



<https://doi.org/10.22067/ijpr.2026.98849.1136>

Investigating the Effect of Humic Acid and Farmyard Manure on the Growth and Yield of Mung Bean (*Vigna radiata* L.) Landraces under the Climatic Conditions of Samangan-Afghanistan

Jamshid Shahab¹, Hamid Sodaeizadeh^{2*}, Waliullah Zaree¹, Mohammad Anwar Sakhi Zadeh³

Received: 20 May 2026

Revised: 23 July 2026

Accepted: 25 July 2026

Available Online: 25 July 2026

Cite this article:

Shahab, J., Sodaeizadeh, H., Zaree, W., & Sakhi Zadeh M. A. (2026). Investigating the effect of humic acid and farmyard manure on the growth and yield of mung bean (*Vigna radiata* L.) landraces under the climatic conditions of Samangan-Afghanistan. *Iranian Journal of Pulses Research*, 17(1), 135-150. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijpr.2026.98849.1136>

Introduction

Mung bean (*Vigna radiata* L.) belongs to the Fabaceae family and originates in Southeast Asia. It is widely cultivated worldwide, particularly in Asia, for human consumption, with annual production exceeding 4.5 million tons. Due to its high protein content, carbohydrates, dietary fiber, and essential vitamins, mung bean plays a significant role in food security. In addition, it contributes to soil fertility through atmospheric nitrogen fixation by rhizobium bacteria. In Afghanistan, mung bean is particularly important because of its high nutritional value and low water requirement. However, its production faces several challenges, including a lack of improved seeds, limited access to modern equipment, and poor nutrient management. In this context, the use of organic fertilizers has been proposed as a sustainable approach to improve growth and yield. These fertilizers enhance soil physical, chemical, and biological properties while supplying essential nutrients. Humic acid, as an effective organic compound, improves soil structure, increases nutrient uptake, and promotes plant growth. Its combined application with organic fertilizers can enhance photosynthesis, biomass, and grain yield. Due to the lack of sufficient studies under the climatic conditions of Afghanistan, this study was conducted to evaluate the effects of humic acid and farmyard manure on the growth and yield of mung bean in Samangan province.

Materials and Methods

The study was conducted during the 2025 season at the research farm of the Faculty of Agriculture, Samangan University, located in the Old City of Samangan Province, Afghanistan, at an altitude of 962 m above sea level. The experiment was arranged as a factorial in a randomized complete block design with three replications. The experimental factors consisted of fertilizer at three levels (control: 0, humic acid: 50 kg.ha⁻¹, and farmyard manure: 40 t.ha⁻¹) and genotype at two levels (Afghanistan landrace and Uzbekistan landrace). Before sowing, farmyard manure was uniformly incorporated into the soil one month before planting. Each experimental plot measured 2 × 2 m (4 m²), and the seeds were uniformly sown by hand broadcasting. Humic acid was applied once in solid form at the 2–3 leaf stage. Irrigation was carried out using the flood irrigation method according to crop water requirements at approximately 7-day intervals. Weeds were manually controlled at two stages, 20 and 40 days after sowing. Measured traits included phenological, growth, and yield-related characteristics, including plant height, number of pods per plant, 1000-seed weight, grain yield, biological yield, harvest index, and relative water content. The data were tested for normality prior to statistical analysis using IBM SPSS Statistics version 25. Treatment means were compared using Duncan's multiple range test at the 5% probability level ($P \leq 0.05$). Graphs were generated using Microsoft Excel.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that there were significant differences among mung bean landraces and fertilizer treatments for most traits. The shortest period to the three-leaf stage was observed in the control treatment, which may be attributed to the use of seed storage during early seedling growth. Among the treatments, humic acid had the

1- Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Samangan University, Samangan, Afghanistan

2- Department of Arid Land Management and Desert Control, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

3- Faculty of Agriculture, Samangan University, Samangan, Afghanistan

* Corresponding Author: hsodaie@yazd.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/).

greatest effect on the growth and yield of mung bean. In the Uzbekistan landrace, this treatment increased leaf length and width by 51.7% and 79%, respectively, number of branches by 63.7%, number of pods by 51.9%, number of seeds per pod by 65.33%, 1000-seed weight by 11%, seed yield by 69.3%, biological yield by 66%, dry matter yield by 65.4%, and relative water content of leaf by 3.3%, compared to the control. Furthermore, in the Afghanistan landrace, humic acid increased plant height and number of leaves by 16.8% and 46.4%, respectively, compared to the control treatment. In addition, the application of humic acid in the Uzbekistan landrace reduced the days to flowering and days to maturity by 23.6% and 7.5%, respectively, compared to the control.

Conclusions

The results showed that the application of farmyard manure and humic acid could significantly increase the growth parameters and yield of mung bean. Among the treatments studied, humic acid performed better than farmyard manure in most of the studied traits; in the Afghanistan landrace, the highest plant height and number of leaves were observed under this treatment, while in the Uzbekistan landrace, the greatest leaf length and leaf width, highest number of branches, and highest number of pods and seeds per pod were recorded with humic acid application. Furthermore, humic acid significantly reduced the days to flowering and days to maturity. The Uzbekistan landrace showed a better response than the Afghanistan landrace in most of the traits studied, with the highest 1000-seed weight, seed yield, biomass, harvest index, stem dry weight, and relative leaf water content being observed in this landrace under humic acid treatment. Overall, the results of this study showed that the application of humic acid at a rate of 50 kg.ha⁻¹ improved the growth and yield of mung bean landraces under the climatic conditions of Afghanistan, and it can be used as an effective strategy to improve the production of this crop in the region.

Acknowledgements

We would like to thank our esteemed colleagues at Samangan University.

Keywords: Biological yield, Crop yield, Harvest index, Pods number, 1000-seed weight



بررسی تأثیر اسید هیومیک و کود دامی بر رشد و عملکرد توده‌های ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط اقلیمی سمنگان - افغانستان

جمشید شهاب^{۱*}، حمید سودایی زاده^{۲*}، ولی الله زارع^{۱*}، محمد انور سخی زاده^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر انواع کود بر رشد و عملکرد دو توده ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط مزرعه انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده زراعت دانشگاه سمنگان واقع در شهر قدیم استان سمنگان - افغانستان اجرا گردید. عامل کود در سه سطح (شامل شاهد: ۰، اسید هیومیک: پنج گرم در مترمربع و کود گاوی: ۴۰ تن در هکتار) و عامل توده در دو سطح (شامل توده بومی افغانستان و توده ازبکستان) اعمال شدند. هر کرت دارای ابعاد ۲×۲ متر (چهار مترمربع) بود. عملیات کاشت بذرها در تاریخ چهارم فروردین ماه ۱۴۰۴، به صورت دستی انجام پذیرفت. اسید هیومیک به صورت جامد و در مرحله دو تا سه برگی اعمال گردید. آبیاری به روش غرقابی و براساس نیاز گیاه، هر هفت روز یکبار انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل روز تا سه برگی، روز تا گل دهی، روز تا رسیدگی محصول، ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد زیستی، عملکرد ماده خشک و آماس نسبی برگ بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام ماش و تیمارهای کودی برای اکثر صفات اختلاف معنی داری وجود داشت. در بین تیمارهای مورد بررسی، اسید هیومیک بیشترین تأثیر را بر رشد و عملکرد ماش داشت، به طوری که در توده ازبکستان، این تیمار نسبت به شاهد، طول و عرض برگ را به ترتیب ۵۱/۷ و ۷۹ درصد، تعداد شاخه را ۶۳/۷ درصد، تعداد غلاف را ۵۱/۹ درصد، تعداد دانه در غلاف را ۶۵/۳۳ درصد، وزن هزار دانه را ۱۱ درصد، عملکرد دانه را ۶۹/۳ درصد، عملکرد زیستی را ۶۶ درصد، عملکرد ماده خشک گیاه را ۶۵/۴ درصد و آماس نسبی برگ را ۳/۳ درصد افزایش داد. همچنین اسید هیومیک در توده افغانستان نیز ارتفاع بوته و تعداد برگ را به ترتیب ۱۶/۸، ۴۶/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. علاوه بر این کاربرد اسید هیومیک در توده ازبکستان، فاصله روز تا گل دهی و روز تا رسیدگی را به ترتیب ۲۳/۶ و ۷/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. به طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد اسید هیومیک موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد ارقام ماش در شرایط اقلیمی افغانستان گردید.

