

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

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

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

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

3- Agricultural Specialist, 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/).

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 characteristics, including plant height, pod number per plant, 1000-seed weight, grain yield, biological yield, harvest index, and relative water content. Data were tested for normality and analyzed using IBM SPSS Statistics version 25. Mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test at the 5% probability level, and graphs were prepared 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 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.

Conclusion

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, Mung bean, 1000-seed weight

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

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

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر انواع کود بر رشد و عملکرد دو توده ماش 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: ۵ گرم در متر مربع و کود گاوی: ۴۰ تن در هکتار) و عامل توده در دو سطح شامل (توده بومی افغانستان و توده ازبکستان) اعمال شدند. صفات مورد مطالعه شامل روز تا سبزی، روز تا گلدهی، 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 خشک و آماس نسبی برگ بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام ماش و تیمارهای کودی برای اکثر صفات اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در میان تیمارهای مورد بررسی، هیومیک اسید بیشترین تأثیر را بر رشد و عملکرد ماش داشت، به‌طوری‌که 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 هیومیک اسید در توده افغانستان نیز ارتفاع بوته و تعداد برگ را به ترتیب ۱۶/۸، ۴۶/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. علاوه بر این کاربرد هیومیک اسید در توده ازبکستان فاصله روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی را به ترتیب ۲۳/۶ و ۷/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد هیومیک اسید موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد ارقام ماش در شرایط اقلیمی افغانستان گردید.

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

مقدمه

ماش (*Vigna radiate* L.) جزء خانواده حبوبات (Fabaceae) بوده که از آسیای جنوب شرقی سرچشمه گرفته و به‌طور گسترده برای مصارف خوراکی کشت می‌شود (Batubara, 2022). این گیاه در بیش از ۶ میلیون هکتار زمین در سطح جهان کشت شده و توسط اکثر خانواده‌های

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

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

۳- کارشناس کشاورزی، افغانستان

(hsodaie@yazd.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

آسیایی مصرف می گردد. 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 می باشد. این محصول به دلیل داشتن پروتئین بالا، فیبر غذایی و ویتامین های ضروری، در تغذیه انسان بسیار مهم است و آن را به منبع غذایی مهمی در مناطقی که پروتئین های گیاهی جزء اصلی رژیم غذایی هستند تبدیل می کند (Feng et al., 2024). جدا از نقش آن در رژیم غذایی انسان، با تثبیت نیتروژن اتمسفر با کمک گونه های ریزوبیوم موجود در گره های ریشه، نقش مهمی در حاصلخیزی خاک ایفا می کند (Altai et al., 2020). سازگاری آن با شرایط مختلف کشاورزی-اقلیمی نیز به توزیع گسترده آن کمک می کند. 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 می کند. با وجود این پتانسیل ها، 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 مناسب، نبود بذره های اصلاح شده و مدیریت نامناسب تغذیه گیاه از موانع اصلی تولید پایدار ماش در این منطقه به شمار می روند (Jabar, 2021). از سوی دیگر، استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی نه تنها هزینه بر است، بلکه به مرور زمان موجب تخریب ساختار خاک، کاهش فعالیت میکروبی و آلودگی محیط زیست می شود. در این راستا، کودهای آلی مانند کود دامی پوسیده و اسید هیومیک به عنوان راهکارهای پایدار و سازگار با محیط زیست، می توانند 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، شیوه های کشاورزی پایدار، به ویژه استفاده از کودهای آلی می تواند نقش مهمی ایفا می کند (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 می بخشد (Singh et al., 2020; Sodaeizadeh, Hokmollahi 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 می کند (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 انجام شده بر نقش کود دامی در افزایش عملکرد مخلوط یولاف و شبدر برسیم 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 گیاه دارویی مریم گلی در تیمار حاوی کود مرغی دارای بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس بود (Ghanbari Odivi, et al., 2021). مطالعه انجام

شده بر روی نعنای فلفلی نشان داد که کاربرد کود کبوتر بیشترین تاثیر را در 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 در 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 هم افزایی در بهبود عملکرد فیزیولوژیکی گیاه ماش داشته و استفاده از این مواد باعث افزایش محتوای کلروفیل، افزایش فتوسنتز و افزایش زیست توده و بهبود عملکرد دانه می‌شود (Thomason et al., 2020). بررسی تاثیر 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 می‌گردد (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 پارامترهای رشد و عملکرد ماش (ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه‌چه، سطح برگ، تعداد غلاف، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد کاه، بیوماس و شاخص برداشت) داشت (Batubara, 2022). نتایج تحقیق دیگر نشان داد که اسید هیومیک در غلظت ۹ 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 & Baudh, 2020). با وجود 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 آب و هوایی و باتوجه به شاخص اقلیمی دومارتن، در طبقه مناطق نیمه خشک و نسبتاً معتدل گرم قرار می گیرد (Shahab et al., 2026). با استناد به اطلاعات اداره هواشناسی افغانستان بارندگی متوسط سالانه منطقه ۳۵۰ میلی متر می باشد (Jacobs et al., 2015). آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های 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 می باشد. رنگ ساقه بنفش، گل ها به رنگ زرد و دارای غلاف های کرک دار که در زمان رسیدگی به رنگ قهوه ای یا سیاه می باشند. توده ماش ازبکستان دارای عادت رشد ایستاده و طول ساقه اصلی بین ۶۵ تا ۸۰ سانتیمتر می باشد. رنگ ساقه بنفش و رنگ گل زرد بوده دارای غلاف های با طول متوسط ۱۲ سانتیمتر که هنگام رسیدگی به رنگ سیاه یا قهوه ای می باشند. پیش از اجرای آزمایش، از خاک مزرعه به صورت زیگزاگی و از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری نمونه برداری و پس از تهیه نمونه مرکب، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد. مشخصات فزیکو شیمیایی خاک مزرعه در اجرای این تحقیق در جدول (۱) ارائه شده است. جهت پیاده کردن نقشه طرح در مزرعه، ابتدا بلوک بندی عمود بر جهت شیب مزرعه انجام و هر بلوک به ۶ واحد آزمایشی تقسیم و تیمارها بر اساس نقشه طرح به صورت تصادفی در واحدهای آزمایشی قرار گرفتند.

