University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

The Effect of Hormone Spraying and Bacterial Inoculation on Pinto Bean under Different Temperature and Humidity Conditions

Farzaneh Zamani[1] | Nasser Majnoun Hosseini[2]✉ | Mostafa Oveisi[3]

1. Department of Agriculture and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Corresponding author, Department of Agriculture and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: mhoseini@ut.ac.ir
3. Department of Agriculture and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: May 28, 2023
Received in revised form: April 08, 2023
Accepted: November 19, 2023
Published online: June 21, 2024

Keywords:
Bacillus velezensis,
drought stress,
hormone spraying,
salicylic acid,
sowing date.

ABSTRACT

Pinto bean (*Phaseolus vulgaris*) is being sown in Iran from April to July. To investigate the effect of acetylsalicylic acid (ASA) and *Bacillus velezensis* bacteria on pinto bean yield and yield component, an experiment was conducted as a split-split plots experiment in a randomized complete block design with four replicates in the research farm of the college of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran in 2021 on separate planting dates (mid May and late June). The treatments included two irrigation levels (irrigation 70% and 100% of the plant's water requirement) as the main plot, foliar spraying (ASA hormone at 0.5 mM level and control) as a secondary plot and inoculation with *Bacillus velezensis* bacteria and no inoculation as a secondary subplot. Results of the analysis of variance showed that the interactions of sowing date, irrigation, foliar spraying, and inoculation with bacteria on the traits measured in pinto beans was significant. The maximum plant height (154 cm), number of sub-branches (7), leaf area index (7.3), seed yield (3045 kg/ha), and harvest index (43%), 100 seed weight (37 g), pod number (24) were obtained in mid-May planting date, along with salicylic acid foliar spraying and bacterial inoculation without water stress. The highest biological yield (7997 kg/ha) was obtained under water deficit stress (70% of plant water requirement) and foliar spraying with ASA hormone and inoculation with bacteria, in late June sowing date. Overall, hormone spraying and inoculation with bacteria improved the yield characteristics of pinto bean under drought-stress conditions in both sowing dates.

Cite this article: Zamani, F., Majnoun Hosseini, N., & Oveisi, M. (2024). Effect of hormone spraying and bacterial inoculation on bean plant under different temperature and humidity conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *55*(2), 59-71. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.359792.655006.

© The Authors.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2023.359792.655006.

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

اثر هورمون‌پاشی و تلقیح باکتری بر لوبیاچیتی در شرایط متفاوت دمایی و رطوبتی

فرزانه زمانی[۱] | ناصر مجنون‌حسینی[۲]✉ | مصطفی اویسی[۳]

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: mhoseini@ut.ac.ir

۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:

اسیدسالیسیلیک،

باکتری باسیلوس‌ولزنسیس،

تاریخ کاشت،

تنش کم‌آبیاری،

محلول‌پاشی هورمون.

چکیده

کشت لوبیا چیتی در ایران در ماه‌های مختلف از اردیبهشت تا تیرماه متداول است. به‌منظور بررسی اثر استیل‌سالیسیلیک‌اسید (هورمون ASA) و باکتری باسیلوس ولزنسیس (*Bacillus velezensis*) بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چیتی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۴۰۰ در تاریخ‌های کاشت مجزا (نیمه اردیبهشت و آخر خردادماه) انجام شد. تیمارها شامل دو سطح آبیاری (آبیاری ۷۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) به‌عنوان کرت اصلی، محلول‌پاشی بوته (هورمون ASA در سطح ۰/۵ میلی‌مولار و شاهد) به‌عنوان کرت فرعی و تلقیح بذر با باکتری باسیلوس ولزنسیس و عدم تلقیح به‌عنوان کرت فرعی فرعی بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تاریخ کاشت، آبیاری، محلول‌پاشی هورمون ASA روی بوته و تلقیح بذر با باکتری بر صفات شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، شاخص برداشت گیاه لوبیا چیتی معنی‌دار بود. در تیمارهای بدون تنش آبی، در کشت نیمه اردیبهشت‌ماه بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۵۴ سانتی‌متر)، تعداد شاخه فرعی در بوته (هفت عدد) شاخص سطح برگ (۷/۳)، عملکرد دانه (۳۰۴۵ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت (۴۳٪)، وزن صددانه (۳۷ گرم)، تعداد غلاف در بوته (۲۴ عدد) در اثر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و تلقیح با باکتری به‌دست آمد. بالاترین عملکرد بیولوژیک (۷۹۹۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کشت آخر خردادماه در اثر تنش کم‌آبی (۷۰٪ نیاز آبی گیاه) و محلول‌پاشی با هورمون ASA و تلقیح با باکتری بود. به‌طور کلی، در شرایط تنش کم‌آبی در هر دو تاریخ کاشت کاربرد توام هورمون‌پاشی بوته و تلقیح بذر با باکتری باعث افزایش صفات عملکرد گیاه لوبیا چیتی شد.

استناد: زمانی، ف.، مجنون‌حسینی، ن.، و اویسی، م. (۱۴۰۳). اثر هورمون‌پاشی و تلقیح باکتری بر گیاه لوبیاچیتی در شرایط متفاوت دمایی و رطوبتی. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۵(۲)، ۵۹-۷۱. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.359792.655006

CC BY NC

© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

تغییرات اقلیمی بر تمام بخش‌های کشاورزی تأثیرگذار است و شواهد زیادی وجود دارد که ادامه این روند، آسیب‌پذیری سیستم‌های کشاورزی را افزایش خواهد داد (Hatfield *et al*., 2020). در سال‌های اخیر خطرات مرتبط با تغییرات اقلیمی، عدم اطمینان در مورد تولید محصولات کشاورزی را افزایش داده است؛ تا جایی که مطالعات در مورد پاسخ گیاهان به تغییرات اقلیمی در حال تبدیل‌شدن به حوزه‌های اصلی نگرانی‌های علمی هستند. لوبیا یکی از مهمترین گیاهان خانواده بقولات است که در سرتاسر جهان و ایران کشت می‌شود و در سبد غذایی مردم نقش عمده‌ای دارد. بهره‌وری لوبیا وابسته به شرایط اقلیمی و محیطی مناسب است. تغییر زمان کاشت این محصول می‌تواند شرایط پیش‌بینی‌شده با تغییرات آب و هوایی را فراهم کند، زیرا میانگین دما تغییر کرده، و توامان تاثیر رطوبت و دما در آزمایش‌های مزرعه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیای چیتی در آن شرایط آب و هوایی تعیین می‌شود.

خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و اثرات عمده‌ای بر تولیدات کشاورزی می‌گذارد. در سطح جهان، فقط هفت درصد از کل زمین‌های اختصاص‌یافته به کشت حبوبات دارای آب کافی هستند و ۶۰٪ از تولید زراعی این محصول باارزش پروتئینی تحت شرایط تنش شدید خشکسالی انجام می‌شود (Bourgault *et al*., 2013). لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهمترین گیاهان خانواده بقولات است که در کشورهای در حال توسعه به‌عنوان یکی از منابع غذایی اصلی کشت می‌شود (Sayed, 2003). این گیاه به شرایط آب و خاک و کیفیت آن‌ها بسیار حساس است و عملکرد آن حتی در دوره‌های کوتاه‌مدت تنش خشکی کاهش می‌یابد (Khoshvaghti, 2006). به همین دلیل شناسایی روش‌های بهبود عملکرد لوبیا چیتی در مواجه با تغییرات اقلیمی و بهره‌گیری از عوامل مدیریت تولید در این شرایط، در کنار انتخاب رقم مناسب اهمیت زیادی دارد (Mirzaei *et al*., 2019). خشکی متوسط تا شدید می‌تواند بیوماس، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، عملکرد و وزن دانه لوبیا را تا ۵۰٪ و گاهی حتی بیشتر کاهش دهد (Nazari-Nasi *et al*., 2012).

ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) باعث افزایش بهره‌وری و ایمنی گیاهان می‌شوند، همچنین تحمل سیستمیک (مقاومت) ناشی از تنش‌های غیر زنده از جمله خشکسالی و شوری را فعال می‌کنند (Yang *et al*, 2009). تلقیح حبوبات با میکروارگانیسم‌ها باعث رشد گیاه و بهره‌وری مناسب‌تر تحت شرایط تنش می‌شود. *Bacillus velezensis* با ریشه‌های گیاه مرتبط است، بومی ریزوسفر بوده و فواید زیادی برای گیاهان دارد (Ye *et al*., 2018). ارزش آن برای کاربردهای زراعی در تولید انواع متابولیت‌های ثانویه است که می‌توانند به‌طور غیر مستقیم به عنوان محرک مقاومت سیستمیک و حفظ مواد مغذی مانند نیتروژن، فسفات و آهن باشد، در نتیجه رشد گیاهان را تقویت می‌کند (Borriss *et al*., 2019). بر اساس یافته‌های Abd El-Daim *et al*. (2019)، *Bacillus velezensis* UCMB5113 باعث افزایش تحمل به تنش خشکی در گندم شد. استفاده از سویه‌های مختلف باسیلوس روی ریشه گیاه می‌تواند مقاومت به خشکی را در حبوبات افزایش دهد. این روش، نه تنها از کاهش آسیب از طریق کاهش غلظت اتیلن جلوگیری می‌کند، بلکه یک محیط برای بهبود کلونیزاسیون باکتری و گره‌زایی در ریشه در حبوبات ایجاد می‌کند. این باکتری تخریب ناشی از اتیلن را کاهش داده و باعث بهبود گره‌زایی و استعمار قارچ‌های مایکوریزی در گیاه شنبلیله[1] می‌شود، این استراتژی می‌تواند در لگوم‌هایی که در شرایط خشک کشت می‌شوند مفید باشد (Barnawal *et al*., 2013).

هورمون استیل‌سالیسیلیک‌اسید که از مشتقات مصنوعی اسیدسالیسیلیک است از آسیب گیاهان در برابر تنش‌های مختلف غیر زنده (خشکسالی، شوری، دمای بالا و پایین) جلوگیری کرده و به آنها کمک می‌کند تا در برابر تنش‌های زیستی (عوامل بیماری‌زا) مقاومت ایجاد کنند. اسیداستیل‌سالیسیلیک باعث افزایش مقدار کلروفیل برگ، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم شده است (Matysiak, 2020). نتایج یک بررسی نشان داد که محلول‌پاشی ASA یک استراتژی موثر برای بهبود تحمل گیاهان نخود در برابر تنش خشکی است (Rajabi *et al*., 2012). غلظت‌های سالیسیلیک (SA) و مشتقات آن از نظر فیزیولوژیکی می‌توانند تحمل تنش را در گیاهان ایجاد کنند. در پژوهشی نشان داده شد که بذرهای لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و گوجه‌فرنگی

1. *Trigonella foenum-graecum*

(*Lycopersicon esculentum* L.) آغشته به محلول‌های آبی اسیدسالیسیلیک یا اسیداستیل‌سالیسیلیک (ASA) با غلظت ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌مول به تنش‌های گرما، سرما و خشکسالی مقاومت پیدا کردند (Senaratna *et al.*, 2000).

در سال‌های اخیر خطرات مرتبط با تغییرات اقلیمی، عدم اطمینان در مورد تولید محصولات کشاورزی را افزایش داده است، تا جایی که مطالعات در مورد پاسخ گیاهان به تغییرات اقلیمی در حال تبدیل‌شدن به حوزه‌های اصلی نگرانی‌های علمی هستند. زراعت و تولید لوبیا وابسته به شرایط اقلیمی و محیطی مناسب است. تغییر زمان کاشت این محصول می‌تواند شرایط پیش‌بینی‌شده با تغییرات آب و هوایی را مناسب‌تر کند (Karimi-Azar *et al.*, 2022)، زیرا میانگین دما تغییر خواهد کرد که به همراه آن عملیات مدیریتی، در محیط‌های دارای تنش‌های رطوبتی و دمایی، به کمک تمهیداتی مانند تلقیح بذرهای لوبیا با باکتری ریزوبیومی و یا محلول‌پاشی هورمون‌ها می‌تواند سبب افزایش تحمل گیاه به شرایط متغیر رطوبتی و دمایی شود.

۲. روش‌شناسی پژوهش

محل اجرای این پژوهش، مزرعه آموزشی–پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهر کرج (با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و صفر دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۲ متر) بود. آزمایش طی دو تاریخ کاشت جداگانه در نیمه دوم اردیبهشت و آخر خردادماه ۱۴۰۰ شمسی، به‌صورت کرت دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی اجرا شد. فاکتور اصلی، تیمار آبیاری در دو سطح ۱۰۰٪ و ۷۰٪ نیاز گیاه، فاکتور فرعی تیمار محلول‌پاشی بوته با استیل‌سالیسیلیک‌اسید در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و بدون محلول‌پاشی طی دو مرحله رشد رویشی و زایشی لوبیا (V_3 و R_2)، و فاکتور فرعی فرعی تیمار تلقیح بذر با باکتری (باسیلوس ولزنسیس) و عدم تلقیح بذر بود. اعمال تیمارهای نیاز آبی گیاه براساس نرم‌افزار Crop Wat و محاسبه حجم آب آبیاری با نصب کنتور و میزان دبی تعیین شد. بذرها با جمعیت حاوی سوسپانسیون 10^8 سلول باکتری در داخل ارلن به‌مدت شش ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد درون شیکر تلقیح و پس از خشک‌شدن در سایه، برای کشت به مزرعه منتقل شدند. بذر گیاه لوبیا چیتی، رقم صدری (متحمل به خشکی) از بانک ژن گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران تهیه شد.

پیش از شروع آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری مرکب انجام و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک محل کاشت تعیین شد که پس از انجام عملیات خاکورزی، عناصر مورد نیاز (به‌ترتیب N:P:K و به میزان ۷۵–۱۱۰–۷۵ کیلوگرم کود خالص در هکتار) به خاک مزرعه اضافه شد (جدول ۱). هر کرت آزمایشی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۰ سانتی‌متر در چهار ردیف کاشت به‌طول سه متر آماده شد.

برای ارزیابی تاثیر استفاده از محلول‌پاشی استیل‌سالیسیلیک‌اسید، طی دو مرحله رشد در ۳۰ روز (در مرحله رویشی یا V۳) و ۶۰ روز بعد از کاشت (بعد از گلدهی یا R_2) بخش هوائی بوته‌های لوبیا با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار ASA اسپری شدند. محلول‌پاشی با سمپاش پشتی شارژی ماتابی و جهت پاشش یکنواخت محلول روی بوته از نازل تی‌جت ۱۱۰۰۴vs با عرض پاشش ۱۱۰ درجه و مقدار مصرف آب ۰/۴ گالن آمریکایی در دقیقه استفاده شد. کالیبراسیون سمپاش با سرعت حرکت اپراتور محاسبه شده و دبی سمپاش ۴۰۰ لیتر در هکتار به‌دست آمد. غلظت محلول طوری اندازه‌گیری شد که به‌صورت میانگین ۰/۵ میلی‌لیتر محلول در هر اسپری از فاصله ۲۰ سانتی‌متر بوته‌ها با دمای بین ۲۰–۱۵ درجه‌سانتی‌گراد در صبح پخش شود. استیل‌سالیسیلیک‌اسید با فرمول (CH3CO2)C6H4CO2H ۲–، وزن مولکولی ۱۸۰/۱۶ از شرکت تولیدی Merck[1] تهیه شد.

