Vol 28, No. 2, Summer 2026

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

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

Improvement of morphological traits and yield of lentil genotypes under the influence of amino acids in different irrigation regimes

Heidar Sharifi[1] | **Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy**[2]✉ | **Ali Heidarzadeh**[3]

1. Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: h_sharifi@modares.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: modaresa@modares.ac.ir
3. Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: ali.heidarzadeh@modares.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 26 July 2025
Received in revised form
26 December 2026
Accepted 11 May 2026
Published online 22 June 2026

Keywords:
Proline
Seed yield
Valine
Water deficit stress

ABSTRACT

Objective: Drought stress severely limits lentil productivity in arid and semi-arid regions. This study evaluated the effects of foliar application of proline and valine on morphological traits and yield of lentil genotypes under full irrigation and water deficit conditions.

Methods: A field experiment was conducted over the 2022 and 2023 growing seasons in Kohin, Qazvin Province, Iran, using a factorial split-plot design with three replications. Treatments comprised two irrigation regimes (full irrigation and water deficit), four lentil genotypes (Sabzpardis, Bilehsavar, Sepehr, and FLIP 590), and three foliar treatments (proline, valine, and distilled water at 1 g L^{-1}) applied at flowering and pod formation. The irrigation levels and lentil genotypes were arranged factorially in the main plots, while the foliar application treatments were assigned to the subplots. The experimental site was characterized by a semi-arid climate with low rainfall and relatively high temperatures during the growing season.

Results: Water deficit reduced total biomass and plant dry weight by 35% and 34%, respectively. Sabzpardis exhibited the highest grain yield under both irrigation regimes, attributed to superior total biomass (15%), plant dry weight (11%), pod dry weight (16%), and seed dry weight (11%). Both amino acids alleviated drought effects, but proline was more effective, increasing total biomass by 33%, seed dry weight by 47%, and grain yield by 30%. Maximum grain yield (1341 kg ha^{-1}) was recorded for Sabzpardis under full irrigation with amino acid application, while FLIP 590 yielded only 564 kg ha^{-1} under the same conditions. Foliar amino acids enhanced grain yield by 17–45% depending on genotype and stress severity.

Conclusions: Cultivation of the Sabzpardis genotype combined with proline foliar application is recommended as a sustainable strategy to enhance drought tolerance and lentil productivity in arid and semi-arid regions.

Cite this article: Sharifi, H., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Heidarzadeh, A. (2026). Improvement of morphological traits and yield of lentil genotypes under the influence of amino acids in different irrigation regimes. *Journal of Crops Improvement*, 28 (2), 199-221. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2026.399438.2944

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2026.399438.2944

دوره بیست و هشتم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۵

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

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

بهبود خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد ژنوتیپ‌های عدس تحت تأثیر آمینواسیدها در رژیم‌های مختلف آبیاری

حیدر شریفی[۱] | سید علی محمد مدرس ثانوی[۲]✉ | علی حیدرزاده[۳]

۱. گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: h_sharifi@modares.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: modaresa@modares.ac.ir
۳. گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: ali.heidarzadeh@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۰۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:
پرولین
تنش کم‌آبی
عملکرد دانه
والین

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف بررسی نقش محلول‌پاشی آمینواسید پرولین و والین در بهبود ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد دانه عدس تحت شرایط آبیاری کامل و تنش کم‌آبی انجام شد. اهمیت این موضوع در آن است که خشکی یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های تولید عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است و استفاده از ترکیبات زیستی مانند آمینواسیدها می‌تواند راه‌کاری مؤثر برای افزایش سازگاری گیاه و پایداری عملکرد باشد.

روش پژوهش: آزمایش طی سال‌های زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در اراضی کوهین استان قزوین در ایران، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل دو سطح آبیاری (کامل و تنش کم‌آبی)، چهار ژنوتیپ عدس (سبزپردیس، بیله‌سوار، سپهر و FLIP 590) و سه سطح محلول‌پاشی (پرولین، والین و شاهد با آب مقطر) بود. محلول‌پاشی با غلظت یک گرم در لیتر در دو مرحله حساس رشدی (شروع زایشی و ۱۰ روز پس از گل‌دهی) اعمال گردید. سطوح آبیاری و ژنوتیپ‌های عدس به‌صورت ترکیب فاکتوریل در کرت‌های اصلی و عامل محلول‌پاشی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. اقلیم منطقه آزمایش نیمه‌خشک با بارندگی محدود و میانگین دمای بالای فصل رشد بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تنش کم‌آبی کاهش معناداری در اغلب صفات ایجاد کرد، به‌گونه‌ای که زیست‌توده کل، وزن خشک بوته، به‌ترتیب ۳۵ و ۳۴ درصد کاهش یافتند. ژنوتیپ سبزپردیس به‌دلیل زیست‌توده بالاتر (۱۵ درصد)، وزن خشک بوته (۱۱ درصد)، وزن خشک غلاف (۱۶ درصد) و وزن خشک دانه (۱۱ درصد) بیش‌ترین عملکرد دانه را در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش کم‌آبی تولید کرد و به‌عنوان بهترین ژنوتیپ معرفی شد. محلول‌پاشی پرولین و والین اثرات مثبتی بر کاهش خسارت تنش داشتند، به‌ویژه پرولین موجب افزایش زیست‌توده کل (۳۳ درصد)، وزن خشک دانه (۴۷ درصد) و عملکرد دانه (۳۰ درصد) شد. بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل همراه با محلول‌پاشی آمینواسید در ژنوتیپ سبزپردیس به‌دست آمد (۱۳۴۱ کیلوگرم در هکتار) در حالی‌که ژنوتیپ FLIP 590 در همین شرایط ۵۶۴ کیلوگرم در هکتار تولید نمود. به‌طور کلی، محلول‌پاشی امینواسیدها توانست عملکرد را بسته به ژنوتیپ و سطح تنش بین ۱۷ تا ۴۵ درصد افزایش دهد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان داد انتخاب ژنوتیپ سبزپردیس همراه با محلول‌پاشی پرولین می‌تواند به‌عنوان راه‌کاری پایدار برای مقابله با کم‌آبی، افزایش بهره‌وری منابع آبی و بهبود عملکرد عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک توصیه شود.