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش

Table 1- Soil characteristics of the experimental site

مس	منگنز	آهن	پتاسیم	فسفر	ماده آلی	ازت	هدایت الکتریکی	اسیدیته	بافت خاک
Cu	Mn	Fe	K	P	Organic matter	N	EC	pH	Soil 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	لومی رسی

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

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

این کود به میزان ۴۰ تن در هکتار، یک ماه قبل از کاشت به طور یکنواخت در سطح کرت‌ها پخش و با استفاده از بیل تا عمق تقریبی ۲۵ سانتی‌متری خاک مخلوط گردید. ابعاد هر کرت آزمایشی ۴ مترمربع (۲ × ۲ متر) و فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها به ترتیب ۰/۵ و ۱ متر در نظر گرفته شد. بذره‌های ماش در ماه فروردین ۱۴۰۴ کشت شدند. مقدار بذر مورد نیاز هر کرت بر اساس تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (معادل حدود ۲۰ کیلوگرم بذر در هکتار) محاسبه و برای هر کرت بر اساس تراکم بوته و وزن هزار دانه به طور جداگانه توزین شد. سپس بذرها به صورت یکنواخت و دست‌پاش در سطح هر کرت توزیع و با لایه‌ای از خاک در عمق تقریبی ۳ تا ۴ سانتی‌متری پوشانده شدند. برداشت محصول پس از رسیدگی کامل گیاه، در اواخر ماه خرداد سال ۱۴۰۴ انجام گرفت. کود هیومیک اسید مورد استفاده از نوع پودری با نام تجاری *Plant's Choice* بود که از بازار نهاده‌های کشاورزی تهیه شد. مشخصات هیومیک اسید مورد استفاده در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- خصوصیات هیومیک اسید مورد استفاده در آزمایش

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

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

این کود به میزان ۵ گرم در متر مربع و به صورت یک‌بار مصرف پس از استقرار گیاهچه‌ها (مرحله ۲ تا ۳ برگی) در سطح خاک اطراف بوته‌ها اعمال و سپس مزرعه آبیاری گردید تا کود به ناحیه توسعه ریشه منتقل شود. کنترل علف‌های هرز در دو نوبت و در محدوده زمانی ۲۰ و ۴۰ روز پس از کاشت، و به صورت دستی انجام شد. آبیاری کرت‌های آزمایشی به روش غرقابی و بر اساس نیاز آبی گیاه انجام شد؛ به طوری که فواصل آبیاری با توجه به شرایط آب‌وهوایی و رطوبت خاک، به طور متوسط هر ۷ 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 متر مربع، عملکرد زیستی در متر مربع، شاخص برداشت، عملکرد ماده خشک گیاه در هکتار و آماس نسبی برگ بودند. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته در هنگام برداشت از هر واحد آزمایشی ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب شده سپس ارتفاع بوته از سطح زمین تا انتهای بوته بر حسب 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 بر حسب 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 قهوه‌ای شدن غلاف‌ها، بوته‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند و عملکرد دانه و عملکرد زیستی به‌ترتیب از وزن دانه و وزن خشک کل اندام هوایی محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز بر حسب درصد و از نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی محاسبه شد. اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (آماس نسبی برگ) به طور تصادفی در ساعت ۱۰ صبح از آخرین برگ کاملاً توسعه یافته سالم و میانی گیاهان انجام شد. بلافاصله بعد از نمونه برداری، وزن تر برگ‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و نور کم شدند تا به وزن اشباع برسند (Farsari et al., 2015; Heidari et al., 2019). پس از این مدت نمونه‌ها سریع 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 به‌عنوان وزن خشک (Dry Weight) با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و ثبت گردیدند. در نهایت محتوای نسبی آب برگ‌ها از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Ferrat & Lova, 1999).

فرمول (۱)

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

که در آن FW وزن تر، DW وزن خشک، 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، منتشر شده 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 ۵ درصد مقایسه و نمودارها در نرم‌افزار Excel 2013 ترسیم شد.

نتایج

مراحل فنولوژیکی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر توده تنها بر صفت روز تا سه برگی در سطح ۵ درصد و اثر کود بر صفات روز تا سه برگی و روز تا رسیدگی محصول در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل توده و کود بر همه صفات در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴)

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

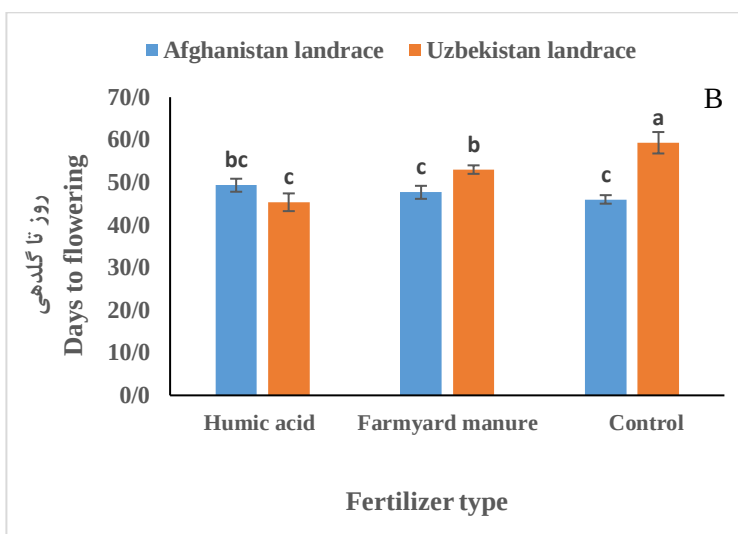
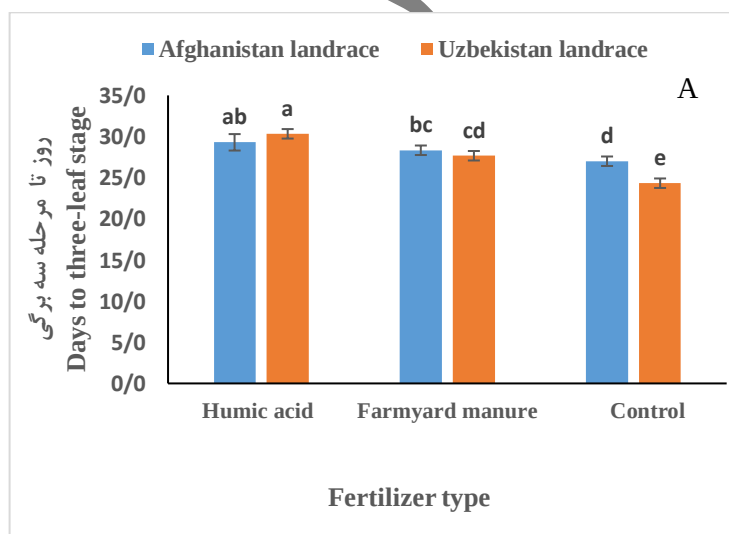
Table 2: Analysis of variance of the effect of fertilizer and landrace on phenological traits of mung bean plant