همچنین در زمان رشد و نمو لوبیا، برخی صفات گیاه مانند متوسط ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، سطح برگ اندازه‌گیری شدند. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (R7) اجزای عملکرد مانند تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و ... از میانگین پنج بوته تصادفی، و صفات عملکرد در واحد سطح یادداشت‌برداری شدند. پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به لوبیا چیتی تست نرمالیته و سپس تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار R-studio (version 4.2)، رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین‌ها بر پایه آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت گرفت.

1. Merck & Co., Kenilworth, NJ, USA

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

	Soil texture	Available K (mg/kg)	Available P (mg/kg)	Total N (%)	O.C (%)	EC (dS/m)	pH
Measured value	Clay loam	145	8.16	0.067	0.58	0.8	8.4
Optimal limit of elements	Loam	>200	>15	>0.2	>1	<4	7.5-6.5

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

۳-۱. ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و شاخه فرعی

در بین تیمارهای مورد بررسی، اثر تاریخ کشت بر ارتفاع بوته و اثرات سه‌گانه آبیاری× هورمون‌پاشی×باکتری در سطح احتمال پنج درصد، و اثرات متقابل تاریخ کشت×هورمون‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین ارتفاع بوته لوبیا چیتی (۱۵۴ سانتی‌متر) در کشت نیمه اردیبهشت‌ماه در شرایط آبیاری نرمال و در تیمار بدون هورمون‌پاشی به‌دست آمد و کمترین میزان آن (۱۱۶ سانتی‌متر) در کشت آخر خردادماه در شرایط تنش کم‌آبی، بدون هورمون‌پاشی و نیز بدون تلقیح با باکتری حاصل شد (شکل ۱-H). اعمال تنش کم‌آبیاری (۷۰٪ نیاز آبی گیاه) باعث کاهش ارتفاع بوته لوبیا شد. کاهش رشد ساقه یک نوع واکنش انطباقی و یک نوع سازگاری در گیاهان برای تکمیل چرخه رشد در شرایط نامطلوب است (Verslues, 2006). اگرچه تنش خشکی از طریق تداخل در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه بر ارتفاع بوته لوبیا تاثیر گذاشت؛ اما هنگامی‌که گیاهان با هورمون استیل‌سالیسیلیک‌اسید (ASA) با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسپری شدند اثر تنش خشکی کمتر بود. افزایش رشد ساقه در نتیجه کاربرد سالیسیلیک‌اسید ممکن است به‌دلیل بهبود پایداری غشا، فعال‌سازی سیستم آنتی‌اکسیدانی و حفاظت از سیستم فتوسنتزی گیاه باشد. علاوه‌براین اثر تلقیح بذرها با باکتری باسیلوس ولزنسیس باعث افزایش ارتفاع لوبیا شد (شکل ۱-H) که می‌تواند در تطابق با یافته محققان دیگر (Khavari & Shakarami, 2019)، به‌دلیل افزایش کلونیزه‌شدن و سطح جذب سیستم ریشه و تغییر در اختصاص منابع بین ریشه و ساقه باشد.

برای صفت تعداد شاخه فرعی فقط اثر جداگانه هر یک از تیمارهای آزمایشی (تاریخ کاشت، آبیاری و تلقیح باکتری) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲ و شکل ۱-S). اعمال تنش کم‌آبیاری (۷۰٪ نیاز آبی گیاه) باعث کاهش ارتفاع بوته لوبیا شد. کاهش رشد ساقه یک نوع واکنش انطباقی و یک نوع سازگاری در گیاهان برای تکمیل چرخه رشد در شرایط نامطلوب بیان شده است (Verslues, 2006). براساس نتایج حاصل بیشترین تعداد شاخه فرعی (هفت عدد در بوته) مربوط به تاریخ کشت اول (نیمه اردیبهشت) با آبیاری ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و استفاده از هورمون با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (در تلقیح با باکتری) بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با عدم تلقیح با باکتری نداشت (شکل ۱-S). همچنین تعداد شاخه فرعی در تاریخ کاشت اول و تیمار شرایط کم‌آبی (نیاز آبی ۷۰٪)، و در کاشت دوم (آخر خرداد) تیمار آبیاری نرمال (نیاز آبی ۱۰۰٪) از لحاظ هورمون‌پاشی و تلقیح با باکتری تفاوت معنی‌داری با بیشترین شاخه فرعی نداشتند (شکل ۱-S). در تاریخ کشت اول، گیاه فرصت بیشتری برای تولید شاخه جانبی داشته است زیرا دمای هوا در اردیبهشت‌ماه کمتر بوده، درنتیجه باعث تحریک رشد رویشی شده و تعداد شاخه جانبی بیشتر شده است. اسیدسالیسیلیک به عنوان یک محرک یا انتقال‌دهنده سلول عمل می‌کند تا در برابر شرایط استرس محیطی مانند خشکی و گرما مقاومت کند. استفاده از محلول‌پاشی به دلیل فراهمی عناصر غذایی بیشتر برای گیاه، تعداد شاخه فرعی را افزایش می‌دهد (Afshoon *et al*., 2022). قرار گرفتن گیاهان در شرایط تنش باعث کاهش مقاومت سیستماتیک آن‌ها می‌شود. با اسپری‌کردن ASA تعداد شاخه فرعی افزایش و حجم برگ نیز بالا می‌رود تا به مقاومت گیاه در اثر تنش‌خشکی کمک کند. این هورمون سیستم ایمنی گیاه را تقویت و با شرایط تنش مقابله می‌کند.

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تاریخ کشت (D)، آبیاری (I)، هورمون‌پاشی (Hs) و تلقیح با باکتری (**Bi**) بر صفات مورفولوژیکی، اجزاء عملکرد و شاخص سطح برگ لوبیا چیتی.