استناد: شریفی، حیدر؛ مدرس ثانوی، سیدعلی محمد و حیدرزاده، علی (۱۴۰۵). بهبود خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد ژنوتیپهای عدس تحت تأثیر آمینواسیدها در رژیم‌های مختلف آبیاری. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۸ (۲)، ۱۹۹-۲۲۱. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2026.399438.2944

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

حبوبات، از خانواده Fabacae، سرشار از ویتامین‌ها و مواد معدنی مختلف، از جمله ویتامین‌های B، آهن، منیزیم، پتاسیم و روی، منبع اقتصادی فیبر غذایی، مواد مغذی گیاهی و پروتئین هستند که برای الگوهای غذایی گیاهی یا انعطاف‌پذیر مهم می‌باشند (مارجییر[1] و همکاران، ۲۰۱۸). عدس[2] با حدود ۲۸ درصد پروتئین یکی از مهم‌ترین حبوبات است و به‌عنوان به‌عنوان مکملی برای غلات و منبع مناسب جهت تامین پروتئین و آمینواسیدها در رژیم غذایی کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود و به سبب توانایی تثبیت نیتروژن (بابر[3] و همکاران، ۲۰۲۳) موجب افزایش حاصلخیزی خاک شده و در تناوب با برخی گیاهان زراعی به‌ویژه غلاتی مانند گندم و جو بهبود و پایداری عملکرد را به‌دنبال دارد (کوئین[4]، ۲۰۰۹). تولید جهانی عدس در سال ۲۰۲۳ در جهان حدود ۷/۲ میلیون تن بود و در مناطق وسیعی از جهان مانند کشورهای هند، کانادا، استرالیا، ترکیه، قزاقستان، امریکا، نپال، روسیه، بنگلادش و ایران کشت می‌شود و به‌خاطر گستردگی کشت دیم آن در سراسر جهان، با محدودیت‌های محیطی از جمله تنش کم‌آبی مواجه خواهد شد (فائو[5]، ۲۰۲۳).

۲. پیشینهٔ پژوهش

دماهای شدید، خشک‌سالی، سیل، شوری و تنش فلزات سنگین، به‌عنوان عوامل غیرزنده محیطی بر رشد و تشکیل عملکرد گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارند (ووقان[6] و همکاران، ۸۲۰۱؛ ظفر[7] و همکاران، ۲۰۱۸). انتظار می‌رود تغییرات آب‌وهوایی باعث افزایش دما و افزایش شدید بارندگی و هم‌چنین افزایش خطر خشک‌سالی بیش‌تر در مناطق نیمه‌گرمسیری شود (دونات[8] و همکاران، ۲۰۱۶). تنش خشکی یکی از چالش‌های اصلی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران است که به‌طور جدی بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر می‌گذارد (بارتلت[9] و همکاران، ۲۰۱۷). این تنش با اختلال در فرایندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه، کاهش تولید محصولات زراعی را به‌دنبال دارد (قدیرنژاد شیاد[10] و همکاران، ۲۰۲۳) گیاهان به روش‌های مختلف در پاسخ به تنش خشکی، مانند تغییر در الگوی رشد، مورفولوژی گیاه و مکانیسم‌های دفاعی سازگار می‌شوند (زندالیناس[11] و همکاران، ۲۰۱۸). یکی از رایج‌ترین اثرات منفی تنش خشکی بر محصولات، کاهش تولید زیست‌توده تر و خشک است. این موضوع به‌طورعمده به‌دلیل کاهش سطح برگ رخ می‌دهد که منجر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌شود (فاروق[12] و همکاران، ۲۰۱۲؛ فاطیما[13] و همکاران، ۲۰۲۳). تنش خشکی با مهار تقسیم و طویل شدن سلولی، رشد گیاه و تجمع زیست‌توده را به‌طور قابل توجهی مختل می‌کند (وسیلوسکا ایوانوا[14] و همکاران، ۲۰۱۶). علاوه بر این، تنش خشکی در گیاه عدس منجر به افزایش سنتز املاح

1. Margier
2. *Lens culinaris* Medik.
3. Baber
4. Quinn
5. FAO
6. Vaughan
7. Zafar
8. Donat
9. Bartlett
10. Ghadirnezhad Shiade
11. .Zandalinas
12. Farooq
13. Fatima
14. Vassilevska-Ivanova

سازگار مانند پرولین، گلیسین بتائین و قندهای محلول می‌شود (نور[1] و همکاران، ۲۰۲۴). پژوهش‌گران مختلفی گزارش کردند که تنش خشکی با تغییر صفات مختلف مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی باعث کاهش عملکرد دانه عدس می‌شود (الحداد[2] و همکاران، ۲۰۲۱؛ نور و همکاران، ۲۰۲۴). تنش آبی موجب کاهش زیست‌توده در زرین گیاه[3] (حیدرزاده[4] و همکاران، ۲۰۲۲)، پروتئین علوفه در شبدر ایرانی (مرادی قهدریجانی[5] و همکاران، ۲۰۲۴)، عملکرد روغن، میزان فتوسنتز و عملکرد دانه در کلزا (فیاض و همکاران، ۱۴۰۴ و ۱۴۰۳)، کارایی کوانتومی فتوسیستم II در گل‌گاوزبان اروپایی[6] (نقوی و همکاران، ۱۴۰۳) و عملکرد دانه در کامِلینا (مومنی شیجانی و همکاران، ۱۴۰۳؛ عابدی و همکاران، ۱۴۰۴) می‌شود. افزون بر این، تنش آبی موجب افزایش کربوهیدرات‌های محلول در آب و الیاف شوینده خنثی در زرین گیاه شده است (حیدرزاده و همکاران، ۱۴۰۰).

در شرایط کم‌آبی به‌ویژه شرایط دیم، کاهش تعداد دانه در بوته ناشی از کاهش تعداد گل‌های تشکیل‌شده در بوته، کاهش تعداد گل‌های لقاح‌یافته و در نهایت کم‌شدن تعداد دانه‌های پرشده است. کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش و کاهش میزان مواد فتوسنتزی تولیدشده باعث کاهش تولید گل در بوته شده هم‌چنین به‌واسطه کمبود این مواد در مرحله پرشدن دانه، دانه‌ها پرنشده و غلاف‌ها خالی باقی می‌مانند و سقط دانه در غلاف رخ می‌دهد که باعث کاهش تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه می‌شود (پراساد[7] و همکاران، ۲۰۱۷).