واژه‌های کلیدی: تعداد غلاف، شاخص برداشت، عملکرد زیستی، عملکرد محصول، وزن هزار دانه

مقدمه

ماش (*Vigna radiata* L.) (Feng et al., 2024). جدا از نقش آن در رژیم غذایی انسان، با تثبیت نیتروژن اتمسفر به کمک گونه‌های ریزوبیوم موجود در گره‌های ریشه، نقش مهمی در حاصلخیزی خاک ایفا می‌کند (Altai et al., 2020). سازگاری آن با شرایط مختلف کشاورزی - اقلیمی نیز به توزیع گسترده آن کمک می‌کند. ماش یکی از حبوبات مهم و باارزش در افغانستان به ویژه در ولایت سمنگان است که به دلیل ارزش غذایی بالا و استفاده گسترده در غذاهای محلی، نیاز آبی کم و توانایی تثبیت نیتروژن، نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی و حفظ حاصلخیزی خاک ایفا می‌کند. با وجود این پتانسیل‌ها، عملکرد ماش در مزارع افغانستان به طور قابل توجهی پایین تر از ظرفیت ژنتیکی آن است. عوامل متعددی از جمله کمبود مواد آلی خاک، کاهش حاصلخیزی، عدم استفاده از کودهای

ماش (*Vigna radiata* L.) متعلق به خانواده بقولات (Fabaceae) بوده که از آسیای جنوب شرقی سرچشمه گرفته و به طور گسترده برای مصرف خوراکی کشت می‌شود (Batubara, 2022). این گیاه در بیش از شش میلیون هکتار زمین در سطح جهان کشت شده و توسط اکثر خانواده‌های آسیایی مصرف می‌گردد. تولید جهانی ماش بیش از ۴/۵ میلیون تن در سال است (Patankar et al., 2024). ماش حاوی ۴۸ درصد پروتئین و ۲۱ درصد کربوهیدرات می‌باشد. این محصول به دلیل داشتن پروتئین بالا، فیبر غذایی و ویتامین‌های ضروری، در تغذیه انسان بسیار مهم است و آن را به منبع غذایی مهمی در مناطقی که پروتئین‌های گیاهی جزء اصلی رژیم غذایی هستند، تبدیل می‌کند

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه سمنگان، سمنگان، افغانستان

۲- گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۳- دانشکده کشاورزی، دانشگاه سمنگان، سمنگان، افغانستان

(*- نویسنده مسئول: hsodaie@yazd.ac.ir)

مناسب، نبود بذرهای اصلاح‌شده و مدیریت نامناسب تغذیه گیاه از موانع اصلی تولید پایدار ماش در این منطقه به شمار می‌روند (Jabar, 2021). از سوی دیگر، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی نه تنها هزینه‌بر است، بلکه به مرور زمان موجب تخریب ساختار خاک، کاهش فعالیت میکروبی و آلودگی محیط زیست می‌شود. در این راستا، کودهای آلی مانند کود دامی پوسیده و اسید هیومیک به عنوان راهکارهای پایدار و سازگار با محیط زیست، می‌توانند ضمن تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را نیز به همراه داشته باشند. بنابراین برای به حداکثر رساندن عملکرد و کیفیت بالقوه محصول ماش، شیوه‌های کشاورزی پایدار به‌ویژه استفاده از کودهای آلی می‌تواند نقش مهمی ایفا می‌کند (Mohammadzadeh et al., 2022).

کودهای آلی، غنی از مواد مغذی ضروری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم بوده و در عین حال حاصلخیزی خاک و فعالیت میکروبی را بهبود می‌بخشند (Singh et al., 2020; Sodaeizadeh et al., 2025). استفاده از کودهای آلی، چه به تنهایی و چه در ترکیب با سایر کودها، به بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین بهبود عملکرد و کیفیت بذر کمک می‌کند (Khasawneh & Othman, 2020; Sodaeizadeh et al., 2024). کودهای ارگانیک باعث بهبود عملکرد بذر شده و به دلیل اثرات مثبت آن بر خواص فیزیکی و بیولوژیکی خاک و سطح تغذیه گیاه، نقش مهمی در بهبود حاصلخیزی خاک دارد (Priyadharshini et al., 2021). در این راستا، مصرف کود دامی در خاک به عنوان یک ماده آلی زاید صنعت دامپروری برای دستیابی به غلظت مناسب عناصر غذایی در گیاهان، افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهداشت محیط زیست اهمیت دارد. مطالعات متعددی در زمینه نقش کودهای دامی بر افزایش عملکرد محصولات کشاورزی انجام شده است. پژوهش انجام‌شده روی نقش کود دامی بر افزایش عملکرد مخلوط یولاف (*Avena sativa*) و شبدر برسییم (*Trifolium alexandrinum*) نشان داد که با افزایش میزان مصرف کود گاوی از ۱۲ به ۳۶ تن در هکتار، بیشترین مقدار عملکرد علوفه تر و خشک به دست آمد (Ahmadi et al., 2017). گزارش شده است که گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis*) در تیمار حاوی کود مرغی دارای بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس بود (Ghanbari Odivi, et al., 2021). مطالعه انجام‌شده روی نعنای فلفلی (*Mentha piperita*) نشان داد که کاربرد کود کبوتر، بیشترین تأثیر را بر افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه داشت و این کود از کارایی بیشتری نسبت به کود مرغی برخوردار بود (Salehi et al., 2022).

اسید هیومیک، یک ترکیب آلی طبیعی است که از تجزیه مواد آلی به دست می‌آید. این ماده ساختار خاک را بهبود بخشیده، جذب

مواد مغذی را افزایش داده و ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهد. این فواید به‌طور مستقیم به رشد بهتر ریشه و ساقه گیاه کمک می‌کند (Patankar et al., 2024). اسید هیومیک یک محرک زیستی باردار آلی است که به‌طور قابل توجهی بر رشد گیاه و عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد. نقش اسید هیومیک بر افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی در مطالعات مختلف بررسی شده است. آلتای و همکاران (Altai et al., 2020)، افزایش رشد و عملکرد گیاه ماش را به دلیل کاربرد اسید هیومیک گزارش نمودند. ترکیب اسید هیومیک و کودهای آلی اثرات هم‌افزایی در بهبود عملکرد فیزیولوژیکی گیاه ماش داشته و استفاده از این مواد باعث افزایش محتوای کلروفیل، افزایش فتوسنتز و افزایش زیست‌توده و بهبود عملکرد دانه شد (Thomason et al., 2020). بررسی تأثیر شوری و اسید هیومیک بر رشد و عملکرد ارقام ماش نشان داد که اسید هیومیک اثرات منفی ناشی از تنش شوری را کاهش و باعث افزایش رشد و بهره‌وری گیاه ماش گردید (Patankar et al., 2024). در مطالعه‌ای، تأثیر مواد آلی مختلف بر ویژگی‌های رشد و عملکرد ماش در شرایط مزرعه بررسی و گزارش شد که کاربرد ترکیبی کودهای آلی اثرات مثبتی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ماش (ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه‌چه، سطح برگ، تعداد غلاف، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد کاه، زیست‌توده و شاخص برداشت) داشت (Batubara, 2022). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که اسید هیومیک در غلظت نه گرم در لیتر منجر به بهبود خصوصیات رشد و عملکرد گیاه ماش شد (Al-Zubaidi & Al-Shammari, 2023). با توجه به اینکه کودهای آلی و زیستی، وابستگی به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد (Jiang et al., 2022; Rahmani et al., 2024)، بنابراین، استفاده از اسید هیومیک و سایر کودهای آلی در مزارع تولید ماش نه تنها عملکرد را افزایش می‌دهد، بلکه به سلامت طولانی مدت خاک و تولید پایدار محصول نیز کمک می‌کند (Saha & Baudhdh, 2020). با توجه به اهمیت استفاده از کودهای آلی در بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی، اطلاعات کافی درباره اثر هم‌زمان اسید هیومیک و کود دامی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ماش در شرایط اقلیمی افغانستان، به‌ویژه ولایت سمنگان، در دسترس نیست. همچنین واکنش ارقام مختلف ماش (بومی افغانستان و ازبکستان) به این نوع کودها در این منطقه مطالعه نشده است. بنابراین، شناسایی بهترین تیمار کودی و توده مناسب برای افزایش عملکرد ماش در این اقلیم، یک ضرورت پژوهشی محسوب می‌شود. بنابراین، این پژوهش با هدف ارزیابی اثر اسید هیومیک و کود دامی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دو توده ماش در شرایط اقلیم سمنگان، افغانستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۴۰۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده زراعت دانشگاه سمنگان واقع در شهر قدیم استان سمنگان، افغانستان، با مختصات جغرافیایی $36^{\circ} 53' 53''$ N و $68^{\circ} 10' 31''$ E و در ارتفاع ۹۶۲ متر از سطح دریا اجرا شد. محل آزمایش از نظر آب‌وهوایی و با توجه به شاخص اقلیمی دومارتن، در طبقه مناطق نیمه‌خشک و نسبتاً معتدل گرم قرار می‌گیرد (Shahab et al., 2026). با استناد به اطلاعات اداره هواشناسی افغانستان، بارندگی متوسط سالانه منطقه ۳۵۰ میلی‌متر می‌باشد (Jacobs et al., 2015). آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل کود در سه سطح (شامل شاهد: ۰، اسید هیومیک: ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود گاوی: ۴۰ تن در هکتار) و عامل توده در دو سطح (شامل توده بومی افغانستان و توده ازبکستان) اعمال شدند. توده بومی افغانستان توده رایج در منطقه سمنگان بوده و دارای عادت رشد ایستاده و طول ساقه اصلی بین ۸۰ تا ۹۵ سانتی‌متر می‌باشد. رنگ ساقه بنفش، گل‌ها به رنگ زرد و دارای غلاف‌های کرک‌دار که در زمان رسیدگی به رنگ قهوه‌ای یا سیاه می‌باشند. توده ماش ازبکستان دارای عادت رشد ایستاده و طول ساقه اصلی بین ۶۵ تا ۸۰ سانتی‌متر می‌باشد. رنگ ساقه بنفش و رنگ گل زرد بوده دارای غلاف‌های با طول متوسط ۱۲ سانتی‌متر است که هنگام رسیدگی به رنگ سیاه یا قهوه‌ای می‌باشند. پیش از اجرای آزمایش، از خاک مزرعه به‌صورت زیگزگی و از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری گردید و پس از تهیه نمونه مرکب، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین

شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در اجرای این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است. جهت پیاده کردن نقشه طرح در مزرعه، ابتدا بلوک‌بندی عمود بر جهت شیب مزرعه انجام و هر بلوک به شش واحد آزمایشی تقسیم و تیمارها براساس نقشه طرح به‌صورت تصادفی در واحدهای آزمایشی قرار گرفتند.