S.O.V.	DF	Plant Height	Number of Sub-Branch	Leaf Area Index (LAI)	Biological Yield	Grain Yield	Harvest Index	100 Grain Weight	Pod Number	Pod Length
Sowing date (D)	1	*676	**11.3	23.5	272223.0	531222.3	**95.1	172.2	20.2	0.56
Block error	3	2596.1	1.87	0.3	37597.7	26150.5	4.47	10.8	0.12	1.73
Irrigation (I)	1	196	**11.4	76.0	**1170724	994756.9	471.3	129.4	42.2	76.5
D *I	1	1089	0.39	8.1	6857851.5	2795751.2	**124.7	0.76	**1.56	33.0
Main error	6	490.8	0.14	0.18	44628.6	46041.7	14.8	8.9	0.11	*3.3
Hormone application (Hs)	1	2.2	54.4	14.8	3633789.0	1843892.4	**151.0	135.1	49.0	42.2
D* Hs	1	992.2	1.26	0.38	1838736	24017.2	14.8	0.014	7.5	*4.0
I* Hs	1	**756.2	0.39	2.9	**531805.5	15450.5	2.9	0.015	0.56	*4.0
D*I*Hs	11	20.2	0.39	0.23	761256.2	38563.1	8.6	11.4	1.0	**16.0
Sub error	12	**419.3	1.7	0.63	120148.9	**91143.7	18.5	7.2	0.45	1.35
Bacteria inoculation (Bi)	1	3.06	**9.7	15.3	**15159342.2	9015306.5	717.9	3347.4	232.5	30.2
D*Bi	1	10.5	1.26	*3.9	198247.5	575663.6	248.4	8.26	16.0	*9.0
I*Bi	1	45.5	0.76	0.87	**1291632.2	**311531.4	6.3	8.26	9.0	1.0
D*I*Bi	1	*612.5	*3.5	*3.9	13398.0	68630.9	1.4	3.5	49.0	3.06
Hs*Bi	1	203.06	0.14	8.06	**1277465.0	712884.7	22.9	3.5	0.56	1.0
D*Hs*Bi	1	1540.1	0.14	*0.63	**2334020.0	**290601.8	0.07	6.9	1.56	0.56
I*Hs*Bi	1	7.5	1.26	0.008	**981090.2	12365.4	3.9	11.4	**7.5	0.56
D*I*Hs*Bi	1	637.5	1.26	*1.6	121104	**321375.6	**98.1	0.39	20.2	0.06
Sub-sub error	24	98.8	1.19	0.52	100210.0	35721.0	11.1	7.1	0.53	1.35
CV (%)		7.33	26.3	19.4	5.03	9.02	10.0	9.0	4.05	9.38

** and * are significant at the probability level of 1 and 5 percent, respectively.

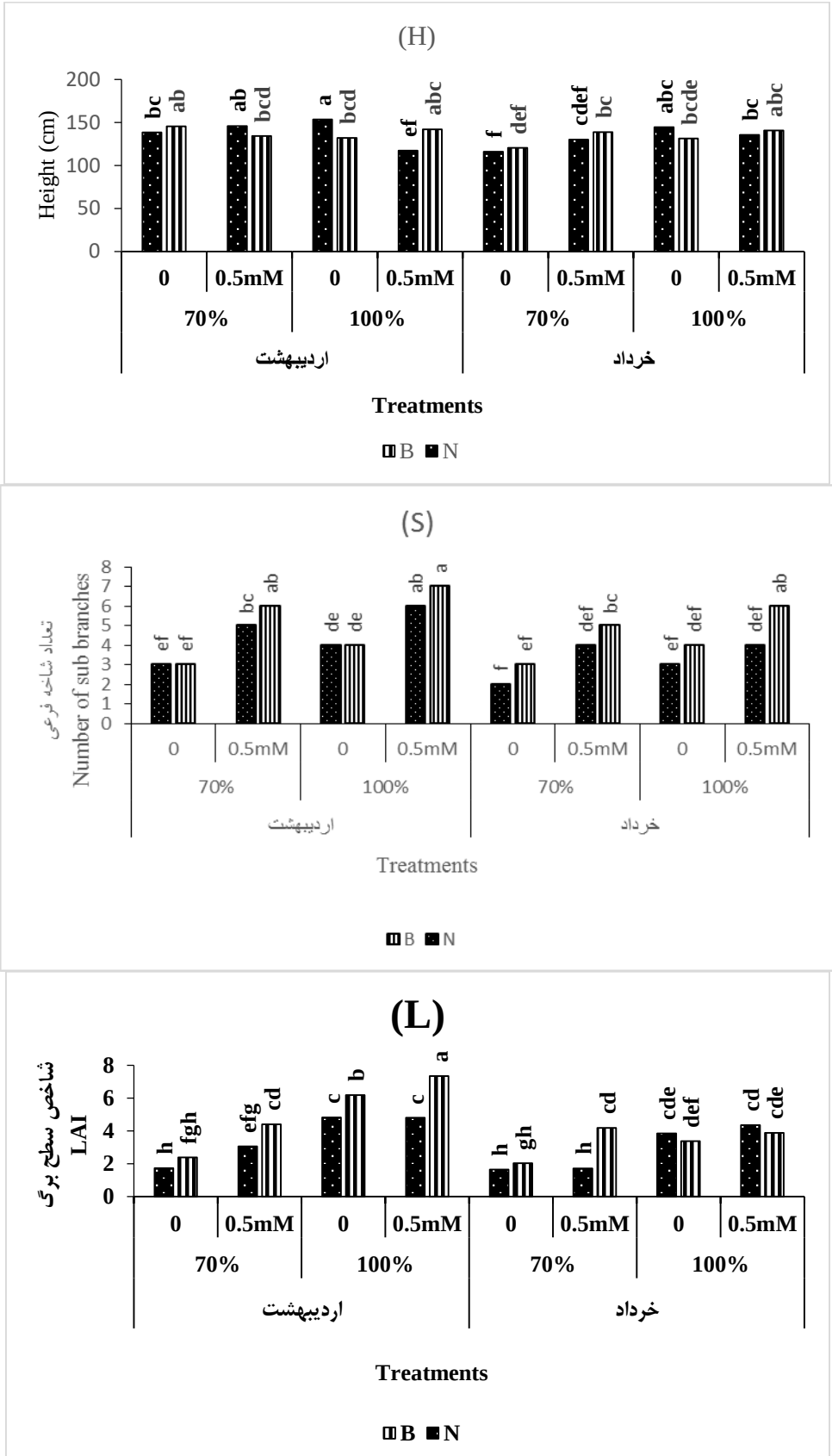
برای صفت شاخص سطح برگ، اثرات جداگانه تیمارها (آبیاری، تاریخ کاشت، هورمون‌پاشی و تلقیح باکتری) غیر معنی‌دار بودند، اما اثرات متقابل دوگانه تاریخ کاشت × تلقیح با باکتری، و اثرات سه‌گانه تاریخ کشت× هورمون‌پاشی× تلقیح با باکتری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیش‌ترین میزان شاخص سطح برگ (۷/۳) در شرایط آبیاری نرمال مربوط به تیمار محلول‌پاشی با هورمون ASA و تلقیح با باکتری در تاریخ کاشت اول به‌دست آمد و کمترین مقدار آن (۱/۶) نیز مربوط به تیمار تنش کم‌آبیاری عدم هورمون‌پاشی و تلقیح در تاریخ کشت دوم بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با استفاده از هورمون نداشتند (شکل ۱–L). میزان سطح برگ به عواملی مانند دما و تنش خشکی و عوامل رشد بستگی دارد (Nohong & Nompo, 2015). تنش خشکی با پایین‌آوردن فشار تورژسانس جلوی انبساط سلولی و رشد آن را به مقدار زیادی می‌گیرد، بنابراین سطح برگ توسعه نمی‌یابد (Taiz *et al*., 2015).

در شرایط تنش کم‌آبیاری و تاریخ کشت خردادماه شاخص سطح برگ در مقایسه با تاریخ کشت اردیبهشت‌ماه در شرایط تنش و آبیاری نرمال کوچکتر بود (شکل ۱–L) که ممکن است بازتابی از دمای بالاتر در کشت آخر خرداد نسبت به کاشت اردیبهشت‌ماه بوده باشد. افزایش شاخص سطح برگ در آبیاری نرمال در تاریخ کاشت اول به این دلیل است که گیاه هورمون سالیسیلیک‌اسید را دریافت کرده، و اسپری‌کردن ASA که از مشتقات هورمون مذکور است، شاخص سطح برگ گیاه لوبیا چیتی را در مقایسه با گیاهان تیمارنشده افزایش داد (شکل ۱–L). پاسخ مشابهی در گیاهان لوبیا چشم‌بلبلی (Afshari *et al*., 2013)، ذرت و سویا (Khan *et al*., 2003) در نتیجه کاربرد ASA گزارش شده است.