برای کاهش و یا تحمل تنش خشکی راه‌کارها و تکنیک‌های زراعی مختلفی مانند شیوه‌های کشاورزی حفاظتی، کوددهی و تاریخ کاشت به‌موقع، افزایش بذر، و استفاده از ریزوباکتری‌های تقویت‌کننده گیاه، قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار و آمینواسیدها در غلبه بر اثرات نامطلوب تنش خشکی مفید هستند. هم‌چنین پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که آمینواسیدهای والین و پرولین می‌توانند نقش مهمی در کاهش اثرات منفی تنش خشکی داشته باشند و به‌عنوان یک راه‌کار کارآمد برای بهبود مقاومت گیاهان به تنش خشکی مطرح شده است. این آمینواسیدها با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، بهبود سنتز پروتئین‌ها و تقویت ساختار سلولی گیاهان، منجر به بهبود وضعیت فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه عدس می‌شوند (فیاض و همکاران، ۱۴۰۴؛ محمدی[8] و همکاران، ۲۰۱۹) و می‌توانند به تنظیم فشار اسمزی، تثبیت غشاها و بهبود متابولیسم سلولی کمک کنند که این موارد می‌تواند در شرایط تنش خشکی به بهبود عملکرد گیاهان منجر شود (بنسال[9] و همکاران، ۲۰۲۱؛ بی‌جو[10] و همکاران، ۲۰۱۷؛ خالصی[11] و همکاران، ۲۰۲۳؛ سینگ[12] و همکاران، ۲۰۲۲). محلول‌پاشی اسیدهای آمینه با افزایش راندمان انرژی در گیاه و هم‌چنین افزایش سرعت فتوسنتز و در نتیجه کمک به گیاه سیر[13] سبب افزایش عملکرد می‌شود (حیدرزاده و مدرس ثانوی، ۱۴۰۲). هم‌چنین، در پژوهشی نشان داده شد کاربرد آسپارتیک‌اسید به‌صورت بذرمال و محلول‌پاشی عملکرد عدس را افزایش داد (حیدرزاده و همکاران، ۱۴۰۰؛ حیدرزاده و مدرس ثانوی، ۱۴۰۰).

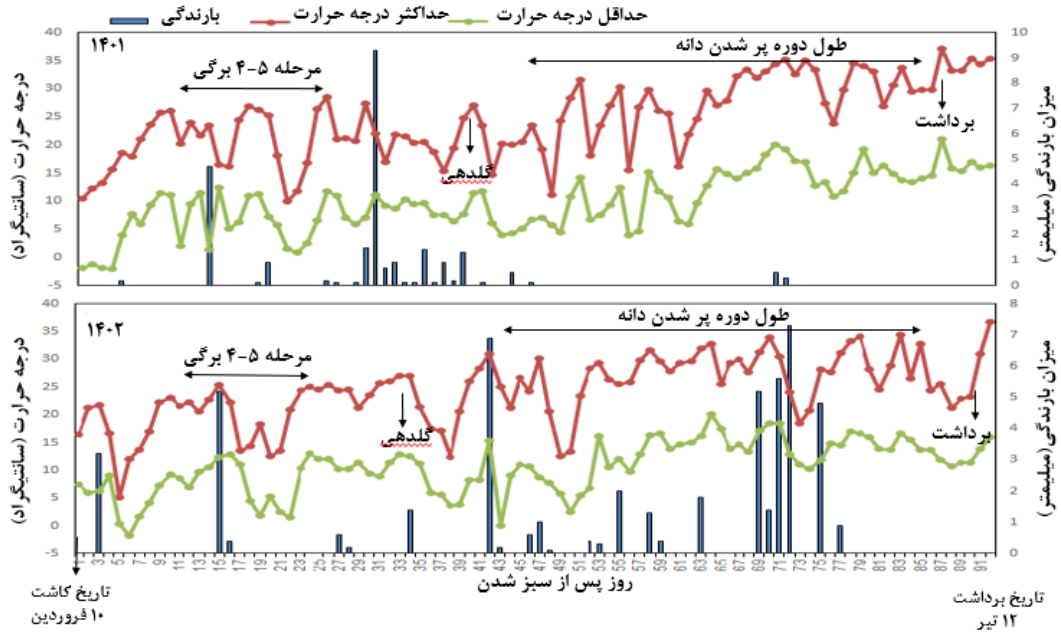
1. Noor
2. El Haddad
3. *Dracocephalum kotschyi*
4. Heidarzadeh
5. Moradi-Ghahderijani
6. *Borago officinalis*
7. Prasad
8. Mohammadi
9. Bansal
10. Biju
11. Khalesi
12. Singh
13. *Allium Sativum* L.

با این‌حال، با توجه به اهمیت گیاه عدس و گستردگی کشت آن در جهان و این‌که در بسیاری از نقاط جهان این گیاه به‌صورت دیم کاشته می‌شود، اما متأسفانه پژوهش‌های محدودی در مورد واکنش ژنوتیپ‌های متفاوت عدس به تنش‌های غیرزنده از جمله کم‌آبی و راه‌کارهای کاهش اثرات منفی آن بر عملکرد دانه عدس گزارش شده است که اهمیت مطالعات آینده در این راستا را برجسته می‌کند. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی آمینواسیدهای والین و پرولین بر برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف عدس در شرایط تنش کم‌آبی در اراضی کوهین استان قزوین انجام شد تا بتوان راه‌کارهای مؤثری برای افزایش تولید و مقاومت این گیاه به کم‌آبی ارائه داد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳. ۱. طراحی آزمایشی، تیمار و شرایط رشد

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلیت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو سال متوالی در اراضی کوهین استان قزوین در ایران در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ اجرا شد. محل آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۳۶۵ متر از سطح دریا با تابستان‌های گرم و خشک واقع شده است. داده‌های درجه حرارت و میزان بارندگی روزانه ثبت‌شده در طول دوره آزمایشی در هر سال در شکل (۱) آورده شده است.