کود گاوی مورد استفاده از نوع کاملاً پوسیده، یکنواخت و عاری از بقایای درشت گیاهی و بذر علف‌های هرز بود که از دامداری‌های محلی ولایت سمنگان تهیه شد. مشخصات کود دامی مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

کود گاوی به‌میزان ۴۰ تن در هکتار، یک ماه قبل از کاشت به‌طور یکنواخت در سطح کرت‌ها پخش و با استفاده از بیل تا عمق تقریبی ۲۵ سانتی‌متری خاک مخلوط گردید. ابعاد هر کرت آزمایشی چهار مترمربع (2×2 متر) و فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها به‌ترتیب نیم و یک متر در نظر گرفته شد. بذرهاى ماش در چهارم ماه فروردین ۱۴۰۴ کشت گردید. مقدار بذر مورد نیاز هر کرت براساس تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (معادل حدود ۲۰ کیلوگرم بذر در هکتار) محاسبه و برای هر کرت براساس تراکم بوته و وزن هزار دانه به‌طور جداگانه توزین شد. سپس بذرها به‌صورت یکنواخت و دست‌پاش در سطح هر کرت توزیع و با لایه‌ای از خاک در عمق تقریبی سه تا چهار سانتی‌متری پوشانده شدند. برداشت محصول پس از رسیدگی کامل گیاه، در اواخر ماه خرداد سال ۱۴۰۴ انجام گرفت. کود اسید هیومیک مورد استفاده از نوع پودری با نام تجاری Plant's Choice بود که از بازار نهاده‌های کشاورزی تهیه شد. مشخصات اسید هیومیک مورد استفاده در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش

Table 1- Soil characteristics of the experimental site

مس	منگنز	آهن	پتاسیم	فسفر	ماده آلی	نیترژن	هدایت الکتریکی	اسیدیته	بافت
Cu	Mn	Fe	K	P	Organic matter	N	EC	pH	Texture
					(درصد)		(دسی زیمنس بر متر)		
					(%)		(dS.m ⁻¹)		
1.3	3.1	2.5	328	8.24	0.8	0.08	0.7	6.3	لومی‌رسی

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود گاوی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Physicochemical properties of the cattle manure applied in the experiment

پتاسیم	فسفر	نیترژن	اسیدیته	کربن آلی	هدایت الکتریکی
K (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	N (%)	pH	Organic carbon (%)	Ec (dS.m ⁻¹)
3252.4	695.3	2.56	7.2	19.5	2.9

جدول ۳- خصوصیات اسید هیومیک مورد استفاده در آزمایش

Table 3- Characteristics of the humic acid used in the experiment

اسید هیومیک Humic acid (%)	پتاسیم محلول Soluble potassium (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	اسید فولیک Folic acid (%)	نیتروژن N (%)	کلسیم Ca (%)	منیزیم Mn (%)	آهن محلول Soluble iron (%)
60	12	36	5	1	1	0.15	0.05

بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، وزن تر برگ‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و نور کم قرار داده شدند تا به وزن اشباع برسند (Heidari et al., 2015; Farsari et al., 2019). پس از این مدت، نمونه‌ها به‌سرعت و با دقت با دستمال کاغذی خشک و وزن اشباع آن‌ها اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد، برگ‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند و سپس وزن خشک (Dry weight) به‌وسیله ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و ثبت گردیدند. در نهایت، محتوای نسبی آب برگ‌ها از طریق معادله ۱ محاسبه شد (Ferrat & Lova, 1999).

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

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

پس از جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا نرمال بودن آن‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف بررسی و سپس داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ (شرکت IBM، منتشرشده در سال ۲۰۱۱، IBM SPSS Statistics Windows، نسخه ۲۵.۰، Armonk، نیویورک: شرکت IBM) تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ی دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه و نمودارها به‌وسیله نرم‌افزار Excel 2013 ترسیم گردید.

نتایج

مراحل فنولوژیکی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر توده تنها بر صفت روز تا سه برگی در سطح پنج درصد و اثر کود بر صفات روز تا سه برگی و روز تا رسیدگی محصول در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل توده و کود بر همه صفات در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

اسید هیومیک به‌میزان پنج گرم در مترمربع و به‌صورت یک‌بارمصرف پس از استقرار گیاهچه‌ها (مرحله دو تا سه برگی) در سطح خاک اطراف بوته‌ها اعمال و سپس مزرعه آبیاری گردید تا کود به ناحیه توسعه ریشه منتقل شود. مهار علف‌های هرز در دو نوبت و در محدوده زمانی ۲۰ و ۴۰ روز پس از کاشت و به‌صورت دستی انجام شد. آبیاری کرت‌های آزمایشی به‌روش غرقابی و براساس نیاز آبی گیاه انجام شد؛ به‌طوری که فواصل آبیاری با توجه به شرایط آب‌وهوایی و رطوبت خاک، به‌طور متوسط هر هفت روز یک‌بار تنظیم گردید. صفات زراعی مورد بررسی در این تحقیق شامل تعداد روز تا سه برگی، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی محصول، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، طول و عرض برگ، تعداد شاخه‌های جانبی در بوته، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، تعداد بذر در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در مترمربع، عملکرد زیستی در مترمربع، شاخص برداشت، عملکرد ماده خشک گیاه در هکتار و آماس نسبی برگ بودند. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته در هنگام برداشت از هر واحد آزمایشی پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد، سپس ارتفاع بوته از سطح زمین تا انتهای بوته برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شده و میانگین آن ثبت گردید. پس از برداشت یک مترمربع از قسمت مرکزی هر کرت، اندام هوایی گیاهان تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند و وزن خشک کل به‌عنوان عملکرد ماده خشک ثبت و برحسب کیلوگرم در هکتار بیان گردید. برای تعیین وزن هزار دانه، چهار نمونه ۱۰۰۰ عددی از هر تیمار با رطوبت ۱۴ درصد توزین و میانگین آن‌ها به‌عنوان وزن هزار دانه ثبت شد. برای تعیین عملکرد دانه، یک مترمربع از قسمت مرکزی هر کرت پس از حذف اثر حاشیه برداشت شد. پس از قهوه‌ای شدن غلاف‌ها، بوته‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و عملکرد دانه و عملکرد زیستی به‌ترتیب با اندازه‌گیری وزن دانه و وزن خشک کل اندام هوایی محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز برحسب درصد و به‌صورت نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی محاسبه شد. اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (آماس نسبی برگ) به‌طور تصادفی در ساعت ۱۰ صبح از آخرین برگ کاملاً توسعه‌یافته سالم و میانی گیاهان انجام گردید.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر کود و توده بر صفات فنولوژیکی گیاه ماش

Table 4- Analysis of variance of the effect of fertilizer and landrace on phenological traits of mung bean plant

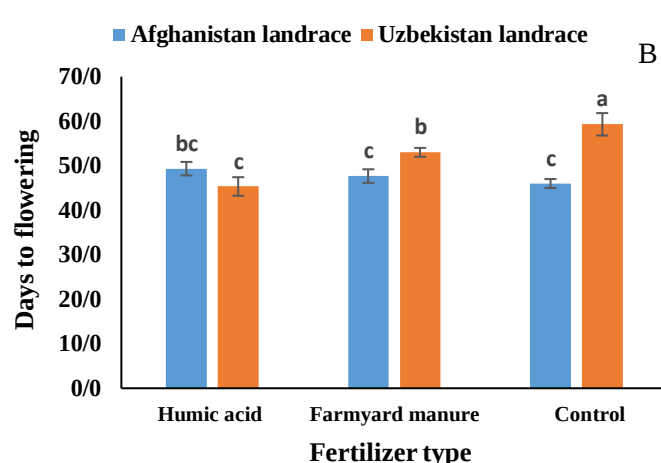
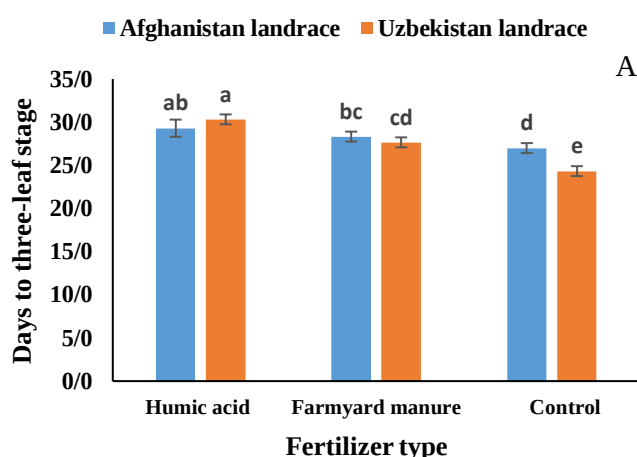
منابع تغییرات S.O.V	df	میانگین مربعات Mean of squares		
		روز تا سه برگی Days to three-leaf stage	روز تا گل‌دهی Days to flowering stage	روز تا رسیدگی محصول Days to maturity
بلوک Block	2	0.667	2.056	2.889
توده Landrace (L)	1	2.72*	0.06 ^{ns}	0.89 ^{ns}
کود Fertilizer (F)	2	26.17**	8.72 ^{ns}	29.39**
توده × کود L × F	2	5.06**	220.39**	35.39**
خطا Error	10	0.44	2.89	2
ضریب تبیین R ²		0.92	0.93	0.86