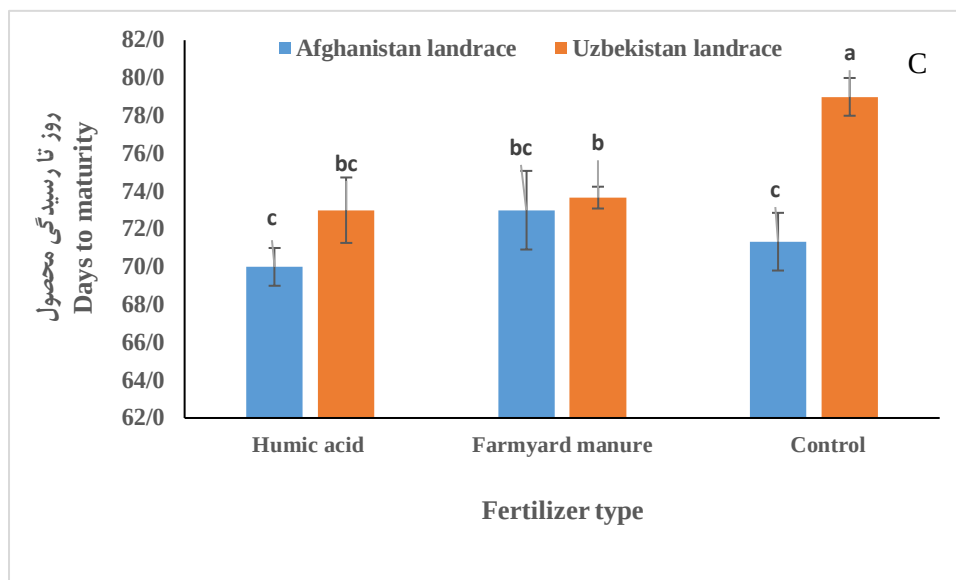
منابع تغییرات SOV	df	میانگین مربعات Mean square		
		روز تا سه برگی Days to three-leaf stage	روز تا گلدهی Days to flowering stage	روز تا رسیدگی محصول Days to maturity
Block بلوک	2	0.667	2.056	2.889
Landrace (L) توده	1	2.72*	0.06 ^{ns}	0.89 ^{ns}
Fertilizer (F) کود	2	26.17**	8.72 ^{ns}	29.39**
L×F توده*کود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

ns, * و ** به ترتیب نشان دهنده غیر معنی داری و معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد هستند.

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

نتایج بررسی مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین فاصله روز تا سه برگی (۲۴/۳۳ روز) در ماش توده ازبکستان تحت تیمار شاهد (بدون کود) بدست آمد در حالی که بیشترین این صفت در همین توده تحت تیمار هیومیک اسید (۳۰/۳۳ روز) بدست آمد. تفاوت بین توده‌ها تنها در تیمار شاهد مشاهده شد که در آن توده افغانستان طول روز تا سه برگی کمتری نسبت به توده ازبکستان داشت (شکل ۱ A). همچنین نتایج نشان داد که کمترین فاصله روز تا گلدهی (۴۵ روز) در ماش توده ازبکستان تحت تیمار هیومیک اسید و بیشترین فاصله روز تا گلدهی (۵۹/۳۳ روز) 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 هیومیک اسید مشاهده شده، در حالی که بیشترین مقدار (۷۹ روز) در توده ازبکستان تحت تیمار شاهد (بدون کود) بدست آمد (شکل ۱ C).





شکل ۱ تأثیر متقابل توده و کود دامی بر روز تا سه برگی (A)، روز تا گلدهی (B) و روز تا رسیدگی محصول (C). میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در سطح ۰/۰۵ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Figure (1) Interaction effect of landrace and fertilizer on days to three leaves (A), days to flowering (B) and days to crop maturity (C). 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 به استثناء 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 یک درصد و بر صفات طول ساقه، طول و عرض برگ و تعداد دانه در غلاف در سطح احتمالی ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

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

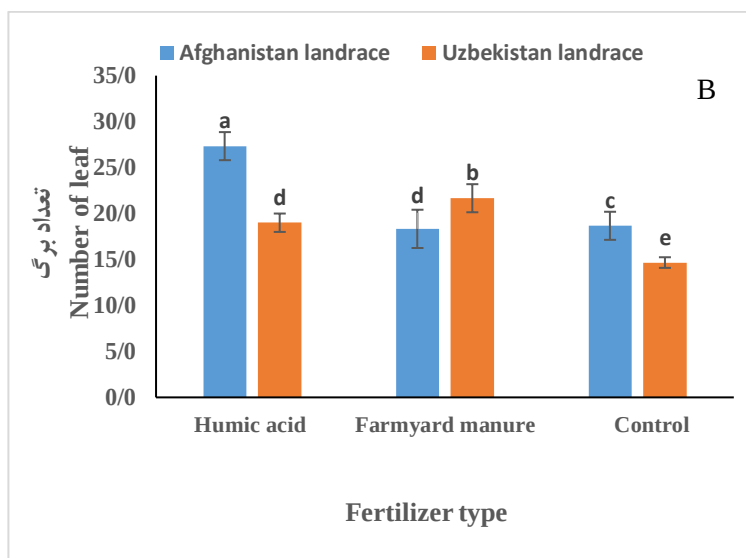
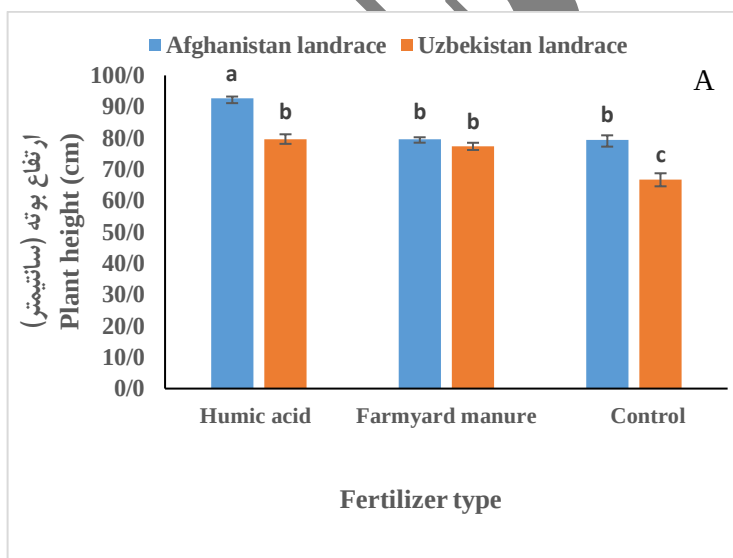
Table 3: Analysis of variance of the effect of landrace and fertilizer on growth traits and yield components