شکل ۱. حداکثر و حداقل دمای هوا (درجه سانتی‌گراد) و بارندگی (میلی‌متر) روزانه ثبت شده در ایستگاه هواشناسی کوهین در طول فصل رشد از ابتدای فروردین‌ماه تا پایان خردادماه در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

دو ماه قبل از کاشت، نمونه‌هایی از خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر به‌منظور تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی برداشته شد. بافت خاک سیلتی- لوم بود و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایشی در (جدول ۱) ارائه شده است و با توجه به آنالیز خاک کودهای موردنیاز به خاک داده شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مزرعه

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته خاک (درصد)	درصد اشباع (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
۳۰-۰	سیلتی- لوم	۰/۵۸	۷/۴۸	۴۰	۰/۳۹	۰/۰۴	۱۹	۵۷	۲۴	۳	۳۳۰

این آزمایش شامل سه عامل بود؛ عامل اول در دو سطح (آبیاری کامل و تنش کم‌آبی)، عامل دوم شامل چهار ژنوتیپ عدس سبزپردیس (ژنوتیپ مقاوم به تنش)، بیله‌سوار و سپهر (ژنوتیپ‌های متحمل به تنش) و ژنوتیپ ۵۹۰ (ژنوتیپ حساس به تنش) و عامل سوم شامل سه سطح از محلول‌پاشی با آمینواسیدهای والین و پرولین در غلظت یک گرم در لیتر در دو مرحله؛ مرحله اول در آغاز فاز زایشی (ظهور جوانه گل) و مرحله دوم ده روز پس از گل‌دهی (تشکیل غلاف) بود که محلول‌پاشی با آب مقطر به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد و فاکتورهای اول و دوم به‌صورت ترکیب فاکتوریل در کرت‌های اصلی و فاکتور سوم در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

براساس گزارش مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور ژنوتیپ سپهر (FLIP2005-53L) از تلاقی دو لاین ILL590 و ILL5883 در ایکاردا حاصل شده است و دارای تیپ رشد بهاره با میانگین ارتفاع ۴۱ سانتی‌متر به رنگ قرمز روشن، وزن صددانه ۴/۱ گرم، متحمل به خوابیدگی و بیماری فوزاریوم می‌باشد. ژنوتیپ بیله‌سوار (ILL ۶۰۳۷) از تلاقی دو لاین ILL۴۳۴۹ و ILL۴۶۰۵ در ایکاردا حاصل شده و دارای تیپ بوته ایستاده با میانگین ارتفاع ۳۷ سانتی‌متر، وزن صددانه ۶/۱ گرم متحمل به تنش خشکی و بیماری فوزاریوم، حساس به تنش سرما؛ ژنوتیپ سبزپردیس توسط مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اصلاح گردیده و متحمل به سرما، کیفیت دانه بالا، دانه درشت با وزن صددانه ۷ گرم، به‌دلیل پوسته نازک بذر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها حساس به سوسک بروخوس عدس[1]؛ لاین امید بخش ILL590 زودرس، ارتفاع بوته کوتاه، حساس به تنش، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها وزن صددانه کم‌تر می‌باشد. ژنوتیپ‌های موردمطالعه از مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب دانشگاه تهران در اراضی دیم کوهین تهیه شدند و مشخصات ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. کد، نام و منشأ ژنوتیپ‌های موردمطالعه

کد	نام ژنوتیپ	منشأ	خصوصیات
۱	سبزپردیس	ایران- دانشگاه تهران	مقاوم به تنش
۲	۵۹۰	ترکیه	حساس به تنش
۳	بیله‌سوار	ایکاردا	متحمل به تنش
۴	سپهر	ایکاردا	متحمل به تنش

برای اجرای این طرح ابتدا زمین را با ادوات دیم (گاوآهن قلمی) در فصل پاییز شخم زده و با دیسک نسبت به خردکردن کلوخه‌ها و هموارکردن زمین اقدام و سپس اقدام به کرت‌بندی زمین با ابعاد ۱×۱ متر و بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و بین بلوک‌ها یک متر فاصله گردید. بعد از آماده‌سازی زمین و ضدعفونی بذور با قارچکش تبوکونازول ۱/۵ درهزار (DS 2%)؛ هر ژنوتیپ در هر کرت با فاصله بین و روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع در

1. Bruchus lentis Frölich

اوایل فروردین‌ماه ماه که شرایط مزرعه از لحاظ گاوروبودن اجازه داد به‌صورت خشکه‌کاری به طریق دستی در عمق ۴ سانتی‌متر کشت شد. در طول دوره رشدونمو مراقبت‌های زراعی لازم نظیر وجین دستی صورت گرفت.

منظور از یک مرحله آبیاری بعد از کاشت ایجاد شرایط یکسان و یکنواخت برای تاریخ کاشت هر دو عامل تنش کم‌آبی و عدم تنش است وگرنه گیاهان در دو عامل رژیم آبیاری طول دوره رشد متفاوتی داشته و از نظر مراحل رشد قابل مقایسه نمی‌باشند، لذا هر دو تیمار در یک زمان کاشته شده و سبز شدند و سپس تا انتهای فصل رشد نسبت به آبیاری (عدم تنش، در حد ظرفیت زراعی) یا عدم آبیاری کامل (تنش کم‌آبی، ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) اقدام گشت. تاریخ کاشت مصادف با اولین آبیاری مشترک در تاریخ دهم فروردین‌ماه در هر دو فاکتور آبیاری و تنش کم‌آبی بود. برنامه‌ریزی آبیاری و مقدار آن با روش تشتک تبخیر کلاس A (استاندارد FAO) تعیین گردید. از حاصل‌ضرب میزان تبخیر از تشتک در ضریب تشتک (۰/۸) و ضریب پوشش گیاهی عدس که براساس مرحله رشدی تغییر می‌کند (۱/۲-۰/۴ میلی‌متر در روز) میزان تبخیر واقعی از سطح خاک و گیاه[1] محاسبه شد. با توجه به رطوبت خاک در روز قبل از آبیاری و هم‌چنین وزن مخصوص ظاهری خاک و درصد رطوبت وزنی در حالت ظرفیت زراعی و عمق مؤثر ریشه، میزان آب موردنیاز محاسبه و حجم آب موردنیاز هر کرت توسط کنتور اندازه‌گیری و به هر کرت داده شد. هر دور آبیاری ۴۰-۳۰ میلی‌متر عمق آب برای خیس‌کردن ۵۰ سانتی‌متر خاک سیلتی-لوم اعمال شد. میزان آب مصرفی دوره رشد و نمو گیاهان در شرایط آبیاری کامل ۳۵۰۰ مترمکعب و در شرایط تنش کم‌آبیاری حدود ۱۵۰۰ مترمکعب بود.