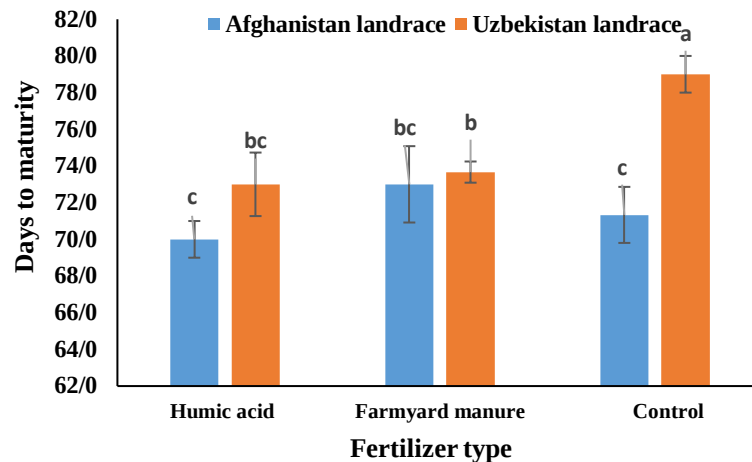
ns, * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: indicate non-significant, significant at $P \leq 0.05$, and significant at $P \leq 0.01$, respectively

روز) در ماش توده ازبکستان تحت تیمار اسید هیومیک و بیشترین فاصله روز تا سه برگی (۲۴/۳ روز) در ماش توده ازبکستان تحت تیمار شاهد (بدون کود) در همین توده دیده شد (شکل ۱ B). در مورد فاصله روز تا رسیدگی محصول، کمترین مقدار (۷۰ روز) در توده ماش افغانستان تحت تیمار اسید هیومیک مشاهده شد، درحالی‌که بیشترین مقدار (۷۹ روز) در توده ازبکستان تحت تیمار شاهد (بدون کود) به دست آمد (شکل ۱ C).

نتایج بررسی مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین فاصله روز تا سه برگی (۲۴/۳ روز) در ماش توده ازبکستان تحت تیمار شاهد (بدون کود) به دست آمد، درحالی‌که بیشترین مقدار این صفت در همین توده تحت تیمار اسید هیومیک (۳۰/۳ روز) به دست آمد. تفاوت بین توده‌ها تنها در شاهد مشاهده شد که در آن توده افغانستان، طول روز تا سه‌برگی کمتری نسبت به توده ازبکستان داشت (شکل ۱ A). همچنین نتایج نشان داد که کمترین فاصله روز تا گل‌دهی (۴۵





شکل ۱- تأثیر متقابل توده و کود دامی بر روز تا سه برگی (A)، روز تا گل‌دهی (B) و روز تا رسیدگی ماش (C)
Figure 1- Interaction effect of landrace and fertilizer on days to three leaves (A), days to flowering (B) and days to mung bean maturity (C)

میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در سطح ۰/۰۵ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with at least one letter in common are not significantly different at the 0.05 level of Duncan's test.

صفات رشدی و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده توده و کود بر کلیه صفات رشدی و اجزای عملکرد مورد مطالعه به‌استثنای صفت تعداد دانه در غلاف در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل توده و کود بر صفات تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته و طول غلاف در سطح احتمال یک درصد و بر صفات طول ساقه، طول و عرض برگ و تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

بررسی مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۹۲/۶ سانتی‌متر) در توده ماش افغانستان تحت تیمار اسید هیومیک و کمترین ارتفاع بوته (۶۶/۶ سانتی‌متر) تحت تیمار شاهد (بدون کود) در توده ماش ازبکستان مشاهده شد (شکل ۲ A). بیشترین تعداد برگ (۲۷/۳ برگ) تحت تیمار اسید هیومیک در توده ماش افغانستان و کمترین تعداد برگ (۱۴/۷ برگ) تحت تیمار شاهد (بدون کود) توده ازبکستان به دست آمد (شکل ۲ B). هر دو کود آلی مورد استفاده در این تحقیق، طول و عرض برگ ماش را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند، به‌طوری که بیشترین طول و عرض برگ (به‌ترتیب ۱۴/۷ و ۱۱/۳ سانتی‌متر) با کاربرد اسید هیومیک در توده ازبکستان و کمترین این صفات (۸/۳ و ۵/۷ سانتی‌متر) در شاهد (بدون کود) توده ماش افغانستان ظاهر گردید (شکل ۲ C-D). بیشترین تعداد شاخه جانبی (۱۲ شاخه در بوته) در توده ازبکستان تحت تیمار اسید

هیومیک و کمترین تعداد شاخه جانبی تحت تیمار شاهد (بدون کود) در توده افغانستان (۶/۳ شاخه در بوته) به دست آمد (شکل ۲ E). بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۵/۳ و ۲۴/۳) در توده ازبکستان و به‌ترتیب تحت تیمار اسید هیومیک و کود آلی به دست آمد، درحالی که کمترین تعداد غلاف (۸/۳ غلاف در بوته) تحت تیمار شاهد (بدون کود) در توده ماش افغانستان به دست آمد (شکل ۲ F). همچنین بیشترین طول غلاف (۱۱/۷ سانتی‌متر) در توده ازبکستان تحت تیمار کود آلی و کمترین طول غلاف (هفت سانتی‌متر) تحت تیمار شاهد (بدون کود) در توده افغانستان به دست آمد (شکل ۲ G). بیشترین تعداد دلنه در غلاف (۱۴/۳ دلنه) تحت تیمار اسید هیومیک در توده ماش ازبکستان و کمترین تعداد دانه در غلاف (۸/۷ دانه) تحت تیمار شاهد (بدون کود) در همین توده مشاهده گردید که با توده افغانستان تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲ H).

صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکردی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل توده و کود بر صفات وزن هزار دانه و عملکرد گیاه در سطح پنج درصد ($P < 0.05$) و بر صفات عملکرد زیستی، شاخص برداشت، عملکرد ماده خشک و محتوی نسبی آب برگ در سطح یک درصد ($P < 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۶).

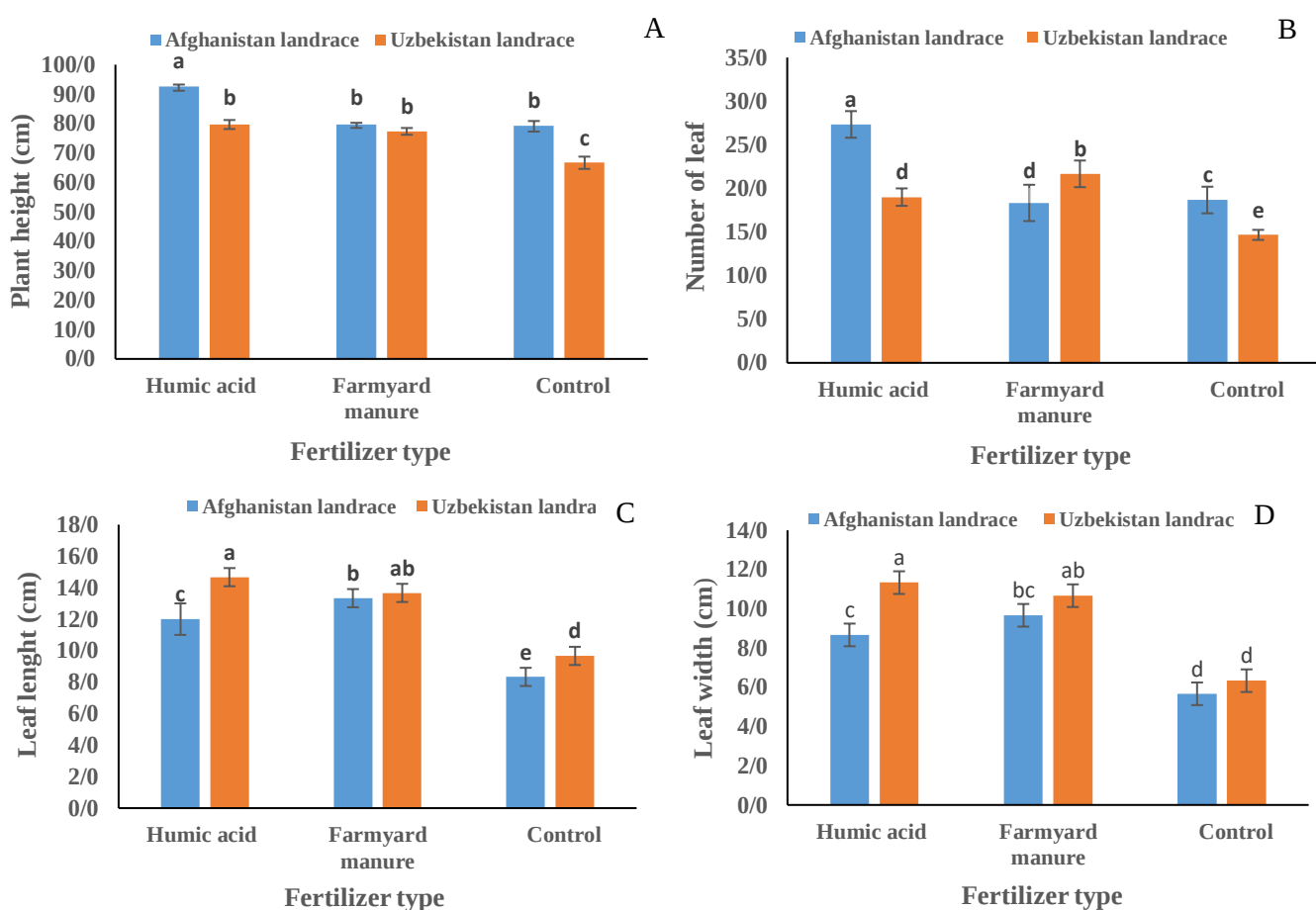
جدول ۵- تجزیه واریانس اثر توده و کود بر صفات رشدی و اجزای عملکرد ماش

