T. G., & El-Bassyouni, M. S. S. (2018). Growth and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by ZN and B foliar application. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 7(2), 639-649.
- Hosseini, S. M. (2016). Effect of different levels and application methods of boric acid on yield and protein content of common bean. *Iranian Journal of Soil Research*, 29(4), 383-394. (In Persian).
- İpekeşen, S., Biçer, B. T., & Bayrak, İ. H. (2022). Determination of the effect of different sowing dates on growth and yield parameters of some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(3), 482-491. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6979678>
- Jamalzehi, B., Mostafavi-Rad, M., & Ansary, M. H. (2017). Evaluation of seed protein content, yield and important agronomic traits of some determinate and indeterminate bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars as affected by different sowing dates in Talesh (Guilan). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(1), 221-231. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2017.136778.653982>
- Kakon, S. S., Shawquat, M. D., Choudhury, J. A., Ali, M. Z., & Aziz, M. (2017). Influence of sowing time-based temperature on flowering and seed yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *SAARC Journal of Agriculture*, 15(1), 77-80.
- Kazemi Taskooh, N., Mostafavi Rad, M., & Ansari, M. H. (2017). Effect of row spacing on yield quantity and quality of some determinate and indeterminate growth bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties in Guilan climatic condition. *Journal of Plant Ecophysiology*, 29(9), 136-145. (In Persian with English Abstract)
- Khajehpour, M. R. (2022). *Principles and Fundamentals of Agriculture*. Jahad Daneshgahi Publications, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. 622 p
- Mahadule, P. A., Jagdhani, A. D., Sawale, D. D., Jagtap, P. B., & Tamboli, B. D. (2020). Effect of foliar sprays of boron on quality and nutrient uptake of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Entisol. *South Asian Research Journal of Natural Products*, 3(3), 131-135.
- Makhlouf, S., & Aws, M. (2022). Response of faba bean to planting distance between plants and spraying with nano and traditional boron. *Iraqi Journal of Market Research and Consumer Protection*, 14((1), 84-93. <http://dx.doi.org/10.28936/jmracpc14.1.2022.9>
- Malakooti, M. J., & Tehrani, M. (2023). *Effects of Micronutrients on the Yield and Quality of Agricultural Products and Promoting the Health of Society "Micronutrients with a Macro effect"*. Tarbiat Modares University Publications, Tehran, Iran. 398 p.
- Meier, U. (2001). *Growth Stages of Mono-and Dicotyledonous Plants, BBCH*. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Bonn, Germany. 158 p.
- Misagh, M., Movahhedi Dehnavi, M., Yadavi, A., & Khadem Hamzeh, H. (2016). Improvement of yield, oil and protein percentage of sesame (*Sesamum indicum* L.) under drought stress by foliar application of zinc and boron. *Journal of Crop Production*, 9(1), 163-180. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22069/ejcp.2016.2962>
- Moshatati, A., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., & Jalal-Kamali, M. R. (2018). The effect of growth and development periods on grain yield of spring bread wheat under terminal heat stress in Ahwaz. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(1), 197-209. (In Persian) <https://doi.org/10.22077/escs.2017.355.1067>
- Mozumder, S. N., Moniruzzaman, M., Islam, M. R., & Alam, S. N. (2003). Effect of planting time and spacing on the yield performance of bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the eastern hilly area of Bangladesh. *Legume Research*, 26(4), 242-247.
- Nasef, M. A., Badran, N. M., & Abd El-Hamide, A. F. (2006). Response of peanut to foliar spray with boron and/or rhizobium inoculation. *Journal of Applied Sciences Research*, 2(12), 1330-1337.
- Rabiee, M., & Ibrahimi, M. (2023). Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Production as Second Crop in Paddy Field. Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran. 116 p.
- Robertson, M. J., Silim, S., Chauhan, Y. S., & Ranganathan, R. (2001). Predicting of growth and development of pigeon pea: Biomass accumulation and partitioning. *Field Crops Research*, 70, 89-100.
- Robinson, S. L., & Wilcox, J. R. (1998). Comparison of determinate and indeterminate soybean near isolines and their response to row spacing and planting date. *Crop Science*, 38, 1554-1557. <https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800060024x>
- Saini, L., Kumar, P., & Upadhyay, H. (2024). Zinc and boron foliar application effects on primed mung bean (*Vigna radiata* L.) growth and productivity. *Nature Environment and Pollution Technology*, 23, 1407-1418. <http://dx.doi.org/10.46488/NEPT.2024.v23i03.012>

- Shafaroodi, A., Zavareh, M., Peyvast, G. A., & Dorri, H. R. (2012). Effect of sowing date and plant density on grain yield and yield components in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 22(3), 47-61. (In Persian)
- Shireen, F., Nawaz, M. A., Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z., Sohail, H., Sun, J., Cao, H., Huang, Y., & Bie, Z. (2018). Boron: Functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(7), 1856. <https://doi.org/10.3390/ijms19071856>
- Sirait, Y., Pill, W. G., & Kee, W. E. (1994). Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) response to irrigation regime and plant population density. *Horticulture Science*, 29(2), 71-73.
- Soufifard, S., & Sadeghi, S. M. (2020). Effect of potassium Sulfate fertilizer levels and row spacing on yield and yield components of bean in tea uprooted garden. *Journal of Plant Ecophysiology*, 40(12), 250-262. (In Persian with English Abstract).
- Uddin, F. M., Hadiuzzaman, M., Rashid, M. H., & Karim, S. (2020). Effect of phosphorus and boron on the growth and yield of French bean. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 6, 18-25. <https://doi.org/10.9734/ajahr/2020/v6i430079>
- Ullah, I., Direk, M., & Chamidah, D. (2024). Effect of boron on growth and seed yield of pea cultivars. *Journal of Natural Science and Learning*, 3(1), 39-65. <http://dx.doi.org/10.30742/jnsl.v3i1.137>