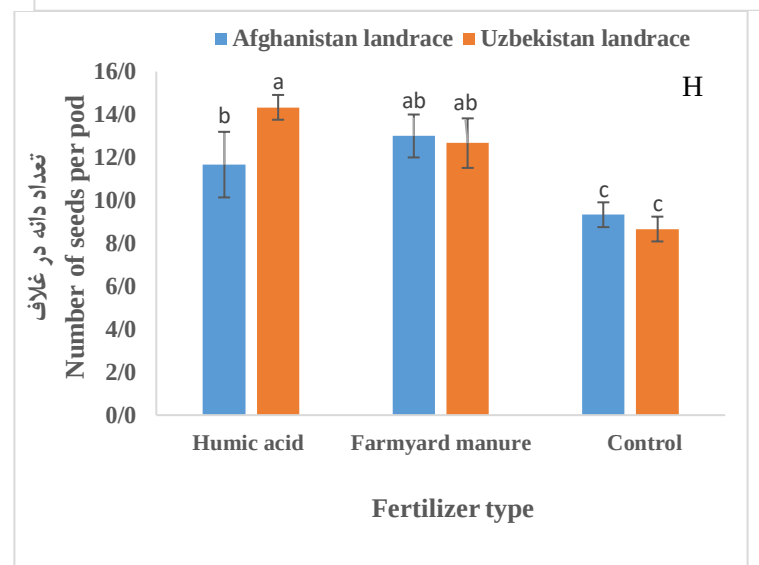
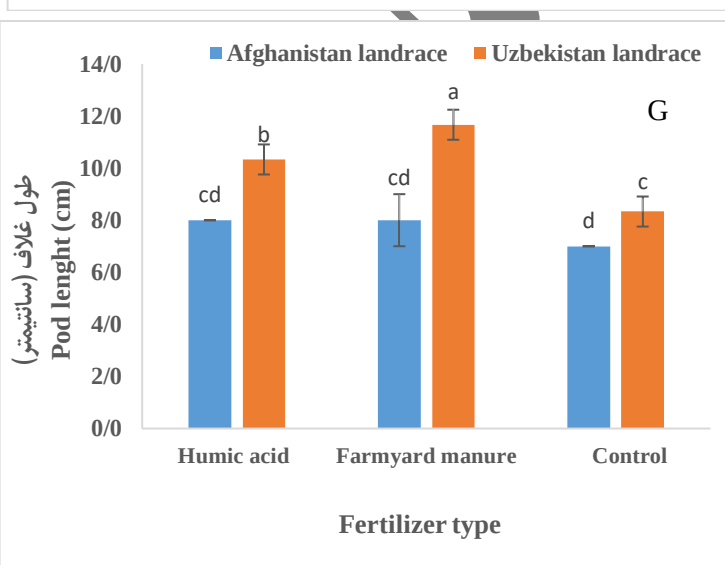
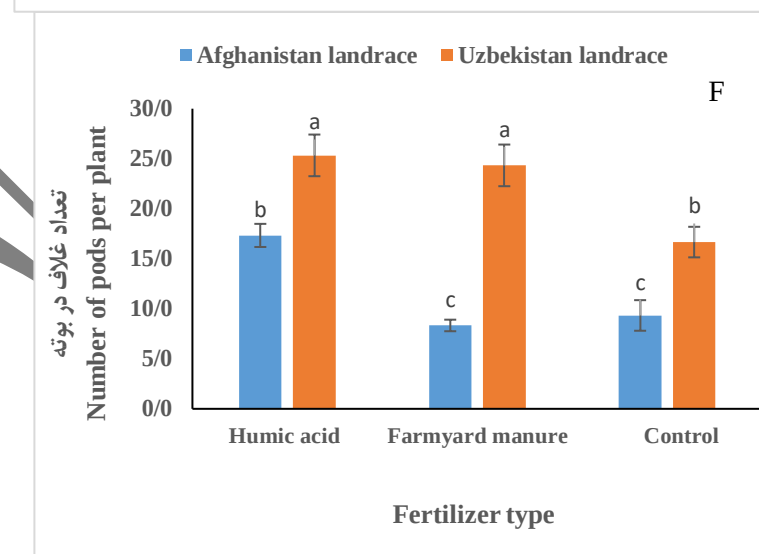
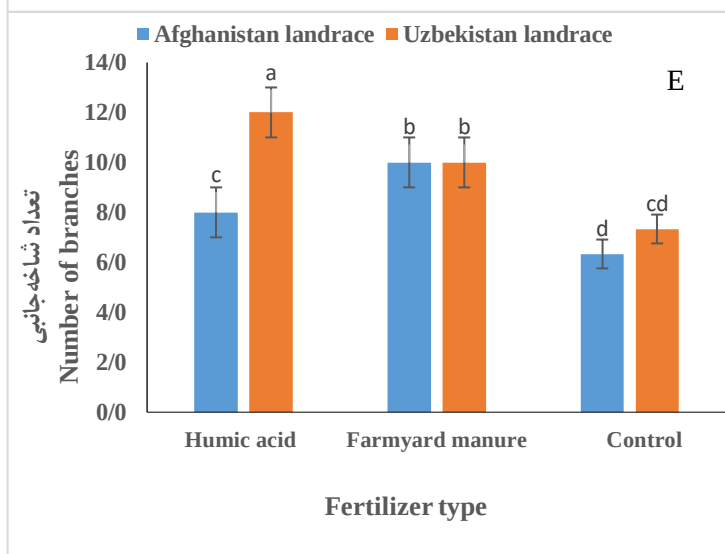
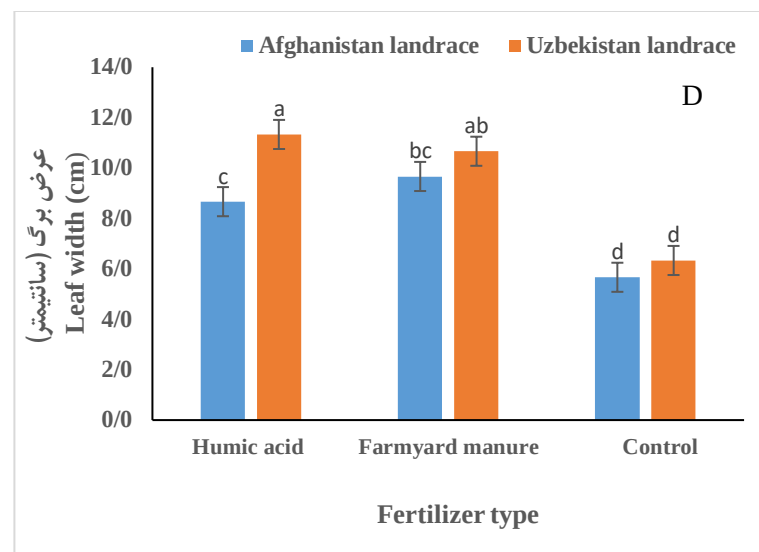
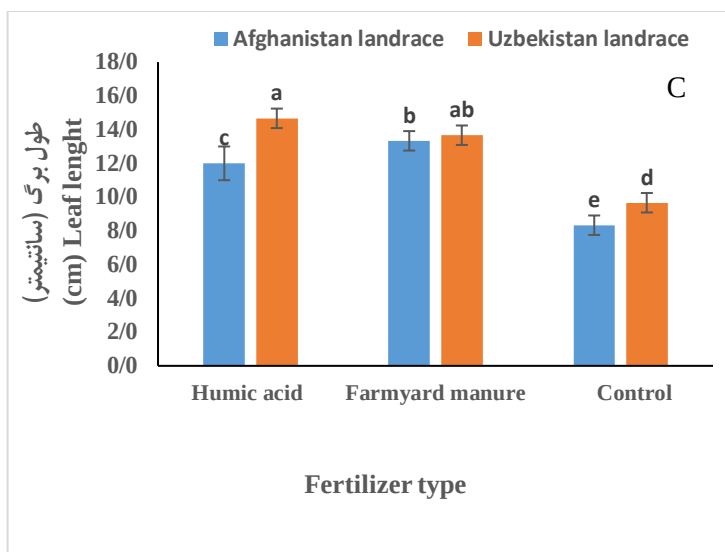
منابع تغییرات SOV	df	میانگین مربعات Mean square							
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Number of leaf	طول برگ Leaf lenght	عرض برگ Leaf width	تعداد شاخه‌جانبی Number of branches	تعداد غلاف در گیاه Number of pod in plant	طول غلاف Pod lenght	تعداد دانه در غلاف Seeds per pod
Block بلوک	2	2.722	0.389	0.222	0.056	0.389	0.722	0.056	2.056
Landrace (L) توده	1	392**	40.5**	9.39**	9.39**	12.5**	490.89**	26.89**	1.39 ^{ns}
Fertilizer(F) کود	2	262.38**	63.39**	39.06**	33.39**	20.06**	105.56**	7.39**	30.72**
L×F توده* کود	2	55.17*	52.17**	2.06*	1.72*	6.5**	34.89**	2.06**	5.06*
Error خطا	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 نشان دهنده معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد هستند.