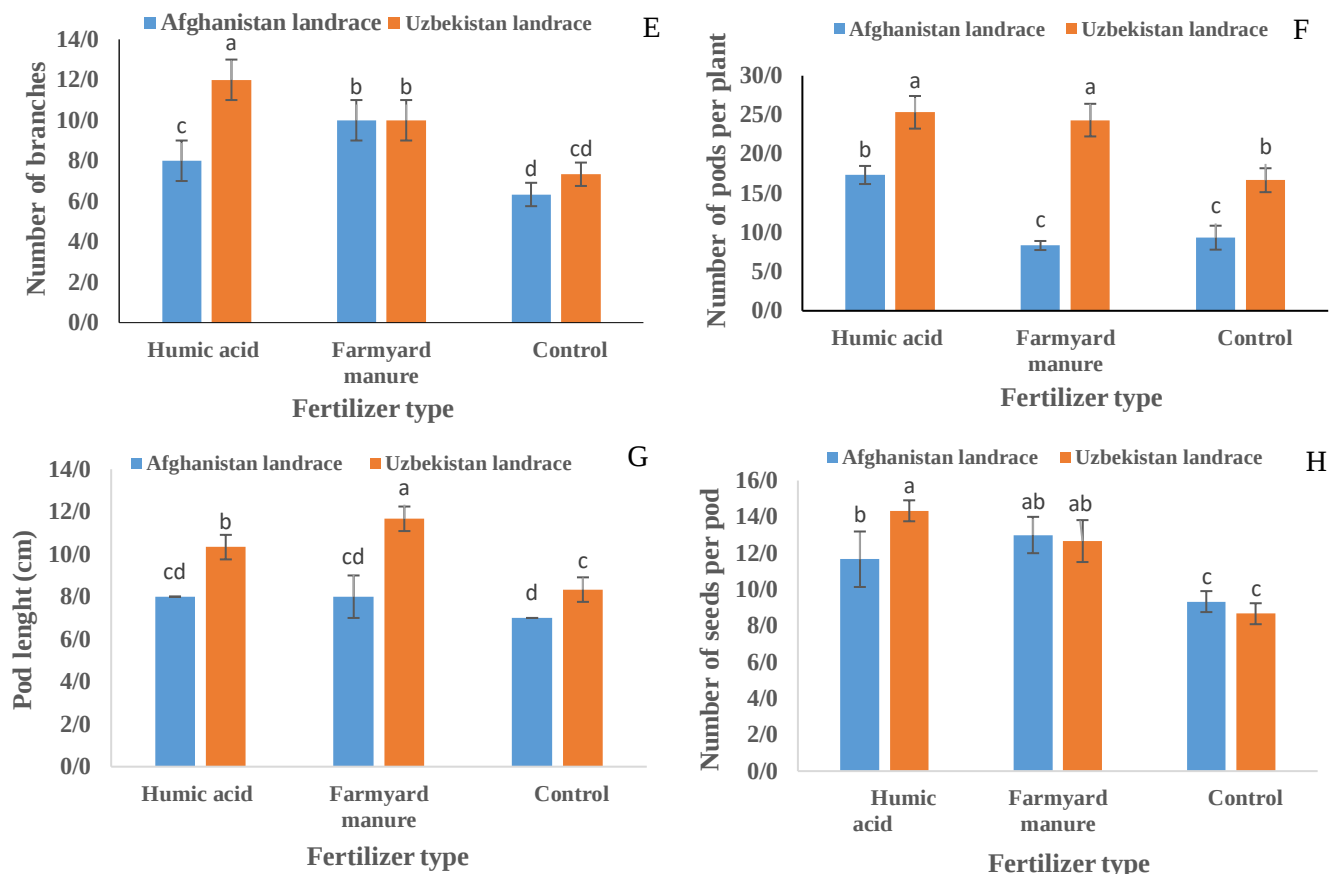
Table 5- Analysis of variance of the effect of landrace and fertilizer on growth traits and yield components of mung bean

منابع تغییرات S.O.V	df	میانگین مربعات Mean of squares							
		ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	طول برگ	عرض برگ	تعداد شاخه جانبی	تعداد غلاف در گیاه	طول غلاف	تعداد دانه در غلاف
		Plant height	Number of leaf	Leaf length	Leaf width	Number of branches	Number of pod in plant	Pod length	Seeds per pod
بلوک Block	2	2.722	0.389	0.222	0.056	0.389	0.722	0.056	2.056
توده Landrace (L)	1	392**	40.5**	9.39**	9.39**	12.5**	490.89**	26.89**	1.39 ^{ns}
کود Fertilizer (F)	2	262.38**	63.39**	39.06**	33.39**	20.06**	105.56**	7.39**	30.72**
توده × کود L × F	2	55.17*	52.17**	2.06*	1.72*	6.5**	34.89**	2.06**	5.06*
خطا Error	10	1.83	2.11	0.44	0.33	0.78	2.5	0.33	0.94
ضریب تبیین R ²		0.97	0.91	0.95	0.95	0.88	0.96	0.92	0.87

* و **: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد

* and **: indicate significant at $P \leq 0.05$, and significant at $P \leq 0.01$, respectively





شکل ۲- تأثیر متقابل توده و کود دامی بر ارتفاع بوته (A)، تعداد برگ (B)، طول برگ (C)، عرض برگ (D)، تعداد شاخچه (E)، تعداد غلاف در گیاه (F)، طول غلاف (G) و تعداد دانه در غلاف ماش (H)

Figure 2- Interaction effect of landrace and fertilizer on plant height (A), leaf number (B), leaf length (C), leaf width (D), number of branches (E), number of pods per plant (F), pod length (G), and number of seeds per mung bean pod (H)

میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در سطح ۰/۰۵ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with at least one common letter are not significantly different at the 0.05 level of Duncan's range test.

(شکل ۳ C). همچنین بیشترین مقدار شاخص برداشت در توده ازبکستان تحت تیمار اسید هیومیک (۱۴/۵ درصد) و کمترین مقدار شاخص برداشت تحت تیمار شاهد (بدون کود) در همین توده (۷/۹ درصد) به دست آمد که با توده افغانستان اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳ D). در خصوص عملکرد ماده خشک، اسید هیومیک توانست در توده ازبکستان بیشترین عملکرد (۱۶۴۶۷ کیلوگرم در هکتار) را منجر شود و کمترین عملکرد ماده خشک (۴۰۶۶ کیلوگرم در هکتار) در شاهد (بدون کود) و توده افغانستان دیده شد (شکل ۳ E). در نهایت، استفاده از تیمار اسید هیومیک منجر به افزایش محتوی نسبی آب برگ در هر دو توده ماش گردید، به‌طوری که بیشترین آماس نسبی برگ (۸۶/۳۳ درصد) تحت همین تیمار در توده ازبکستان و کمترین آماس نسبی برگ (۶۹/۶ درصد) تحت تیمار کود گاوی در توده ازبکستان دیده شد (شکل ۳ F).

نتایج بررسی مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در توده ازبکستان تحت تیمار اسید هیومیک (۵۴ گرم) به دست آمد که با تیمار کود گاوی در همین توده (۵۳/۲ گرم) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین وزن هزار دانه تحت تیمار شاهد (بدون کود) در توده افغانستان (۳۶/۳ گرم) مشاهده گردید (شکل ۳ A). بیشترین عملکرد دانه در توده ازبکستان تحت تیمار اسید هیومیک (۱۵۴۹/۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در شاهد (بدون کود) در توده افغانستان (۴۴۷/۲ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۳ B). نتایج نشان داد که اسید هیومیک منجر به افزایش عملکرد زیستی گیاه گردید، به‌طوری که بیشترین مقدار این صفت (۱۸۰۱۶/۵ کیلوگرم در هکتار) تحت تیمار هیومیک در توده ازبکستان و کمترین عملکرد زیستی (۴۵۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار) تحت تیمار شاهد (بدون کود) و توده افغانستان مشاهده گردید.

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر توده و کود بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکردی ماش

Table 6- Analysis of variance of the effect of landrace and fertilizer on morphophysiological and yield-related traits of mung bean.