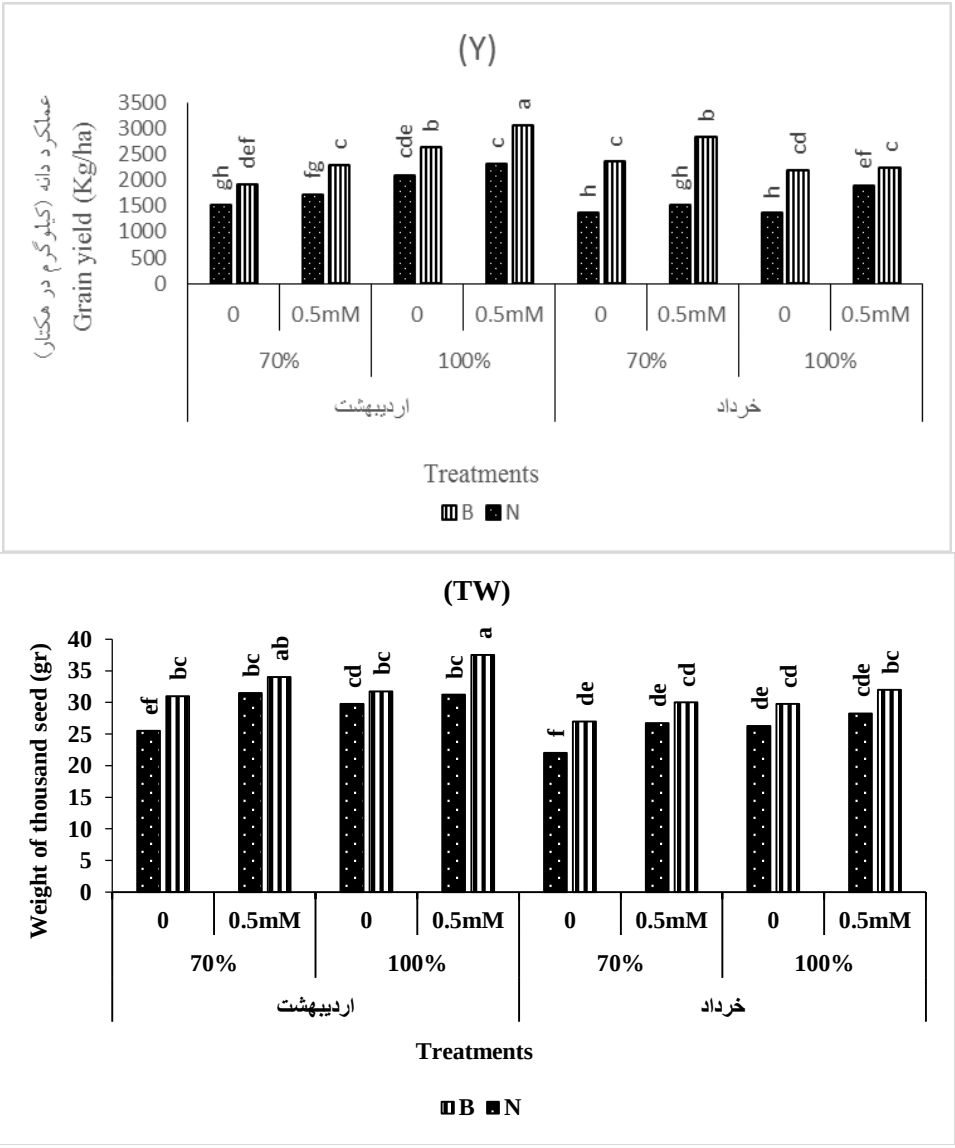
۳–۲. عملکرد دانه و وزن صد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر جداگانه تیمارهای تاریخ کشت، آبیاری، هورمون‌پاشی، استفاده از باکتری و اثرات متقابل تاریخ کشت×آبیاری؛ تاریخ کشت× هورمون؛ و اثرات سه‌گانه تاریخ کشت× آبیاری×باکتری بر صفت عملکرد دانه غیر معنی‌دار بود. اما، اثرات متقابل دوگانه آبیاری×باکتری، و سه‌گانه تاریخ کشت× هورمون‌پاشی × باکتری، همچنین چهارگانه تاریخ کشت× آبیاری× هورمون‌پاشی و تلقیح باکتری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بالاترین عملکرد دانه (۳۰۴۵ کیلوگرم) در تاریخ کشت اول در شرایط آبیاری نرمال مربوط به تیمار ترکیبی هورمون‌پاشی با ASA و تلقیح با باکتری به‌دست آمد. کمترین عملکرد (۱۳۵۶ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت خرداد در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) توام با عدم محلول‌پاشی با هورمون و عدم تلقیح با باکتری حاصل شد که با شرایط تنش کم‌آبی (۷۰٪ نیاز آبی گیاه) در کشت خرداد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲–Y). نتایج نشان داد که هورمون‌پاشی سالیسیلیک‌اسید تأثیر مثبتی روی عملکرد دانه داشت، زیرا هورمون‌پاشی در هر دو تاریخ کشت باعث افزایش عملکرد دانه لوبیا چیتی شد (شکل ۲–Y). استفاده از سالیسیلیک‌اسید در مراحل پر شدن دانه (R5) باعث افزایش عملکرد دانه شد؛ طبق گزارشی، این امر می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های محرک رشد مثل کربنیک‌آنیدراز بوده باشد که این ترکیب به‌طور کامل کاهش سطح اکسین ناشی از خشکسالی را کاهش می‌دهد، بنابراین تأثیر مثبتی بر توده اندام هوایی، گلدهی و عملکرد گیاهان دارد (Matysiak *et al*., 2020).

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای آزمایشی به‌استثنای کاربرد جداگانه تاریخ کشت، آبیاری، هورمون‌پاشی و تلقیح با باکتری از لحاظ آماری بر وزن صددانه لوبیا چیتی تاثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). اما هورمون‌پاشی برگ‌های لوبیا با ASA باعث کاهش تعرق شده، پتانسیل آب گیاه و راندمان مصرف آب را افزایش داد، در نتیجه باعث افزایش وزن صددانه گیاه در تاریخ کشت اول و آبیاری نرمال در مقایسه با عدم هورمون‌پاشی شد (شکل ۲–TW). مشاهدات زیادی نشان از افزایش عملکرد و وزن دانه در اثر کاربرد ترکیبی هورمون و باکتری دارد؛ زیرا این دو ماده از نظر فیزیولوژیکی منجر به رشد گیاه، افزایش تولید آنزیم‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، انحلال فسفر، فعالیت کنترل زیستی، گره‌سازی ریشه و تثبیت نیتروژن می‌شوند (Hashem *et al*., 2019).



شکل ۱. مقایسه میانگین ارتفاع گیاه (H)، تعداد شاخه فرعی (S) و شاخص سطح برگ (L) لوبیا چیتی تحت تیمارهای تاریخ کشت (نیمه اردیبهشت و آخر خرداد)، آبیاری (۷۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه)، محلول‌پاشی (استیل‌سالیسیلیک‌اسید در دو سطح صفر و ۰/۵ میلی‌مولار) و تلقیح بذر و عدم تلقیح با باکتری (به‌ترتیب B و N).