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

بررسی مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین ارتفاع بوته (۹۲/۶۷ سانتی متر) در توده ماش افغانستان تحت تیمار هیومیک اسید و کمترین ارتفاع بوته (۶۶/۶۷ سانتی متر) تحت تیمار شاهد (بدون کود) در توده ماش ازبکستان مشاهده شد. بین هیومیک اسید و کود دامی از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده نشد (شکل ۲A). بیشترین تعداد برگ (۲۷/۳۳ برگ) تحت تیمار هیومیک اسید در توده ماش افغانستان و کمترین تعداد برگ (۱۴/۶۷ برگ) تحت تیمار شاهد (بدون کود) توده ازبکستان بدست آمد (شکل ۲B). هر دو کود آلی مورد استفاده در این تحقیق طول و عرض برگ ماش را در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی داری افزایش دادند به طوریکه، بیشترین طول و عرض برگ به ترتیب (۱۴/۶۷ و ۱۱/۳۳ سانتی متر) با کاربرد اسید هیومیک در توده ازبکستان و کمترین این صفات (۸/۳ و ۵/۶۷ سانتی متر) در تیمار شاهد (بدون کود) توده ماش افغانستان ظاهر گردید (شکل ۲C-D). بیشترین تعداد شاخه جانبی (۱۲ شاخه در بوته) در توده ازبکستان تحت تیمار هیومیک اسید و کمترین تعداد شاخه جانبی تحت تیمار شاهد (بدون کود) در توده افغانستان (۶/۳۳ شاخه در بوته) بدست آمد (شکل ۲E). بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۵/۳۳ و ۲۴/۳۳) در توده ازبکستان و به ترتیب تحت تیمار هیومیک اسید و کود آلی بدست آمد در حالیکه کمترین تعداد غلاف (۸/۳۳ غلاف در بوته) تحت تیمار شاهد (بدون کود) در توده ماش افغانستان بدست آمد (شکل ۲F). همچنین بیشترین طول غلاف (۱۱/۶۷ سانتی متر) در توده ازبکستان تحت تیمار کود آلی و کمترین طول غلاف (۷ سانتی متر) تحت تیمار شاهد (بدون کود) در توده افغانستان بدست آمد (شکل ۲G). بیشترین تعداد دانه در غلاف (۱۴/۳۳ دانه) تحت تیمار هیومیک اسید در توده ماش ازبکستان و کمترین تعداد دانه در غلاف (۸/۶۷ دانه) تحت تیمار شاهد (بدون کود) در همین توده مشاهده گردید که با توده افغانستان تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۲H).





شکل ۲ تأثیر متقابل توده و کود دامی بر ارتفاع بوته (A)، تعداد برگ (B)، طول برگ (C)، عرض برگ (D)، تعداد شاخه‌چه (E)، تعداد غلاف در گیاه (F)، طول غلاف (G) و تعداد دانه در غلاف (H). میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در سطح ۰/۰۵ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Figure (2) Interaction effect of landrace and fertilizer on plant height (A), leaf number (B), leaf length (C), leaf width (D), number of tendrils (E), number of pods per plant (F), pod length (G), and number of seeds per pod (H). Means with at least one common letter are not significantly different at the 0.05 level of Duncan's range test.