منابع تغییرات S.O.V	df	میانگین مربعات Mean of squares					محتوی نسبی آب برگ Leaf relative water content
		وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد ماده خشک Dry matter yield	
بلوک Block	2	0.170	486.8	223632.4	0.511	1625.6	2.191
توده Landrace (L)	1	890.28**	1531366.67**	194749585.1**	4.24 ^{na}	10452506.4**	2.95 ^{ns}
کود Fertilizer (F)	2	28.67**	410827.42**	73526157.94**	6.10*	4694317.82**	147.1**
کود × توده L × F	2	3.45*	220584.78*	2462193.27**	49.6**	93321.02**	96.98**
خطا Error	10	0.7	1832.46	283468.68	1.26	5547.88	7.28
ضریب تبیین R ²		0.99	0.99	0.99	0.88	0.99	0.85

ns, * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: indicate non-significant, significant at $P \leq 0.05$, and significant at $P \leq 0.01$, respectively

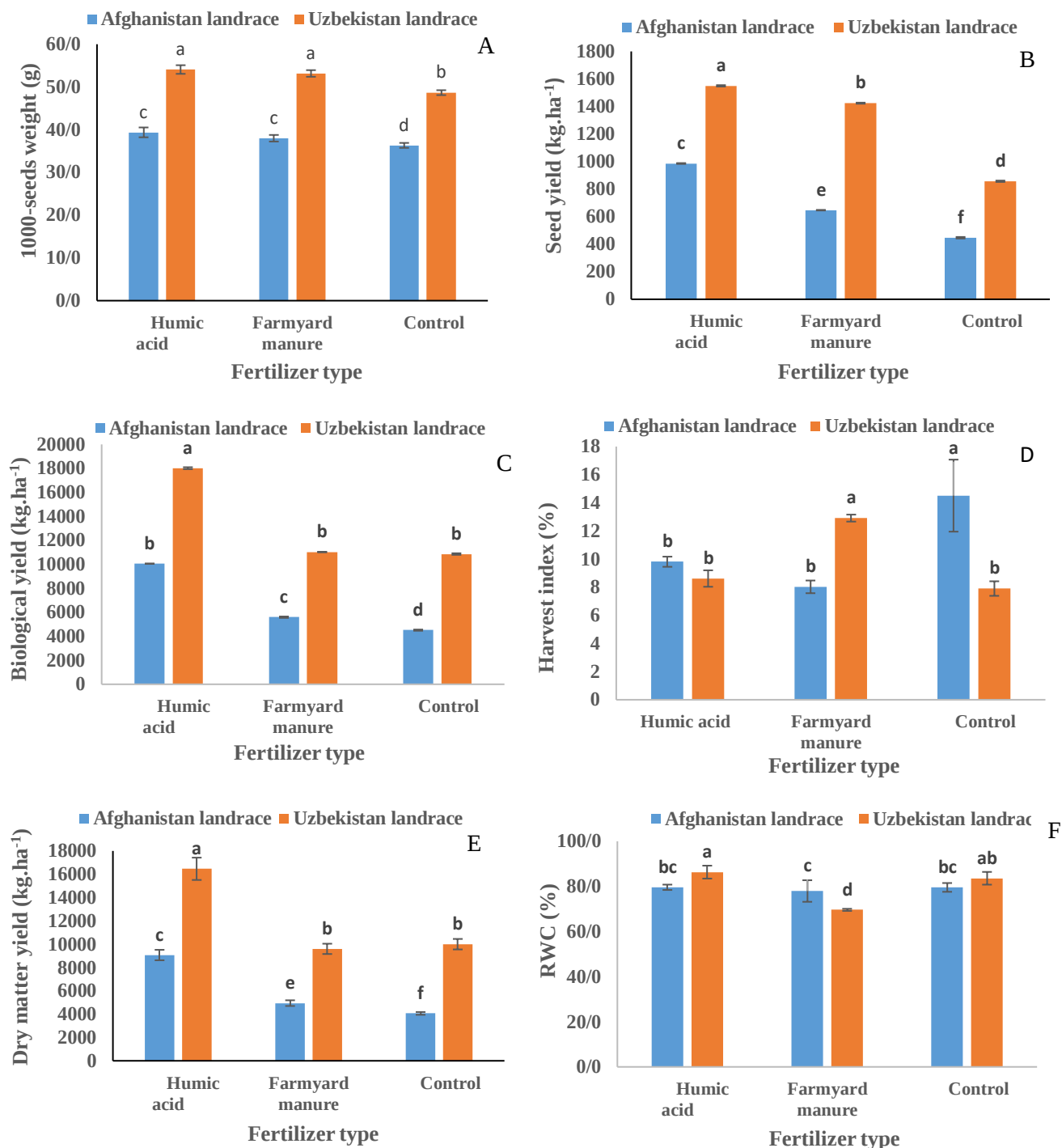
بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری موجب کاهش دوره گل‌دهی و رسیدگی در هر دو توده ماش گردید، درحالی‌که اثر معنی‌داری بر تعداد روز تا سه‌برگی نداشت. این مشاهده را می‌توان به ماهیت وابستگی مراحل اولیه رشد به ذخایر غذایی بذر نسبت داد؛ چراکه گیاهچه در دوره پیش از استقرار کامل، مصرف مواد مغذی خاکی ناچیزی دارد (Woubshet et al., 2017). در مقابل، از مرحله رشد رویشی به بعد، نیاز گیاه به عناصر غذایی به‌شدت افزایش می‌یابد. اسید هیومیک با بهبود جذب عناصر، توسعه سیستم ریشه و افزایش کارایی فتوسنتز، زمینه تسریع فرایندهای رویشی و زایشی را فراهم کرده و در نتیجه، دوره رشد گیاه را کوتاه‌تر نموده است (Ahmad & Khan, 2019). این یافته با گزارش‌های کامکار و همکاران (Karmakar et al., 2023) روی گیاه آهار (*Zinnia elegans*) و نیز یافته‌های آلتای و همکاران (Altai et al., 2020) روی ماش هم‌خوانی دارد و نشان می‌دهد که اسید هیومیک با گسترش حجم ریشه و افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی می‌تواند به‌عنوان یک عامل زودرس‌کننده مؤثر در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک عمل نماید.

براساس نتایج، اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ، طول و عرض برگ، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد غلاف و طول غلاف داشت. این افزایش‌ها را می‌توان به نقش چندگانه اسید هیومیک در بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی، و القای فعالیت شبه‌هورمونی (به‌ویژه افزایش اکسین) نسبت

داد (Nardi et al., 2002; Atiyeh et al., 2002; Hosseinzadeh et al., 2016).

همچنین اسید هیومیک با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و بهبود شرایط ریشه‌زایی منجر به توسعه بهتر اندام‌های هوایی می‌گردد (Altai et al., 2020). از طرف دیگر، پلیمرهای اسید هیومیک توانایی به هم چسباندن ذرات معدنی خاک را داشته و ضمن ایجاد گرانول‌های درشت‌تر، فضای مناسب برای موجودات میکروسکوپی و ماکروسکوپی، نفوذ بیشتر هوا، آب و ریشه را فراهم می‌کند. بنابراین، این پلیمرها عامل کلیدی در اصلاح ساختار خاک و بهبود رشد گیاه هستند (Gorgini Shabankareh et al., 2017). هم‌سو با این نتایج، احمدی نورالدین وند (Ahmadi Nouraldin et al., 2019) گزارش کردند که اسید هیومیک باعث افزایش تعداد برگ و ارتفاع در گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) شد. همچنین کریمی شاه‌ملکی (Kamari Shahmaleki et al., 2010)، افزایش تعداد و سطح برگ در کاهو (*Lactuca sativa*) را ناشی از اثرات هورمونی اسید هیومیک دانستند. در این مطالعه، کود اسید هیومیک باعث توسعه شاخه‌های جانبی در گیاه ماش شد. این افزایش احتمالاً ناشی از بهبود رشد ریشه، جذب عناصر غذایی و تنظیم فعالیت هورمون‌های رشد بوده است که در نهایت، رشد جوانه‌های جانبی و تشکیل شاخه را تقویت کرده است. اسید هیومیک همچنین تعداد غلاف در گیاه ماش را افزایش داد. به‌نظر می‌رسد که اسید هیومیک شرایط بهتری را برای فتوسنتز فراهم کرده و انتقال بهتر مواد غذایی به غلاف را موجب شده و به این ترتیب تعداد غلاف در گیاه افزایش یافته است.



شکل ۳- تأثیر متقابل توده و کود دامی بر وزن هزار دانه (A)، عملکرد دانه (B)، عملکرد زیستی (C)، شاخص برداشت (D)، عملکرد ماده خشک (E) و محتوای نسبی آب برگ ماش (F)

Figure 3- Interaction effect of landrace and fertilizer on 1000-seed weight (A), plant yield (B), biological yield (C), harvest index (D), dry matter yield (E) and leaf relative water content of mung bean (F)

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در سطح ۰/۰۵ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with at least one letter in common are not significantly different at the 0.05 level of Duncan's test.

باعث افزایش حاصلخیزی خاک شده که افزایش عملکرد گیاه را به دنبال دارند (Gorgini Shabankareh et al., 2017). در تأیید این نتایج، افزایش عملکرد زیستی اسفناج (*Spinacia oleracea*) (Ayas & Gulser, 2005) و نیز افزایش ۲۵ درصدی عملکرد زیستی گشنیز (*Coriandrum astivum*) (Rezakhani & Haji Seyed Hadi, 2017) با کاربرد اسید هیومیک گزارش شده است که بیانگر آن است اسید هیومیک به عنوان یک محرک زیستی کارآمد، می‌تواند جایگزین مناسبی برای بخشی از کودهای شیمیایی در سیستم‌های کشاورزی پایدار محسوب شود.