آمینواسیدها به‌صورت چیگرد (ال-والین و ال-پرولین) و خالص از شرکت مرک آلمان تهیه شد. غلظت محلول‌پاشی بر مبنای مرور منابع و توصیه‌های صورت‌گرفته در سایر محصولات یک گرم در لیتر انتخاب شد (حیدرزاده و مدرس ثانوی، ۱۴۰۰) که بعد از کالیبره‌کردن سم‌پاش دستی به‌صورت محلول‌پاشی روی بوته‌های عدس هم‌زمان با اعمال تیمار تنش کم‌آبیاری (بعد از استقرار گیاهچه تا زمان برداشت) دو بار محلول‌پاشی یکی در مرحله زایشی (ظهور جوانه گل) و دیگری ده روز بعد از گلدهی مورداستفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری سبزینگی برگ‌ها پس از گلدهی و در برگ‌های میانی گیاه انجام شد. بدین منظور از هر بوته سه برگ انتخاب و از بوته‌هایی که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند، به‌طور غیرتخریبی با استفاده از دستگاه Chlorophyll Meter SPAD-502 شاخص سبزینگی اندازه‌گیری شد.

بعد از پرشدن غلاف‌ها از هر کرت آزمایشی در هر تکرار، پنج بوته به‌صورت تصادفی با رعایت حاشیه هر کرت از برگ گیاه نمونه‌برداری کرده و جهت اندازه‌گیری صفات مرفولوژیک، نظیر زیست‌توده کل، ارتفاع اولین غلاف، وزن خشک بوته، عرض کانوپی، شاخص سبزینگی، طول ریشه، وزن خشک ریشه، عرض دانه، وزن خشک غلاف پر، تعداد غلاف نابارور، تعداد دانه دوقلو، وزن خشک دانه، عملکرد دانه به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه، ارتفاع اولین غلاف، عرض کانوپی و طول ریشه با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. سپس بوته‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از رسیدن به وزن ثابت، وزن خشک بوته تعیین شد. در ادامه، تعداد غلاف‌های بارور و نابارور شمارش و غلاف‌ها باز شدند. پس از جداسازی دانه‌ها، تعداد دانه‌های دوقلو و وزن خشک ریشه، غلاف و دانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی عرض دانه، پس از برداشت، پنج دانه از هر ژنوتیپ در هر تکرار انتخاب و با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد.

در پایان فصل رشد، کل بوته‌های باقیمانده هر کرت (۰/۶۸ مترمربع) با حذف اثر حاشیه‌ای برای تعیین عملکرد دانه برداشت شد و مقادیر به‌دست‌آمده برای انجام محاسبات آماری به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. میانگین فاصله کاشت تا برداشت در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به‌ترتیب ۹۴ و ۹۲ روز بود.

1. ETc

۳. ۲. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها با توجه به آزمون بارتلت به‌طور مرکب و یا جداگانه در هر سال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. اثرات اصلی و متقابل تیمارها روی صفات مختلف از تحلیل واریانس[1] با استفاده از روش GLM در نرم‌افزار سیستم تجزیه و تحلیل آماری SAS (نسخه ۹/۴) تعیین شد. برای بررسی تفاوت‌های معنی‌دار بین میانگین‌ها از آزمون LSD[2] (حداقل تفاوت معنی‌دار) در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد. برای مقایسه میانگین اثرات متقابل برش‌دهی براساس عامل موردنظر انجام شد. اثرات اصلی و متقابل صفات در زیر به‌ترتیب اهمیت آماری آن‌ها موردبحث قرار گرفت که از برهم‌کنش‌های بالاترین سطح تا تأثیرات اصلی تیمارها را شامل می‌شود.

۴. یافته‌های پژوهش

۴. ۱. ارتفاع اولین غلاف

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب جدول (۳) حاکی از آن دارد که ارتفاع اولین غلاف تحت تأثیر اثر برهم‌کنش چهارگانه ژنوتیپ، رژیم آبیاری، محلول‌پاشی و سال ($P\leq$۰/۰۱) می‌باشد که براساس سال برش‌دهی شد. نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بالاترین مقدار ارتفاع اولین غلاف در هر دو سال در شرایط آبیاری نرمال با تیمار آمینواسیدها و مربوط به ژنوتیپ سپهر با میانگین دو سال ۱۱/۵ سانتی‌متر بود که البته با ژنوتیپ سبزپردیس و بیله‌سوار اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین مقدار ارتفاع اولین غلاف در ژنوتیپ ۵۹۰ بدون تیمار با آمینواسید با میانگین دو سال ۴/۷ سانتی‌متر مشاهده گردید (جدول ۵).

۴. ۲. زیست‌توده کل

جدول تجزیه واریانس نشان داد که در صفت زیست‌توده کل، اثر سه‌گانه آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی در سطح ($P\leq$۰/۰۱) معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش کم‌آبی در هر دو سال آزمایش، به‌طور معناداری میزان زیست‌توده کل را ۳۵ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش داد و محلول‌پاشی آمینواسیدها منجر به بهبود وضعیت تنش شد. کم‌ترین میزان زیست‌توده کل با مقدار ۳/۴ گرم در ژنوتیپ ۵۹۰ بدون تیمار با آمینواسیدها و بیش‌ترین آن با مقدار ۱۵/۶ گرم در ژنوتیپ سبزپردیس با تیمار آمینواسیدها مشاهده شد (جدول ۵).

۴. ۳. وزن خشک بوته

در صفت وزن خشک بوته اثر سه‌گانه آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی در سال اول در سطح ($P\leq$۰/۰۱) و سال دوم در سطح ($P\leq$۰/۰۵) معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در هر دو سال آزمایش، بیش‌ترین مقدار وزن خشک بوته با محلول‌پاشی آمینواسید پرولین در شرایط آبیاری نرمال به ژنوتیپ سبزپردیس با مقدار ۵/۷ گرم اختصاص دارد و کم‌ترین مقدار در همه شرایط مربوط به ژنوتیپ ۵۹۰ با مقدار ۰/۸ گرم می‌باشد (جدول ۵).