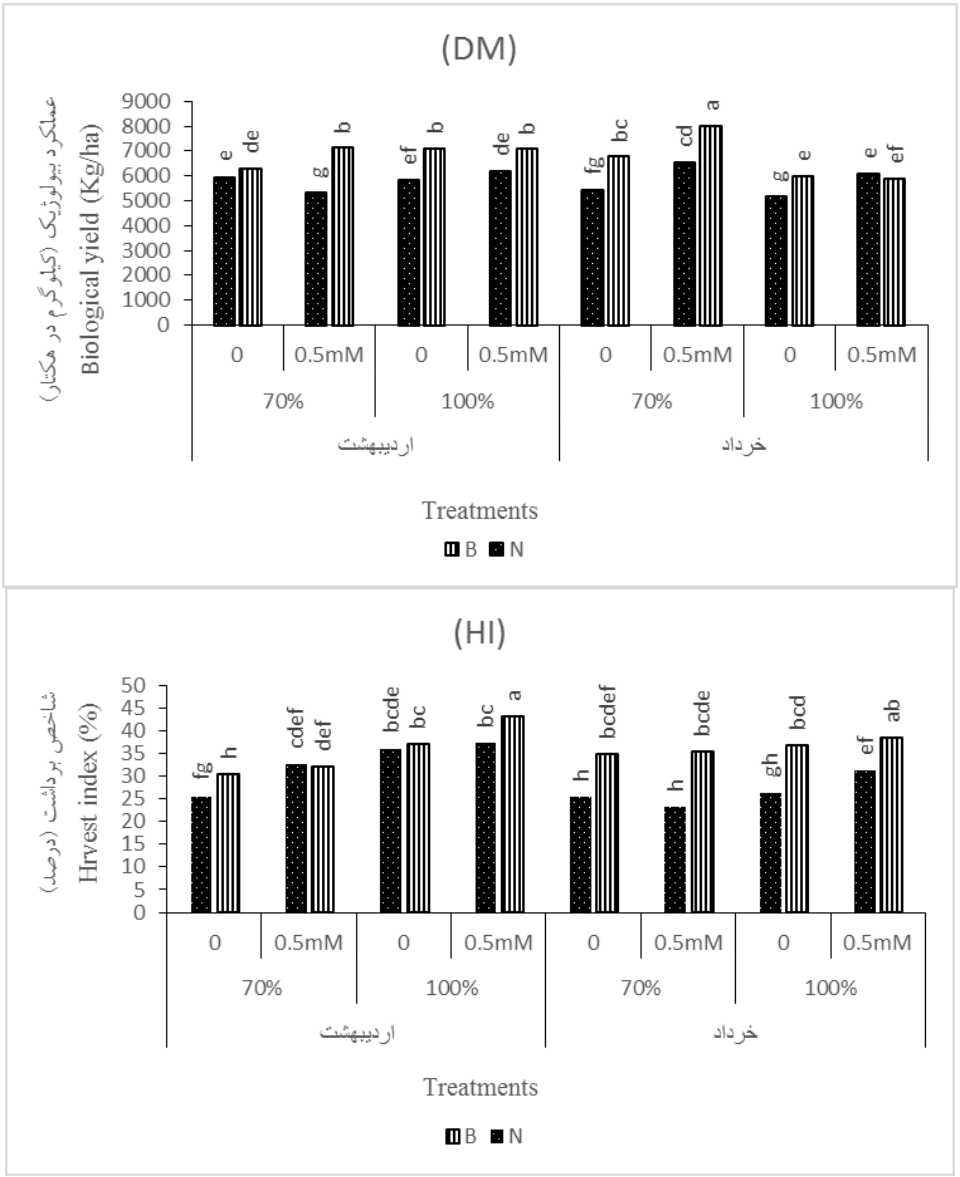


شکل ۲. مقایسه میانگین عملکرد دانه (Y) و وزن صد دانه (TW)، لوبیا چیتی تحت تیمارهای تاریخ کشت (نیمه اردیبهشت و آخر خرداد)، آبیاری (۷۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه)، محلول‌پاشی (استیل‌سالیسیلیک‌اسید در دو سطح صفر و ۰/۵ میلی‌مولار) و تلقیح و عدم تلقیح بذر با باکتری (به‌ترتیب B و N).

۳-۳. عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تیمارهای آبیاری، تلقیح با باکتری، و کاربرد همزمان آبیاری× هورمون‌پاشی، هورمون‌پاشی× تلقیح با باکتری، اثرات سه‌گانه تاریخ کاشت × هورمون‌پاشی× تلقیح، و آبیاری × هورمون‌پاشی× تلقیح در سطح یک درصد بر تولید ماده خشک کل لوبیا (عملکرد زیستی) معنی‌دار بودند (جدول ۲). آنچه مسلم است بیش‌ترین مقدار عملکرد زیستی باید در شرایط آبیاری نرمال و هورمون‌پاشی به‌دست می‌آمد، ولی در این شرایط به علت طولانی‌شدن زمان رشد، برگ‌های پیرتر در قسمت پایینی ریزش کرده و وزن کل بوته‌ها یا عملکرد زیستی کاهش یافت (شکل ۳-DM). اما در شرایط تنش کم‌آبی (۷۰٪ نیاز آبی) استفاده توام از هورمون‌پاشی و باکتری‌های محرک رشد گیاه به جذب آب و مواد غذایی (خصوصا نیتروژن) کمک کرده و نه تنها از کاهش عملکرد بیولوژیک جلوگیری کرد، بلکه باعث افزایش این صفت در هر دو تاریخ کاشت لوبیا چیتی شد (شکل ۳-DM). به‌طور کلی، فعالیت باکتری‌های محرک رشد برای تثبیت نیتروژن باعث ایجاد شبکه ریشه‌ای و به دنبال آن جذب بیشتر آب و عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی شده که از افت عملکرد ناشی از تنش خشکی جلوگیری می‌کند. از طرفی گیاهان لگوم به دلیل داشتن ویژگی تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک‌هایی با رطوبت‌های متفاوت، باعث جذب املاح اسمزی و مقاومت در برابر کم‌آبی می‌شوند که با یافته‌های محققان دیگر (Filipini *et al*., 2021) همخوانی دارد.

برای صفت شاخص برداشت اثرات جداگانه تاریخ کشت، و هورمون‌پاشی، اثرات دوگانه تاریخ کشت× آبیاری و چهارگانه تاریخ کشت× آبیاری×هورمون‌پاشی× تلقیح با باکتری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طور کلی در تاریخ کشت دوم (آخر خرداد) کاهش چشمگیر شاخص برداشت به‌ویژه در شرایط تنش کم‌آبی و تیمارهای بدون تلقیح با باکتری مشاهده شد (شکل ۳-HI). اما در استفاده از هورمون محرک رشد و باکتری تلقیح بذر در شرایط تنش کم‌آبی شاخص برداشت افزایش نشان داد که احتمالا در این تیمارها به دلیل تحریک فعالیت متابولیکی، آنزیم‌ها، سنتز پروتئین روی عملکرد دانه اثر گذاشته و در نهایت شاخص برداشت بیشتر شد (شکل ۳-HI).