شاخص برداشت و عملکرد ماده خشک گیاه تحت تأثیر اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این افزایش نشان‌دهنده کارایی بالاتر انتقال ماده خشک به اندام‌های زایشی است. اسید هیومیک با بهبود رشد ریشه و افزایش دسترسی به نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی شده است (De Moura et al., 2023; Shahab et al., 2026). همچنین مرادی توچایی (Moraditochaee, 2012)، افزایش شاخص برداشت در بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) را با محلول‌پاشی اسید هیومیک گزارش کرد که با یافته‌های پژوهش حاضر همسو می‌باشد. افزایش وزن خشک می‌تواند نشان‌دهنده افزایش ذخایر کربوهیدراتی در گیاه باشد که به‌نوبه خود منجر به افزایش ماده خشک تولیدی توسط گیاه می‌شود (Song et al., 2020).

نتایج این مطالعه نشان داد که آماس نسبی برگ با مصرف اسید هیومیک افزایش یافت. این افزایش احتمالاً ناشی از بهبود ساختمان خاک و افزایش رشد ریشه، افزایش جذب آب و عناصر غذایی و بهبود وضعیت فیزیولوژیکی گیاه است. در نتیجه، گیاه توانسته است آب بیشتری در بافت‌های خود حفظ و آماس نسبی برگ را افزایش دهد (Ru et al., 2022). همسو با نتایج این پژوهش، پاتان کار و همکاران (Patankar et al., 2024) نیز گزارش کردند که کاربرد اسید هیومیک با بهبود هدایت روزنه‌ای موجب افزایش آماس نسبی برگ و بهبود فعالیت‌های متابولیکی در ارقام ماش شد.

براساس یافته‌های این تحقیق، توده ازبکستان در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به توده بومی افغانستان برتری داشت. این تفاوت را می‌توان به پتانسیل ژنتیکی بالاتر توده ازبکستان در جذب عناصر و واکنش بهتر به محرک‌های زیستی نسبت داد. با این حال، توده بومی افغانستان نیز در صفاتی نظیر ارتفاع بوته و تعداد برگ، پاسخ خوبی به اسید هیومیک نشان داد که حاکی از قابلیت بهبود این توده با مدیریت تغذیه‌ای مناسب می‌باشد.

کود گاوی نیز با تأمین نیتروژن و بهبود ساختار فیزیکی خاک توانست طول غلاف و تعداد غلاف را افزایش دهد. بدیهی است زمانی که عناصر غذایی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، به دنبال آن فتوسنتز به خوبی انجام می‌شود (Sodaeizadeh et al., 2026) و تجمع آسیمیلات‌ها به میزان کافی صورت خواهد گرفت و این امر منجر به افزایش طول و تعداد غلاف می‌گردد (Song et al., 2022). همسو با نتایج این تحقیق، حبیب زاده و همکاران (Habibzadeh et al., 2006) گزارش کردند که استفاده از کود آلی سبب افزایش طول غلاف در ماش گردید. به‌طور کلی، اسید هیومیک نسبت به کود دامی در بهبود صفات رویشی عملکرد بهتری داشت که احتمالاً به دلیل سرعت بیشتر جذب و تأثیر مستقیم آن بر متابولیسم سلولی است.

تیمار اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه را افزایش داد. از آنجاکه وزن هزار دانه تا حد زیادی تحت تأثیر میزان انتقال آسیمیلات‌ها به دانه در دوره پر شدن دانه قرار دارد (Shahab & Zaree, 2024)، به نظر می‌رسد که اسید هیومیک با افزایش تولید کربوهیدرات در برگ‌ها (Abead et al., 2018)، انتقال آن‌ها به غلاف‌ها و کاهش نسبت گلچه‌های عقیم، شرایط بهینه‌ای برای تشکیل و پر شدن دانه فراهم می‌کند (Sadaqat & Emam, 2016). از سوی دیگر، کود دامی نیز با تأمین تدریجی عناصر غذایی، اثر مثبتی بر وزن هزار دانه نشان داد که با گزارش‌های الزبیدی و الشمری (Al-Zubaidi & Al-Shammari, 2023) مبنی بر افزایش وزن هزار دانه ماش با کاربرد ترکیبی اسید هیومیک و کود آلی، هماهنگی دارد. همچنین اولکان (Ulukan, 2008) افزایش تعداد دانه در سنبله گندم (*Triticum aestivum*) و بهشتی و همکاران (Beheshti et al., 2017) افزایش تعداد دانه و وزن دانه در لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) را تحت تأثیر اسید هیومیک گزارش کرده‌اند که نشان‌دهنده اثر عمومی این ماده بر بهبود اجزای عملکرد در گیاهان مختلف می‌باشد.

نتایج نشان داد که اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه و عملکرد زیستی را در هر دو توده به‌ویژه در توده ازبکستان افزایش داد. این افزایش را می‌توان به اثرات تجمعی اسید هیومیک بر صفات مؤثر بر عملکرد، شامل تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن هزار دانه و سطح برگ نسبت داد (Al-Ezzi & Al-Obeidi, 2019). همچنین اسید هیومیک با افزایش کلروفیل، ماندگاری برگ‌ها و بهبود فتوسنتز، تثبیت کربن بیشتری را به همراه داشته و زیست‌توده تولیدی را افزایش داده است (Nardi et al., 2002; Malik et al., 2014). مطالعات نشان می‌دهد که اسید هیومیک باعث افزایش رشد، متابولیسم و افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها می‌شود. مواد هیومیکی به‌صورت غیرمستقیم نیز با بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذپذیری بستر به آب‌وهوا، افزایش تبادل کاتیونی و توانایی بافر کردن اسیدیته بستر،

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد کود آلی و اسید هیومیک توانست به‌طور مؤثر سبب افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه ماش گردید. از بین تیمارهای مورد بررسی، اسید هیومیک در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به کود آلی کارایی بهتری داشت؛ به‌طوری که در توده افغانستان بیشترین ارتفاع بوته و تعداد برگ، و در توده ازبکستان بیشترین طول و عرض برگ، بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین تعداد غلاف و دلنه در غلاف در این تیمار مشاهده شد. همچنین اسید هیومیک باعث کاهش معنی‌دار روز تا

گل‌دهی و روز تا رسیدگی محصول گردید. توده ماش ازبکستان در اکثر صفات مورد مطالعه واکنش بهتری نسبت به توده افغانستان نشان داد، به‌طوری که بیشترین وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، عملکرد ماده خشک و محتوی نسبی آب برگ تحت تیمار اسید هیومیک در این توده دیده شد. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که که کاربرد اسید هیومیک به‌میزان پنج گرم در مترمربع توانست رشد و عملکرد ارقام ماش را در شرایط اقلیمی افغانستان افزایش دهد و می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر در بهبود تولید این محصول در منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

References

- Abead, H. M., Hammadi, H. J., & Salama, M. A. (2018). Effect of humic acid foliar in the growth, yield and quality of several genotypes four of *Vicia faba* L. *Anbar Journal of Agricultural Sciences*, 16, 52-61.
- Ahmad, J., & Khan, F. A. (2019). Effects of diverse levels of humic acid on dry matter partitioning and phenological traits of maize. *Journal of Agricultural Research Advances*, 1(4), 13-16.
- Ahmadi, F., Moraditelavat, M. R. & Siadat, S. (2017). The effect of manure on the yield, nutrient uptake and accumulation of hexose sugars in crops intercropping oat (*Avena sativa* L.) and clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, 1(8), 103-112. (In Persian).
- Ahmadi Nouraldin, F., Moradi Telavat, M. R., Siadat, S. A., & Moshatati, A. (2019). The reaction of vegetative and reproductive growth of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to humic acid application with irrigation water in different planting densities. *Iranian Journal of Pulses Research*, 10(2), 104-118. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v10i2.69397>. <https://doi.org/10.22067/ijpr.v10i2.69397>
- Al-Ezzi, A. G., & Al-Obeidi, K. S. A. (2019). Effect of humic acid and phosphorus on the growth, yield and quality of two cultivars of broad bean, *Vicia faba* L. Third International Conference on Agricultural Sciences. Kirkuk University. Faculty of Agriculture, Kirkuk, Iraq.
- Altai, D. S., Alhasany, A. R., & Al Tameemi, K. A. (2020). Role of humic acid and amino acids in increasing growth and productivity of mungbean varieties grown under newly reclaimed soil. *Indian Journal of Ecology*, 47(10), 11-16.
- Al-Zubaidi, N. A. J., & Al-Shammari, A. F. A. (2023). The effect of biofertilization and organic fertilization and the interaction between them on the yield characteristics and components of the mung bean plant *Vigna radiata* L. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 11(3), 397-402. <https://doi.org/10.22194/JGIAS/11.1099>
- Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A., & Metzger, J. D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84(1), 7-14. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00017-2)
- Ayas, H., & Gulser, F. (2005). The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Sciences*, 5(6), 801-804. <https://doi.org/10.3923/jbs.2005.801.804>
- Batubara, S. F. (2022). Growth and yield respons of mungbean to different level of organic and inorganic fertilizer in North Sumatera. *Agrotech Journal*, 7(1), 43-52. <https://doi.org/10.31327/atj.v7i1.1771>
- Beheshti, S., Tadayyon, A., & Fallah, S. (2017). Effect of humic acid on the yield and yield components of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 7(2), 175-187. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/IJPR.V7I2.46533>
- De Moura, O. V. T., Berbara, R. L. L., De Oliveira Torchia, D. F., Da Silva, H. F. O., De Castro, T. A. V. T., Tavares, O. C. H., & García, A. C. (2023). Humic foliar application as sustainable technology for improving the growth, yield, and abiotic stress protection of agricultural crops. A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 22(8), 493-513. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.05.001>
- Farsari, S., Mehdizadeh, L., Moghaddam, M., & Ebrahimi, H. (2019). Effect of foliar application of putrescine on biomass, water relative content and mineral elements of sweet basil (*Ocimum basilicum* L. cv. Genove) under salinity stress. *Journal of Plant Process and Function*, 8(33), 399-412. (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222727.1398.8.33.14.4>
- Feng, Q., Niu, Z., Zhang, S., Wang, L., Qun, S., Yan, Z., Hou, D., & Zhou, S. (2024). Mung bean protein as an emerging source of plant protein: A review on production methods, functional properties, modifications