عملکرد و آماس نسبی برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل توده و کود بر صفات وزن هزار دانه و عملکرد گیاه در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) و بر صفات عملکرد زیستی، شاخص برداشت، عملکرد ماده خشک و آماس نسبی برگ در سطح یک درصد ($P < 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر توده و کود بر صفات مورفوفیزیولوژیکی

Table 4: Analysis of variance of the effect of landrace and fertilizer on morphophysiological traits

منابع تغییرات SOV	df	میانگین مربعات Mean square				
		وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
Block بلوک	2	0.170	486.8	223632.4	0.511	1625.6
Landrace (L) توده	1	890.28**	1531366.67**	194749585.1**	4.24 ^{na}	10452506.4**
Fertilizer (F) کود	2	28.67**	410827.42**	73526157.94**	6.10*	4694317.82**
L*F کود*توده	2	3.45*	220584.78*	2462193.27**	49.6**	93321.02**
Error خطا	10	0.7	1832.46	283468.68	1.26	5547.88
R ² ضریب تبیین		0.99	0.99	0.99	0.88	0.99

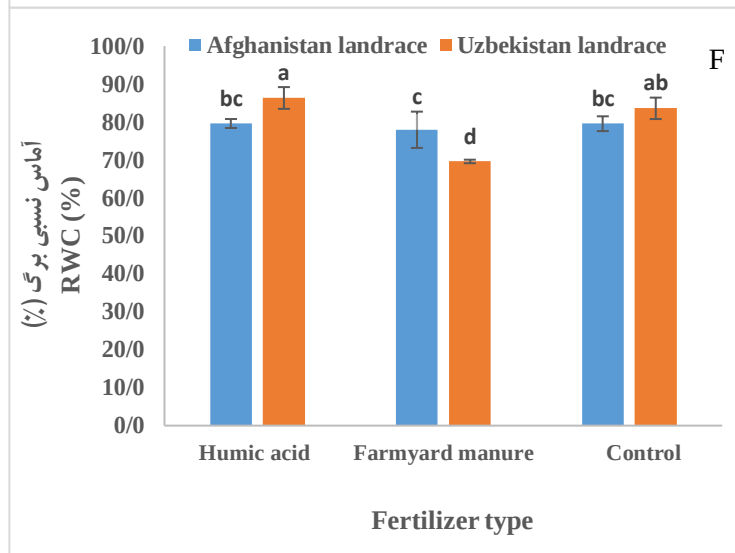
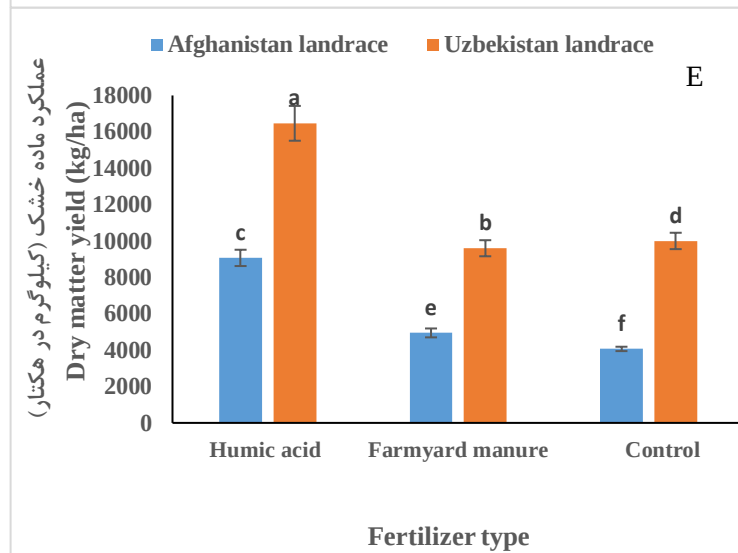
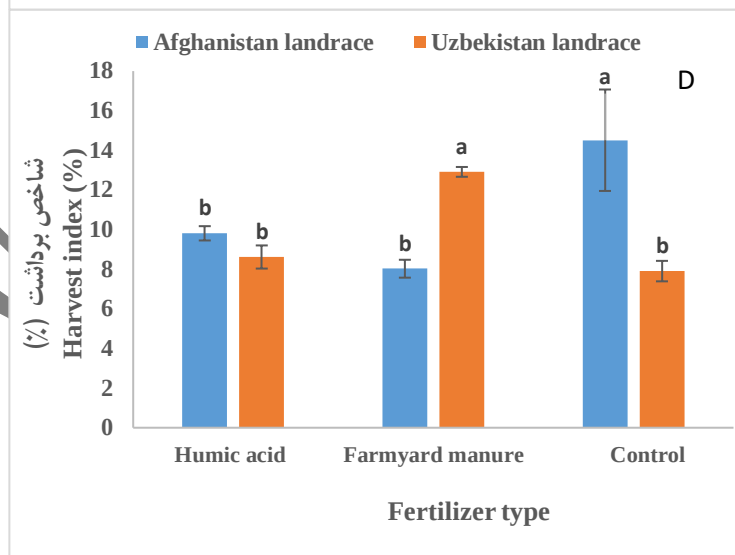
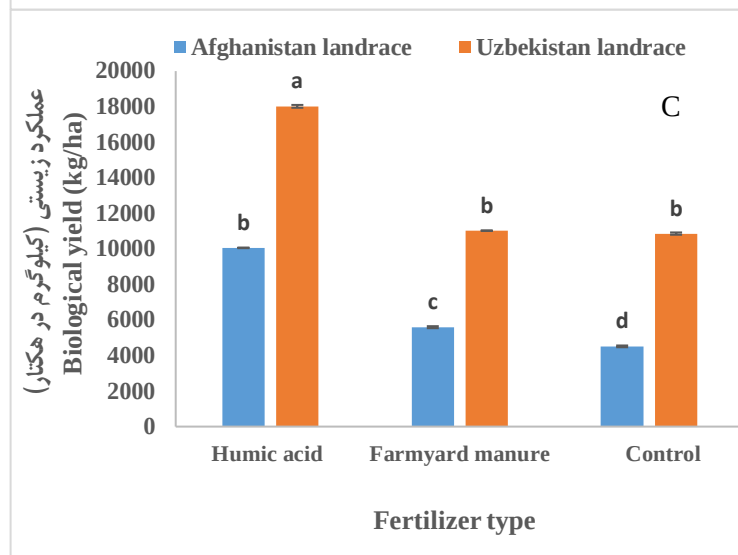
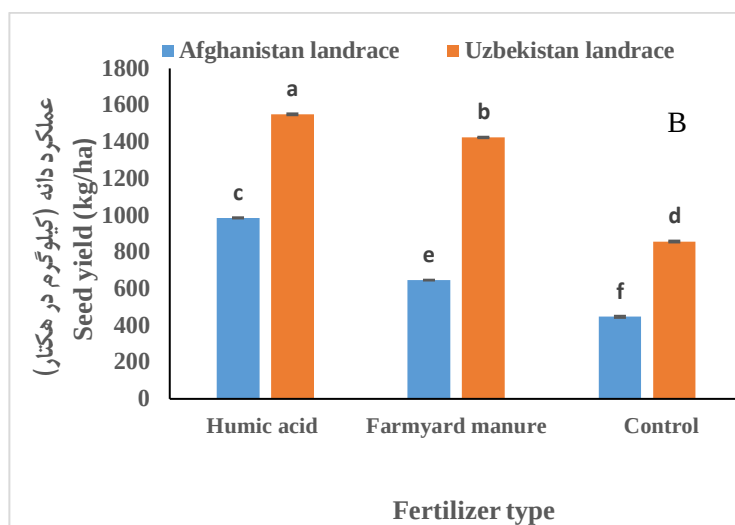
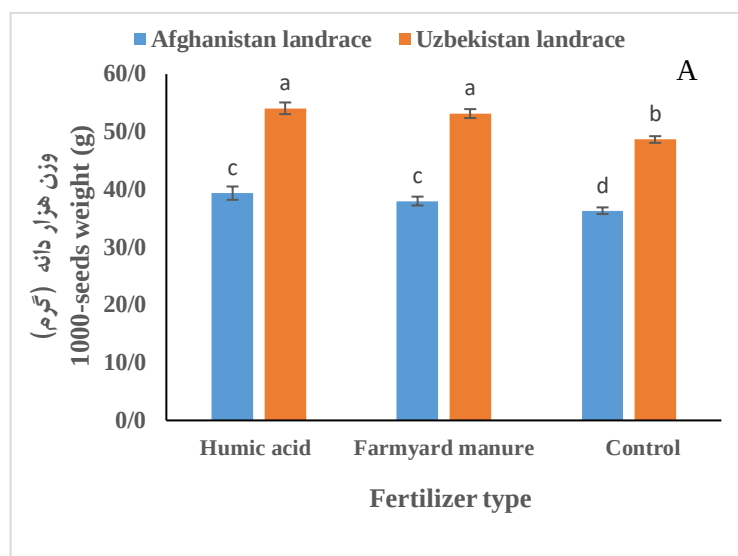
ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد هستند.