۴. ۴. عرض کانوپی

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفت عرض کانوپی حاکی از معنی‌دارشدن اثر برهم‌کنش سه‌گانه محلول‌پاشی، ژنوتیپ و سال و اثر برهم‌کنش دوگانه رژیم آبیاری و ژنوتیپ ($P\leq$۰/۰۱) داشت (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که ژنوتیپ بیله‌سوار

1. ANOVA
2. Least Significant Difference

با مقدار ۱۲ سانتی‌متر بیش‌ترین عرض کانوپی را در هر دو سال با تیمار آمینواسید پرولین به خود اختصاص داده که البته با ژنوتیپ سبزپردیس اختلاف معنی‌داری نداشت و ژنوتیپ ۵۹۰ با ۶ سانتی‌متر کم‌ترین عرض کانوپی را نشان داد (شکل ۲) و شرایط آبیاری نرمال عرض کانوپی ژنوتیپ‌های موردمطالعه را ۲۷ درصد نسبت به شرایط کم‌آبیاری افزایش داد (شکل ۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس برای اثرات اصلی و اثر متقابل سال× رژیم آبیاری× محلول‌پاشی× ژنوتیپ بر صفات ارتفاع اولین غلاف، عرض کانوپی، شاخص سبزینگی، طول ریشه، عرض دانه عدس در دو سال

تجزیه واریانس	درجه آزادی	ارتفاع اولین غلاف	عرض کانوپی	شاخص سبزینگی	طول ریشه	عرض دانه
سال (Y)	۱	۲۵/۷۵۵ns	۲۷/۳۰۰ns	۵۳۴/۳۸۰**	۰/۱۷۴ns	۰/۱۱۱ns
خطای a	۴	۴/۰۳۷	۶/۶۰۷	۱۸/۷۱۸	۵/۲۴۸	۰/۰۷۰
رژیم آبیاری (I)	۱	۱۳۶/۳۰۶**	۳۰۱/۸۹۰**	۳۰/۴۳۳ns	۱۱۳/۱۷۴**	۰/۱۶ns
ژنوتیپ (V)	۳	۳۰/۹۵۷**	۱۰۱/۶۷۱**	۲۲۹۰/۶۹۶**	۳۰/۲۶۵**	۰/۰۹۶ns
I × V	۳	۳/۹۶۹ns	۱۳/۳۷۱*	۲۵۹/۲۰۰**	۴/۴۹۴ns	۰/۰۹۹ns
Y × I	۱	۴/۳۷۵ns	۰/۷۹۵ns	۱۶۷/۷۰۲**	۱۱۸/۵۵۶**	۰/۰۸۰ns
Y × V	۳	۲/۱۱۳ns	۱/۴۴۰ns	۱۹۷/۹۸۵**	۶/۱۳۹ns	۰/۱۲۲ns
I × V × Y	۳	۱/۰۵۵ns	۵/۰۹۳ns	۱۷/۲۰۳ns	۳/۸۶۱ns	۰/۰۲۰ns
خطای b	۲۸	۲/۱۹۷	۳/۷۸۶	۲۵/۹۳۰	۴/۶۰۳	۰/۰۷۹
محلول‌پاشی (F)	۲	۱۰/۶۶۳**	۱۶/۳۷۳**	۱۹۲/۱۹۸**	۲/۳۲۰ns	۰/۰۲۶ns
Y × F	۲	۱/۰۴۸ns	۱/۹۱۴ns	۲۳۰/۲۸۲**	۳/۵۴۸ns	۰/۰۹۸ns
I × F	۲	۰/۴۶۳ns	۴/۶۲۵ns	۱۱۲/۷۱۸**	۱۴/۵۳۳*	۰/۲۵۲ns
V × F	۶	۱/۲۱۵ns	۲/۹۲۴ns	۱۰۰/۸۵۱**	۵/۲۰۴ns	۰/۳۳۹**
V × I × F	۶	۲/۳۹۱ns	۲/۳۹۲ns	۳۵/۲۸۱ns	۴/۳۰۹ns	۰/۲۴۰**
Y × I × F	۲	۰/۷۲۲ns	۱/۱۳۵ns	۳۰/۷۰۲ns	۱۸/۰۴۸*	۰/۳۱۲**
Y × V × F	۶	۵/۵۹۰**	۵/۷۱۵*	۷۲/۰۰۳ns	۲/۸۹۵ns	۰/۱۶۸ns
Y × V × I × F	۶	۹/۰۶۹**	۴/۴۲۸ns	۲۸/۲۳۸ns	۶/۱۳۴ns	۰/۰۷۰ns
خطای c	۶۴	۱/۶۷۱	۲/۴۰۶	۳۳/۱۲۰	۳/۶۷۲	۰/۰۸۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۶۶	۱۷/۱۶	۱۹/۱۵	۱۳/۹۹	۱۱/۵۳

**، *، ns: معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

جدول ٤. تجزیه واریانس برای اثرات اصلی و اثر متقابل سال× رژیم آبیاری× محلول‌پاشی× ژنوتیپ بر صفات زیست‌توده کل، وزن خشک بوته، وزن خشک ریشه، وزن خشک غلاف پر، تعداد غلاف نابارور، تعداد دانه دوقلو، وزن خشک دانه و عملکرد دانه عدس در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