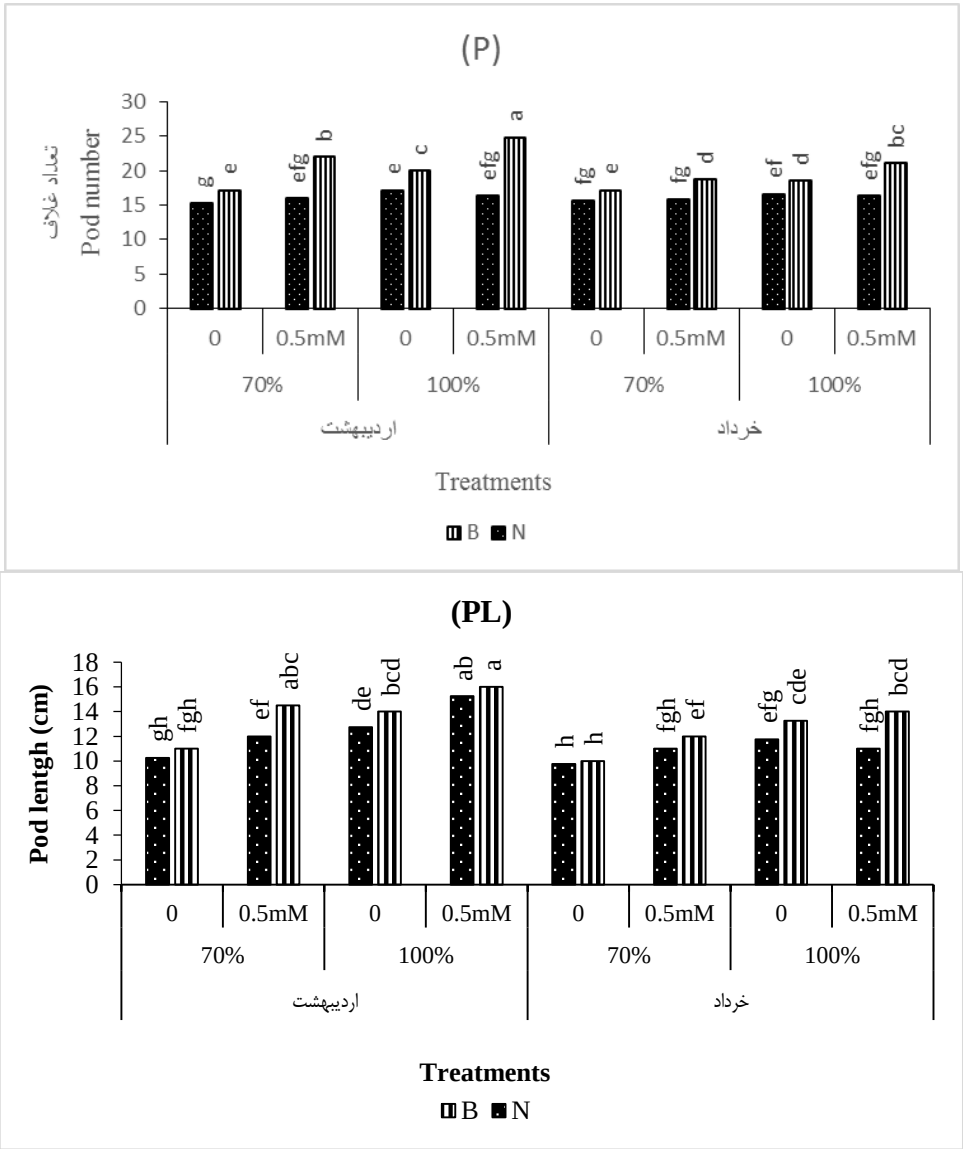


شکل ۳. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (DM) و شاخص برداشت (HI) لوبیا چیتی تحت تیمارهای تاریخ کشت (نیمه اردیبهشت و آخر خرداد)، آبیاری (۷۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه)، محلول‌پاشی (استیل‌سالیسیلیک‌اسید در دو سطح صفر و ۰/۵ میلی‌مولار) و تلقیح و عدم تلقیح بذر با باکتری (به‌ترتیب B و N).

۳-۴. تعداد و طول غلاف

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت، آبیاری، هورمون‌پاشی و باکتری به صورت منفرد روی صفات تعداد غلاف در بوته و طول غلاف غیر معنی‌دار بود (جدول ۲)؛ اما اثرات دوگانه تاریخ کشت×آبیاری بر تعداد غلاف در بوته (در سطح یک درصد) و تاریخ کشت× هورمون‌پاشی، آبیاری × هورمون‌پاشی، تاریخ کشت× باکتری (در سطح پنج درصد)، و اثر سه‌گانه تاریخ

کشت× آبیاری × هورمون‌پاشی بر طول غلاف لوبیا (در سطح احتمال یک درصد) تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۲). در تاریخ کشت اول (نیمه اردیبهشت) از تیمارهای آبیاری نرمال به همراه هورمون‌پاشی و تلقیح بذر با باکتری (۲۵ غلاف در بوته) و در تنش کم‌آبی (۲۲ غلاف در بوته) به‌دست آمد (شکل ۴–P) کمترین تعداد غلاف در بوته در تیمارهای کم‌آبیاری و عدم هورمون‌پاشی و عدم تلقیح باکتری حاصل شد. همچنین در تاریخ کشت اول (نیمه اردیبهشت) از تیمارهای آبیاری نرمال (۱۰۰٪ نیاز آبی) و تنش کم‌آبی (۷۰٪ نیاز آبی) به همراه هورمون‌پاشی + تلقیح بذر با باکتری بیشترین طول غلاف گیاه لوبیا حاصل شد و کمترین طول غلاف در هر دو تاریخ کاشت و دو تیمار آبیاری با عدم هورمون‌پاشی و تلقیح باکتری به‌دست آمد (شکل ۴–PL). عملکرد بالای لوبیا با افزایش تعداد غلاف، اندازه غلاف، تعداد دانه در غلاف و در نهایت وزن دانه مرتبط است. میزان نیتروژن و کربن موجود در اختیار گیاه در طول دوره پر شدن، تعیین‌کننده مقدار این صفات است (Munier-Jolain *et al*., 2008).



شکل ٤. مقایسه‌میانگین تعداد غلاف/بوته (P) و طول غلاف (PL)، لوبیا چیتی تحت تیمارهای تاریخ کشت (اردیبهشت و خرداد)، آبیاری (۷۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه)، محلول‌پاشی (استیل‌سالیسیلیک‌اسید در دو سطح صفر و ۰/۵ میلی‌مولار) و تلقیح و عدم تلقیح با باکتری (به‌ترتیب B و N).

۴. نتیجه‌گیری

بیشترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و بیشترین میزان شاخص سطح برگ لوبیا چیتی در تاریخ کشت اول (نیمه اردیبهشت‌ماه) و در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) حاصل شد که در نتیجه دمای هوای معتدل‌تر و تحریک رشد رویشی گیاه در