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

نتایج بررسی مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در توده ازبکستان تحت تیمار هیومیک اسید (۵۴ گرم) بدست آمد که با تیمار (کود گاوی) درهمین توده (۵۳/۱۶ گرم) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین وزن هزار دانه تحت تیمار شاهد (بدون کود) در توده افغانستان (۳۶/۳۳ گرم) مشاهده گردید (شکل ۳ A). بیشترین عملکرد دانه در توده ازبکستان تحت تیمار هیومیک اسید (۱۵۴۹/۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد (بدون کود) در توده افغانستان (۴۴۷/۲ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (شکل ۳ B). نتایج نشان داد که هیومیک اسید منجر به افزایش عملکرد زیستی گیاه گردید، به‌طوری‌که بیشترین 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 (شکل ۳ C). همچنین بیشترین مقدار شاخص برداشت در توده ازبکستان تحت تیمار هیومیک اسید (۱۴/۵۱٪) و کمترین مقدار

شاخص برداشت تحت تیمار شاهد (بدون کود) در همین توده (۷/۹۱٪) بدست آمد که با توده افغانستان اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳ D). درخصوص عملکرد ماده خشک ، هیومیک اسید توانست در توده ازبکستان بیشترین عملکرد (۱۶۴۶۷ کیلوگرم در هکتار) را منجر شود و کمترین عملکرد ماده خشک (۴۰۶۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد (بدون کود) و توده افغانستان دیده شد (شکل ۳ E). درنهایت استفاده از تیمار هیومیک اسید منجر به افزایش آماس نسبی برگ در هر دو توده ماش گردید، به‌طوری‌که 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).

پیش‌ارائه



شکل ۳ تأثیر متقابل توده و کود دامی بر آماس نسبی برگ (A)، عملکرد دانه (B)، عملکرد زیستی (C)، شاخص برداشت (D)، عملکرد ماده خشک (E) و وزن هزار دانه (F). میانگین هایی با حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵/۰٪ آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

Figure (3) Interaction effect of landrace and fertilizer on relative swelling (A), plant yield (B), biological yield (C), harvest index (D), dry matter yield (E) and thousand-seed weight (F). Means with at least one letter in common are not significantly different at the 0.05 level of Duncan's test.

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد هیومیک اسید به طور معنی داری موجب کاهش دوره ی گلدهی و رسیدگی در هر دو توده ماش گردید، در حالی که اثر معنی داری بر تعداد روز تا سه برگی نداشت. این مشاهده را می توان به ماهیت وابستگی مراحل اولیه ی رشد به ذخایر غذایی بذر نسبت داد؛ چراکه گیاهچه در دوره ی پیش از استقرار کامل، مصرف مواد مغذی خاکی ناچیزی دارد (Woubshet et al., 2017). در مقابل، از مرحله ی رشد رویشی به بعد، نیاز گیاه به عناصر غذایی به شدت افزایش می یابد. هیومیک اسید با بهبود جذب عناصر، توسعه ی سیستم ریشه و افزایش کارایی فتوسنتز، زمینه ی تسریع فرآیندهای رویشی و زایشی را فراهم کرده و در نتیجه، دوره ی رشد گیاه را کوتاه تر نموده است (Ahmad & Khan, 2019). این یافته با گزارش های کامکار و همکاران (Karmakar et al., 2023) بر روی گیاه آهار و نیز یافته های آلتایی و همکاران (Altai et al., 2020) روی ماش همخوانی دارد و نشان می دهد هیومیک اسید با گسترش حجم ریشه و افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی می تواند به عنوان یک عامل زودرس کننده ی مؤثر در شرایط اقلیمی نیمه خشک عمل نماید.

بر اساس نتایج، هیومیک اسید تأثیر معنی داری بر افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ، طول و عرض برگ، تعداد شاخه های جانبی، تعداد غلاف و طول غلاف داشت. این افزایش ها را می توان به نقش چندگانه ی هیومیک اسید در بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی، و القای فعالیت شبه هورمونی (به ویژه افزایش اکسین) نسبت داد (Nardi et al., 2002; Atiyeh et al., 2020; Hosseinzadeh et al., 2016). همچنین، هیومیک اسید با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و بهبود شرایط ریشه زایی، منجر به توسعه ی بهتر اندام های هوایی می گردد (Altai et al., 2020). از طرف دیگر پلیمرهای اسید هیومیک توانایی به هم چسباندن ذرات معدنی خاک را داشته و ضمن ایجاد گرانول های درشت تر، فضای مناسب برای موجودات میکروسکوپی و ماکروسکوپی، نفوذ بیشتر هوا، آب و ریشه را فراهم می کند. در نتیجه این پلیمرها عامل کلیدی در اصلاح ساختار خاک و بهبود رشد گیاه هستند (Gorgini Shabankareh et al., 2017). هم سو با این نتایج، احمدی نورالدین وند (Ahmadi Nouraldinwand et al., 2019) گزارش کردند که هیومیک اسید باعث افزایش تعداد برگ و ارتفاع در گیاه گوار شد. همچنین، کریمی شاهملکی (Kamari Shahmaleki et al., 2010) افزایش تعداد و سطح برگ در کاهو را ناشی از اثرات هورمونی اسید هیومیک دانستند. در این مطالعه کود هیومیک اسید باعث توسعه شاخه های جانبی در گیاه ماش شد. این افزایش احتمالاً ناشی از بهبود رشد ریشه، افزایش جذب عناصر غذایی و

تنظیم فعالیت هورمون‌های رشد بوده است که در نهایت رشد جوانه‌های جانبی و تشکیل شاخه را تقویت کرده است. هیومیک اسید همچنین تعداد غلاف در گیاه ماش را افزایش داد. به نظر می‌رسد 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.