- and its potential applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(5), 2561-2573. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13107>
- Ferrat, I. L., & Lova, C. J. (1999). Relation between relative water content, nitrogen pools and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius*, A. gray during water deficit. *Crop Science*, 39, 467-474. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183X0039000200028x>
- Ghanbari Odivi, A., Fallah, S., Karimi, M., & Lorigooini, Z. (2021). Effect of animal manure on growth, yield and essential oil of Sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(3), 181-196. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/saps.2021.43886.2603>
- Gorgini shabankareh, H., Sabouri, F., Saedi, F., & Fakheri, B. (2017). Effects of different levels of humic acid on growth indices and essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under different irrigation regimes. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 1(2), 166-176. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/csrar.01.02.04>
- Habibzadeh, Y., Kashani, M. R., & Masgarbashi, M. (2006). The effect of plant density on yield, some vegetative and reproductive traits of 3 of mung bean (*Vigna radiata* L.) in Ahvaz region. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37(2), 327-335. (In Persian).
- Heidari, N., Pouryouse, M., & Tavakoli, A. (2015). Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Plant Research*, 27(5), 829-839. (In Persian). <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0162-x>
- Hosseinzadeh S. R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54(1), 87-92. <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0162-x>
- Jabar, A. F. (2021). An overview on impacts of agriculture–horticulture sub sector in afghanistan’s economy. *Academic Research in Educational Sciences*, 2(5), 230-237.
- Jacobs, M., Schloeder, C. A., & Tanimoto, P. D. (2015). Dryland agriculture and rangeland restoration priorities in Afghanistan. *Journal of Arid Land*, 7, 391-402. <https://doi.org/10.1007/s40333-015-0002-7>
- Jiang, Y., Li, K., Chen, S., Fu, X., Feng, S., & Zhuang, Z. (2022). A sustainable agricultural supply chain considering substituting organic manure for chemical fertilizer. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 432-446. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.10.025>
- Kamari Shahmaleki, S., Peyvast, Q., & Olfati, J. (2010). Effects of humic acid on growth characteristics and absorption of nutrient elements of lettuce in thin layer of solution. *Journal of Horticultural Sciences*, 24(2), 149-153. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1389i2.7988>
- Karmakar, S., Sahu, J. K., Sharma, V., Das, D., & Tirki, K. (2023). Effects of varying doses and timing of humic acid application on growth and flowering of *Zinnia elegans*. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(9), 632-638. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i92281>
- Khasawneh, A. R., & Othman, Y. A. (2020). Organic farming and conservation tillage influenced soil health component. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29, 895-902.
- Malik, M. M. R., Akhtar, M. J., Ahmad, I., & Khalid, M. (2014). Synergistic use of rhizobium, compost and nitrogen to improve growth and yield of mungbean (*Vigna radiata*). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 51(1), 383-388.
- Mohammadzadeh, V., Rezaei-Chiyaneh, E., Mahdavia, H., Rahimi, A., Gheshlaghi, M., Battaglia, M. L., & Harrison, M. T. (2022). Effect of intercropping and bio-fertilizer application on the nutrient uptake and productivity of mung bean and marjoram. *Land*, 11(10), 1825. <https://doi.org/10.3390/land11101825>
- Moraditochae, M. (2012). Effects of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizer management on yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Iran. *ARP Journal of Agricultural and Biological Science*, 7(4), 289-29.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology*, 34, 1527-1536. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
- Patankar, A. V., Nigam, B., & Chaudhary, I. J. (2024). Effect of salinity and humic acid on growth, biomass, and yield of mung bean (*Vigna Radiata* L.) cultivars. *Insights of Herbal Medicine*, 3(2), 1-14.
- Priyadarshini, A. S., Singh, V., Tiwari, D., Karthik, B., & Mahesh, K. (2021). Influence of spacing and organic manures on growth, yield and economics of mung bean (*Vigna radiata* L.). *Biological Forum-An International Journal*, 13(1), 617-621.
- Rahmani, F., Sodaeezadeh, H., Yazdani-Bioui, R., Hakimzadeh-Ardakani, M. A., & Kamali Aliabadi, K. (2024). Effect of bio-priming on morphological, physiological and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under salinity stress. *South African Journal of Botany*, 167, 630-642. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.02.054>

- Rezakhani, A., & Haj Seyed Hadi, M. R. (2017). Effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristic, seed yield and essential oil coriander (*Coriandrum astivum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(3), 777-786. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2017.210745.654144>
- Ru, C., Hu, X., Chen, D., Wang, W., & Sonand, T. (2022). Heat and drought priming induce tolerance to subsequent heat and drought stress by regulating leaf photosynthesis, root morphology, and antioxidant defense in maize seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 202, 105010. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105010>
- Sadaqat, M. E., & Emam, Y. (2016). Effect of three growth regulators on grain yield of wheat cultivars under different moisture regimes. *Journal of Production and Processing*, 6(21), 15-33. (In Persian). <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.21.15>
- Saha, L., & Bauddh, K. (2020). Sustainable agricultural approaches for enhanced crop productivity, better soil health, and improved ecosystem services. *Ecological and Practical Applications for Sustainable Agriculture*, 1-23. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3372-3_1
- Salehi, M., Karimian, A., & Sodaieizadeh, H. (2022). The effect of chicken and pigeon manure on some morphological and biochemical characteristics of (*Mentha piperita* L.). *Iranian Medicinal Plants and Technology*, 5(2), 77-89. (In Persian).
- Shahab, J., & Zaree, W. (2024). Effect of different planting densities on growth and yield of wheat in climatic conditions of Samangan. *Samangan Academic & Research Journal*, 2(02), 43-56. <https://doi.org/10.64226/sarj.v2i02.65>
- Shahab, J., Sodaieizadeh, H., Seifati, S. E., Kamali, K., & Hakim Zadeh, M. A. (2026). Investigation of the effects of mulch and windbreak on sorghum growth and weed control under drought stress. *Desert Ecosystem Engineering*, 15(50), 85-100. <https://doi.org/10.22052/deej.2026.258322.1138>
- Singh, T. B., Ali, A., Prasad, M., Yadav, A., Shrivastav, P., Goyal, D., & Dantu, P. K. (2020). Role of organic fertilizers in improving soil fertility. *Contaminants in Agriculture: Sources, Impacts and Management*, 61-77. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41552-5_3
- Sodaieizadeh, H., Karimian, A. A., Hossein Jafari, S., & Mosleh Arani, A. (2024). A preliminary study on heavy metal monitoring in soil and guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) biomass amended with sewage sludge. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12337-3>
- Sodaieizadeh, H., Hokmollahi, F., Ghasemi, S., Sadeghian, M., & Tarrah, S. (2025). Cyanobacteria inoculation mitigates salinity stress by regulating plant growth, photosynthetic performance, elemental concentrations and yield in wheat. *South African Journal of Botany*, 180, 857-869. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2025.04.006>
- Sodaieizadeh, H., Mosleh Arani, A., Nejadranjbar, A., Gholi Kilaneh, A., Shahab, J., & Sharifi, Z. (2026). Investigating the effect of zargarin organic fertilizer on reducing the effects of irrigation water salinity on morphological and biochemical characteristics of greenhouse cucumber. *Water Management in Agriculture*, 12(2), 91-110. (In Persian).
- Song, X., Chen, M., Chen, W., Jiang, H., & Yue, X. (2020). Foliar application of humic acid decreased hazard of cadmium toxicity on the growth of Hybrid Pennisetum. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11738-020-03118-9>
- Song, X., Guo, W., Xu, L., & Shi, L. (2022). Beneficial effect of humic acid urea on improving physiological characteristics and yield of maize (*Zea mays* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 44(7), 72. <https://doi.org/10.1007/s11738-022-03401-x>
- Thomason, W. E., Evanylo, G. K., Zhang, X., Strickland, M. S., Chim, B. K., & Diatta, A. A. (2020). The synergistic effects of humic substances and biofertilizers on plant development and microbial activity: A review. *International Journal of Plant & Soil Science*, 32(7), 56-75. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2020/v32i730306>
- Ulukan, H. (2008). Effect of soil applied humic acid at different sowing times on some yield components in wheat hybrids. *International Journal of Botany*, 4(2), 164-175. <https://doi.org/10.3923/ijb.2008.164.175>
- Woubshet, D., Selamyihun, K., & Cherukuri, V. (2017). Productivity and economics of faba bean (*Vicia faba* L.) in relation to integrated use of lime, blended fertilizer, bio fertilizer, and compost on acid soils of high lands in west showa zone of Ethiopia. *International Journal of Current Research*, 9(04), 49067-49076.