اردیبهشت‌ماه نسبت به کشت دوم (آخر خردادماه) بوده است. اما کمترین میزان این صفات در کشت دوم و در تیمارهای تنش کم‌آبی (۷۰٪ نیاز آبی گیاه)، بدون هورمون‌پاشی و بدون تلقیح بذر با باکتری حاصل شد که می‌تواند به دلیل شرایط استرس خشکی و گرما بر گیاه لوبیا بوده باشد. البته وقتی که هورمون‌پاشی با اسیدسالیسیلیک انجام گرفت به دلیل فراهمی عناصر غذایی بیشتر برای گیاه، میانگین این صفات افزایش یافت (شکل ۱). همین‌طور، بالاترین عملکرد دانه لوبیا چیتی (۳۰۴۵ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت در تاریخ کشت اول و در شرایط آبیاری نرمال مربوط به تیمار ترکیبی هورمون‌پاشی با اسیدسالیسیلیک و تلقیح با باکتری بود و کمترین عملکرد دانه (با ۵۵٪ کاهش) در تاریخ کاشت دوم و در شرایط آبیاری نرمال، بدون کاربرد هورمون‌پاشی بوته و عدم تلقیح بذر با باکتری حاصل شد. این بررسی نشان داد که هورمون‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در هر دو تاریخ کاشت تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه و شاخص برداشت لوبیاچیتی داشته است (شکل ۲). علاوه‌براین، عملکرد بیولوژیک گیاه لوبیا چیتی که در شرایط تنش کم‌آبی کاهش داشت، در تیمارهای کاربرد توام هورمون‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و تلقیح بذر با باکتری، در هر دو تاریخ کاشت، شاید به‌دلیل تحرک رشد گیاه و جذب آب و مواد غذایی، افزایش نشان داد (شکل ۳). به‌طور کلی، در این بررسی بهبود صفات رویشی (ارتفاع، شاخه فرعی و سطح برگ)، عملکرد (دانه و ماده خشک)، و برخی اجزای عملکرد لوبیا چیتی (طول غلاف‌ها و تعداد غلاف در بوته) در تیمارهای تلقیح همزمان محلول‌پاشی بوته و تلقیح بذر باکتری مشاهده شد (شکل ۴). این نشان می‌دهد که ترکیب محلول‌پاشی بوته توام با تلقیح بذر با باکتری یک فناوری امیدوارکننده است که می‌تواند مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی در شرایط مزرعه به‌ویژه در شرایط متغیر رطوبتی (تنش کم‌آبی) و دمایی (تغییر تاریخ کاشت) به‌وجود آورد. علاوه‌براین تاریخ کاشت مناسب عامل مهم مدیریتی در تولید محصول لوبیا چیتی است و کشت زودهنگام در اردیبهشت‌ماه باعث مکانیسم فرار گیاه از افزایش دما در طول دوره رشد رویشی و زایشی حتی در شرایط تنش آبی خواهد شد.

۵. منابع

Abd El-Daim, I.A., Bejai, S., & Meijer, J. (2019). *Bacillus velezensis* 5113 induced metabolic and molecular reprogramming during abiotic stress tolerance in wheat. *Scientific Reports*, *9*(1), 16282.

Afshari, M., Shekari, F., Azimkhani, R., Habibi, H., & Fotokian, M.H. (2013). Effects of foliar application of salicylic acid on growth and physiological attributes of cowpea under water stress conditions. *Iran Agricultural Research*, *32*(1), 55-70. (In Persian).

Afshoon, E., Majnoun Hosseini, N., Bayati, K., Rabieian, E., & Khaldari, I. (2022). Effect of micronutrients spraying and planting density on yield and yield components of red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at Karaj conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *53*(1), 85-96. (In Persian).

Barnawal, D., Maji, D., Bharti, N., Chanotiya, C.S., & Kalra, A. (2013). ACC deaminase-containing *Bacillus subtilis* reduces stress ethylene-induced damage and improves mycorrhizal colonization and rhizobial nodulation in *Trigonella foenum-graecum* under drought stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, *32*(4), 809-822.

Borriss, R., Wu, H., & Gao, X. (2019). Secondary metabolites of the plant growth promoting model rhizobacterium *Bacillus velezensis* FZB42 are involved in direct suppression of plant pathogens and in stimulation of plant-induced systemic resistance. *Secondary metabolites of plant growth promoting Rhizomicroorganisms: Discovery and applications*, 147-168.

Bourgault, M., Madramootoo, C.A., Webber, H.A., Horst, M.G., Stulina, G., & Smith, D.L. (2007). Legume production and irrigation strategies in the Aral Sea Basin: Yield, yield components and water relations of common bean (*Phaseolus vulgaris*) and green gram (*Vigna radiata*). *Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches*, *1*(56).

Filipini, L.D., Pilatti, F.K., Meyer, E., Ventura, B.S., Lourenzi, C.R., & Lovato, P.E. (2021). Application of *Azospirillum* on seeds and leaves, associated with *Rhizobium* inoculation, increases growth and yield of common bean. *Archives of Microbiology*, *203*, 1033-1038.

Food and Agriculture Organization (2012). *Economics of plant genetic resource management for adaptation to climate change.* A review of selected literature, by S. Asfaw and L. Lipper. From https://www.fao.org/docrep/015/an649e/an649e00.pdf.

Hashem, A., Tabassum, B., & Abd_Allah, E.F. (2019). *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *26*(6), 1291-1297.

Hatfield, J.L., Antle, J., Garrett, K.A., Izaurralde, R.C., Mader, T., Marshall, E., & Ziska, L. (2020). Indicators of climate change in agricultural systems. *Climatic Change*, *163*(4), 1719-1732.

Karimi-Azar, M., Majnoun Hosseini, N., & Bihamta, M.R. (2022). Effect of nitrogen fertilizer in normal irrigation and drought stress on bean cultivars (*Phaselous vulgaris*) at Karaj conditions. M.Sc. Thesis in Agronomy, University of Tehran. Pp.105.

Khan, W., Prithiviraj, B., & Smith, D.L. (2003). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, *160*(5), 485-492.

Khavari, H., & Shakarami, G. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal and azotobacter chroococcum on growth and yield of red bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, *11*(38), 118-131. (In Persian).

Khoshvaghti, H. (2006). Effects of water limitation on growth rate, grain filling and yield of three pinto bean cultivars. M.Sc. Dissertation, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Iran. (In Persian).

Martins, M.A., Tomasella, J., & Dias, C.G. (2019). Maize yield under a changing climate in the Brazilian Northeast: Impacts and adaptation. Agric. *Water Management*, *216*, 339–350.

Matysiak, K., Siatkowski, I., Kierzek, R., Kowalska, J., & Krawczyk, R. (2020). Effect of foliar applied acetylsalicilic acid on wheat (*Triticum aestivum*) under field conditions. *Agronomy*, *10*(12), 1918; From https://doi.org/10.3390/agronomy10121918.

Mirzaei, S., Majnoun Hosseini, N., & Mirabzade, M. (2019). Study the effect of water deficit and nitrogen fertilizer application on yield and growth of pinto bean (*Phaselous vulgaris*). M.Sc. Thesis in Agronomy, University of Tehran. Pp.110.

Munier-Jolain, N., Larmure, A., & Salon, C. (2008). Determinism of carbon and nitrogen reserve accumulation in legume seeds. *Comptes Rendus Biologies*, *331*(10), 780-787.

Nazari-Nasi, H., Jabbari, F., Azimi, M.R., & Norouzian, M. (2012). Evaluation of drought stress on cell membrane stability, photosynthesis rate, relative water content and seed yield in four pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *43*(3), 491-199. (In Persian).

Nohong, B., & Nompo, S. (2015). Effect of water stress on growth, yield, proline and soluble sugars contents of signal grass and napier grass species. *American -Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, *9*(5), 14-21.

Rajabi, L., Sajedi, N.A., & Roshandel, M. (2012). Response of yield and yield components of dried peas to salicylic acid and superabsorbent polymers. *J. Crop Prod. Res*., *4*, 343-354. (In Persian).

Sayed, O.H. (2003). Chlorophyll flourscence as a tool in cereal research. *Photosynthetica*, *3*, 321-330.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, *30*(2), 157-161.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates, Sunderland, CTI. Pp. 888.

Verslues, P.E., Agarwal, M., Katiyar - Agarwal, S., Zhu, J., & Zhu, J.K. (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal*, *45*(4), 523-539.

Yang, J., Kloepper, J.W., & Ryu, C.M. (2009). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends Plant Science*, *14*, 1–4.