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, Mosleh Arani et al., 2025) و تجمع آسیمیلات‌ها به میزان کافی صورت خواهد گرفت، این 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. به طور کلی، هیومیک اسید 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 هیومیک اسید به طور معنی‌داری تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه را افزایش داد. از آنجا که 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 هیومیک اسید 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 هیومیک اسید و کود آلی، هماهنگی دارد. همچنین، اولکان (Ulukan, 2008) افزایش تعداد دانه در سنبله‌ی گندم و بهشتی و همکاران (Beheshti et al., 2017) افزایش تعداد دانه و وزن دانه در لوبیا را تحت تأثیر هیومیک اسید گزارش کرده‌اند که نشان‌دهنده‌ی اثر عمومی این ماده بر بهبود اجزای عملکرد در گیاهان مختلف می‌باشد.

نتایج نشان داد که هیومیک اسید به طور معنی‌داری عملکرد دانه و عملکرد زیستی را در هر دو توده به‌ویژه در توده ازبکستان افزایش داد. این افزایش را می‌توان به اثرات تجمعی هیومیک اسید بر صفات مؤثر بر عملکرد، شامل تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن هزار دانه و سطح برگ نسبت داد (Al-Ezzi & Al-Obeidi, 2019). همچنین، هیومیک اسید با افزایش کلروفیل، ماندگاری برگ‌ها و بهبود فتوسنتز، تثبیت کربن بیشتری را به همراه داشته و بیوماس 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 به صورت غیرمستقیم نیز با بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذپذیری بستر به آب و هوا، افزایش تبادل کاتیونی و توانایی بافر کردن اسیدیته بستر، باعث افزایش حاصلخیزی خاک شده که افزایش عملکرد گیاه را به دنبال دارند (Gorgini Shabankareh et al., 2017). در تایید این نتایج، افزایش عملکرد زیستی اسفناج (Ayas & Gulser, 2005) و نیز افزایش ۲۵ درصدی عملکرد زیستی گشنیز (Rezakhani & Haji Seyed Hadi, 2017) با کاربرد هیومیک اسید گزارش شده است که بیانگر

آن است هیومیک اسید به عنوان یک محرک زیستی کارآمد، می تواند جایگزین مناسبی برای بخشی از کودهای شیمیایی در سیستم های کشاورزی پایدار محسوب شود.

شاخص برداشت و عملکرد ماده خشک گیاه تحت تأثیر هیومیک اسید به طور معنی داری افزایش یافت. این افزایش نشان دهنده ی کارایی بالاتر انتقال ماده ی خشک به اندام های زایشی است. هیومیک اسید 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 (Moraditochae, 2012) افزایش شاخص برداشت در بادام زمینی را با محلول پاشی هیومیک اسید گزارش کرد که با یافته های ما همسو می باشد. افزایش وزن خشک می تواند نشان دهنده ی افزایش ذخایر کربوهیدراتی در گیاه باشد که به نوبه ی منجر به افزایش ماده خشک تولیدی توسط گیاه می شود (Song et al., 2020).

نتایج این مطالعه نشان داد که آماس نسبی برگ با مصرف هیومیک اسید 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 بافت های خود حفظ و آماس نسبی برگ را افزایش دهد (Ru et al., 2022). همسو با نتایج این پژوهش، پاتانکار و همکاران (Patankar et al., 2024) نیز گزارش کردند که کاربرد هیومیک اسید با بهبود هدایت روزنه ای موجب افزایش آماس نسبی برگ (RWC) و بهبود فعالیت های متابولیکی در ارقام ماش شد.

بر اساس یافته های این تحقیق توده ازبکستان در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به توده بومی افغانستان برتری داشت. این تفاوت را می توان به پتانسیل ژنتیکی بالاتر توده ازبکستان در جذب عناصر و واکنش بهتر به محرک های زیستی نسبت داد. با این حال، توده بومی افغانستان نیز در صفاتی نظیر ارتفاع بوته و تعداد برگ پاسخ خوبی به هیومیک اسید نشان داد که حاکی از قابلیت بهبود این توده با مدیریت تغذیه ای مناسب می باشد.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد کاربرد کود آلی و هیومیک اسید توانست به طور موثر سبب افزایش پارامترهای رشد و عملکرد گیاه ماش گردد. از میان تیمارهای مورد بررسی، هیومیک اسید در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به کود آلی کارایی بهتری داشت؛ به طوریکه 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 دانه در غلاف در این تیمار مشاهده شد. همچنین، هیومیک اسید باعث کاهش معنی دار 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، به طوریکه بیشترین وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، عملکرد ماده خشک و آماس نسبی برگ تحت تیمار هیومیک اسید در این توده دیده شد. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد

هیومیک اسید به میزان ۵ 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.

پیش‌اندیش

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. *J. Agri. Res. Adv*, 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 Nouraldinvand, 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>.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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).
- Feng, Q., Niu, Z., Zhang, S., Wang, L., Qun, S., Yan, Z., ... & 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.
- 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.

- 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).
- 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).
- 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).
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Moraditochae, M. (2012). Effects of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizer management on yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Iran. *ARPJ 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.
- 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.
- Priyadharshini, 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., Sodaieizadeh, H., Yazdani-Biouki, 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.
- 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).
- 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.
- 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).
- 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.
- 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.
- 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.
- 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).
- Singh, T. B., Ali, A., Prasad, M., Yadav, A., Shrivastav, P., Goyal, D., and Dantu, P. K. (2020). Role of organic fertilizers in improving soil fertility. *Contaminants in agriculture: sources, impacts and management*, 61-77.
- 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.
- 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.
- Sodaieizadeh, H., Mosleh Arani, A., Nejadranjbar, A., Gholi Kilaneh, A., Shahab, J., & Sharifi, Z. (2025). 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.
- 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.
- Thomason, W. E., Evanylo, G. K., Zhang, X., Strickland, M.S., Chim, B. K., and 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.
- 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.

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.

پیش از انتشار