تجزیه واریانس	درجه آزادی	زیست‌توده کل	وزن خشک بوته	وزن خشک ریشه	وزن خشک غلاف پر	تعداد غلاف نابارور	تعداد دانه دوقلو	وزن خشک دانه	عملکرد دانه
سال اول	۱۴۰۱								
تکرار	۲	۸/۵۹ns	۰/۰۴ns	۰/۰۰۳۳ns	۰/۰۰۳ns	۵/۹۳ns	۰/۴۳ns	۰/۰۱ns	۲۴۲۲/۲ns
رژیم آبیاری (I)	۱	۴۷۲/۶۸**	۳۱/۸۱**	۰/۰۱۵۹*	۱/۹۵۷**	۱۳۱۷/۵۵**	۶۸/۰۵**	۱۰/۰۴**	۵۱۳۳۳۵۲/۷**
ژنوتیپ (V)	۳	۲۹۲/۹۹**	۲۳/۱۰**	۰/۱۰۴۹**	۰/۲۸۲**	۲۶۰/۶۵**	۵/۸۳**	۱/۱۹**	۶۳۵۰۰۰/۶**
V × I	۳	۷۰/۸۶**	۳/۲۷**	۰/۰۰۱۸ns	۰/۲۲۱**	۱۸۷/۳۳**	۷/۱۷**	۰/۸۵**	۷۴۵۳۴/۵**
خطایa	۱۴	۸/۶۳	۰/۰۹	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۴	۲۰/۵۲	۰/۷۲	۰/۰۱	۳۴۶۰/۵
محلول‌پاشی (F)	۲	۱۴۹/۰۶**	۳/۲۶**	۰/۰۰۰۱ns	۰/۷۷۱**	۴۱۳/۱۰**	۴۹/۳۹**	۳/۶۵**	۴۱۷۹۲۵/۶**
I × F	۲	۵۷/۹۳**	۰/۲۰*	۰/۰۰۶۸*	۰/۷۳۰**	۱۹۸/۸۵**	۲۶/۷۲**	۰/۲۱**	۹۸۲۸۹/۳**
V × F	۶	۱۲/۶۶**	۱/۹۷**	۰/۰۰۸۲**	۰/۰۶۰**	۷۰/۱۳**	۴/۷۲**	۰/۱۰**	۱۸۲۸۶/۱**
V × I × F	۶	۱۲/۱۰**	۱/۹۲**	۰/۰۱۰۳**	۰/۰۶۶**	۷۱/۷۴**	۲/۶۱**	۰/۱۳**	۸۴۳۱/۳**
خطایb	۳۲	۲/۹۲	۰/۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۸/۸۰	۰/۸۵	۰/۰۱	۲۰۹۷/۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۵	۸/۵	۲۳/۲	۱۳/۸	۲۳/۴	۵۰/۹	۹/۶	۷/۷

ادامه جدول ٤. تجزیه واریانس برای اثرات اصلی و اثر متقابل سال× رژیم آبیاری× محلول‌پاشی× ژنوتیپ بر صفات زیست‌توده کل، وزن خشک بوته، وزن خشک ریشه، وزن خشک غلاف پر، تعداد غلاف نابارور، تعداد دانه دوقلو، وزن خشک دانه و عملکرد دانه عدس در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

تجزیه واریانس	درجه آزادی	زیست‌توده کل	وزن خشک بوته	وزن خشک ریشه	وزن خشک غلاف پر	تعداد غلاف نابارور	تعداد دانه دوقلو	وزن خشک دانه	عملکرد دانه
سال دوم	۱۴۰۲								
تکرار	۲	۲/۱۱ns	۰/۳۲ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۹۳ns	۱/۷۶ns	۰/۳۷ns	۲۵۶۳/۶ns
رژیم آبیاری (I)	۱	۳۹۴/۰۶**	۱۷/۰۷**	۰/۰۰۰۳ns	۱/۶۲۰**	۶۴/۲۲**	۳/۵۵ns	۷۷/۲۳**	۴۸۴۸۶۰۱/۸**
ژنوتیپ (V)	۳	۴۷۱/۲۸**	۲۸/۵۹**	۰/۲۳۱۴**	۰/۷۰۸**	۳۲/۶۶**	۱۱/۳۳*	۲۰/۲۹**	۹۷۸۸۴۰/۵**
V × I	۳	۱۰۶/۵۰**	۸/۵۹**	۰/۰۲۹۵**	۰/۰۷۵**	۱۹/۳۳ns	۱۳/۱۸*	۴/۰۱**	۱۱۸۸۳۱/۲**
خطای a	۱۴	۸/۰۹	۰/۲۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۸/۶۴	۳/۲۷	۰/۲۶	۳۱۰۲/۹
محلول‌پاشی (F)	۲	۱۵۱/۳۰**	۱/۰۶*	۰/۰۲۱۶**	۰/۵۳۲**	۲۷/۶۸**	۳۹/۰۶**	۱۵/۲۲**	۶۷۲۰۵۴/۳**
I × F	۲	۱۶/۷۴**	۶/۰۷**	۰/۰۴۵۱**	۰/۱۳۲**	۶/۳۵ns	۵/۳۹ns	۱/۲۳**	۱۰۴۸۲/۲**
V × F	۶	۴۴/۲۶**	۲/۰۴**	۰/۰۵۲۰**	۰/۰۵۹**	۱۱/۰۱*	۳۰/۵۶**	۰/۸۷**	۵۰۷۲۳/۱**
V × I × F	۶	۳۱/۶۹**	۰/۷۲*	۰/۰۱۳۳**	۰/۰۵۱**	۱۱/۹۰**	۳/ ۰۸ns	۰/۳۱ns	۳۶۰۱/۱**
خطای b	۳۲	۶/۶۶	۰/۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۳/۴۵	۲/۴۸	۰/۱۹	۱۵۰۰/۳۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۹/۹	۱۶/۲	۴/۵	۱/۸	۲۱/۶	۴۸/۳	۱۶/۱	۵/۲

**، *، ns: معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

جدول ۵. مقایسات میانگین صفات زیست‌توده کل، ارتفاع اولین غلاف، وزن خشک بوته، وزن خشک ریشه، عرض دانه در گیاه عدس تحت اثرات متقابل رژیم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی

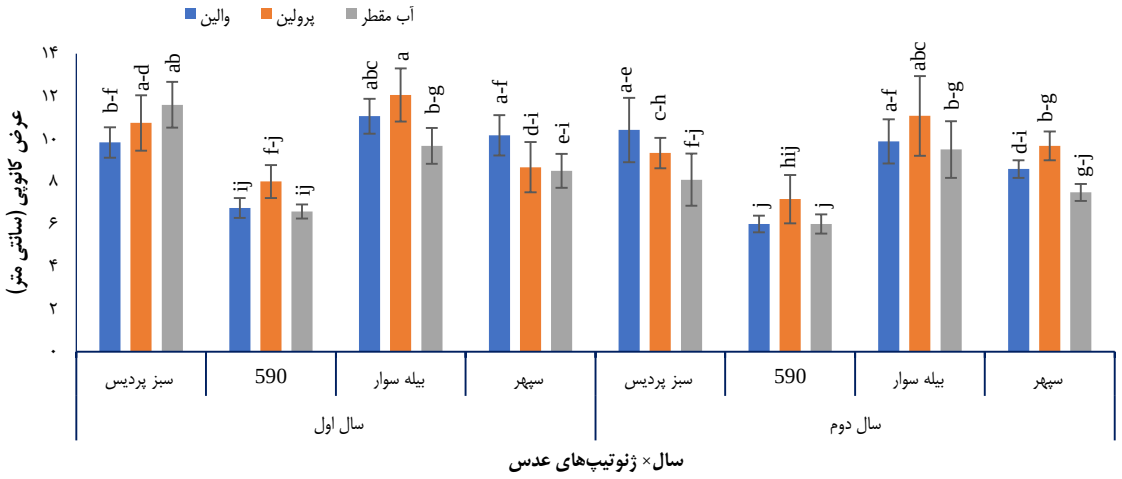
تیمارهای آزمایشی			زیست‌توده کل (گرم در بوته)		ارتفاع اولین غلاف (سانتی‌متر)		وزن خشک بوته (گرم در بوته)		وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	عرض دانه (میلی‌متر)	
رژیم آبیاری	محلول‌پاشی	ژنوتیپ	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	دو سال
بی آبیاری	والین	سبزپردیس	۱۰/۲۷def	۱۴/۴۴b-e	۵/۶۷ij	۵/۵۰def	۲/۱۹i	۳/۴۲ef	۰/۲۶bcd	۰/۳۰e	۲/۵۳ab
		۵۹۰	۴/۶۹hi	۵/۴۶gh	۶/۱۰hij	۵/۰۰f	۰/۸۷k	۱/۰۸i	۰/۰۹gh	۰/۰۹no	۲/۶۳ab
		بیله‌سوار	۹/۶۵ef	۱۳/۱۲cde	۸/۵۰c-f	۶/۴۳c-f	۲/۷۳fg	۳/۱۶efg	۰/۱۲fgh	۰/۲۷h	۲/۰۳c
		سپهر	۱۰/۵۷def	۱۴/۹۸b-e	۶/۱۷hij	۶/۹۳c-f	۳/۴۵e	۳/۸۴cde	۰/۲۴cde	۰/۲۶gh	۲/۶۲ab
	پرولین	سبزپردیس	۸/۶۲fg	۱۴/۵۰b-e	۶/۶۷f-i	۶/۰۰c-f	۲/۶۲fgh	۲/۷۱fgh	۰/۲۴cde	۰/۱۶k	۲/۲۲bc
		۵۹۰	۵/۱۳ghi	۵/۷۰gh	۷/۰۰e-i	۵/۳۳ef	۰/۹۳jk	۰/۹۷i	۰/۰۹gh	۰/۰۷p	۲/۶۰ab
		بیله‌سوار	۱۳/۲۰cde	۱۶/۳۴bcd	۷/۴۳d-i	۷/۶۷b-e	۲/۹۱fg	۳/۳۸ef	۰/۲۴cde	۰/۳۵c	۲/۷۸a
		سپهر	۵/۲۲ghi	۱۴/۶۷b-e	۷/۱۷e-i	۷/۸۳b-e	۱/۰۹jk	۴/۲۹bcd	۰/۲۱cde	۰/۲۳i	۲/۷۵a
	آب مقطر	سبزپردیس	۷/۸۸fgh	۶/۰۸gh	۶/۳۳g-j	۵/۰۰f	۲/۲۸hi	۱/۲۰i	۰/۲۵cde	۰/۱۱lmn	۲/۴۷abc
		۵۹۰	۳/۵۲i	۳/۳۹h	۴/۴۳j	۵/۳۳ef	۰/۸۶k	۰/۶۴i	۰/۰۸h	۰/۱۰mno	۲/۳۲abc
		بیله‌سوار	۸/۶۱fg	۷/۹۶fg	۶/۸۳f-i	۶/۰۰c-f	۲/۵۳ghi	۲/۴۱gh	۰/۲۴cde	۰/۱۹j	۲/۵۸ab
		سپهر	۵/۸۱ghi	۱۰/۷۰ef	۶/۸۳f-i	۶/۱۳c-f	۱/۳۶j	۲/۲۵h	۰/۲۷abc	۰/۳۲d	۰/۳۵abc
آبیاری نرمال	والین	سبزپردیس	۱۹/۰۶ab	۲۴/۴۱a	۹/۰۰b-e	۷/۳۳b-f	۴/۸۶b	۴/۵۱bc	۰/۲۷abc	۰/۳۰e	۲/۶۳ab
		۵۹۰	۵/۱۷ghi	۵/۳۶gh	۶/۰۰hij	۶/۶۷c-f	۱/۱۵jk	۱/۰۸i	۰/۱۲fgh	۰/۰۸op	۲/۳۵abc
		بیله‌سوار	۱۵/۶۴bc	۱۸/۵۶b	۸/۳۳c-g	۹/۶۷ab	۴/۷۶bc	۳/۱۴efg	۰/۲۴cde	۰/۲۹ef	۲/۶۲ab
		سپهر	۱۵/۳۶bc	۱۲/۳۲def	۱۲/۶۷a	۷/۸۳b-e	۴/۳۸c	۲/۲۳h	۰/۳۵a	۰/۴۸a	۲/۵۷ab
	پرولین	سبزپردیس	۲۲/۵۴a	۱۸/۷۰b	۱۱/۰۰a-b	۸/۱۷abc	۵/۳۰a	۶/۳۰a	۰/۱۷efg	۰/۱۹j	۲/۳۲abc
		۵۹۰	۵/۳۳ghi	۷/۸۹fgh	۷/۰۰a-b	۶/۵۰c-f	۱/۱۲jk	۱/۳۹i	۰/۱۱fgh	۰/۱۲l	۲/۶۳ab
		بیله‌سوار	۱۸/۷۳b	۱۷/۹۴b	۱۱/۰۰ab	۸/۰۰a-d	۳/۹۲d	۳/۸۱cde	۰/۲۷abc	۰/۲۲i	۲/۶۵ab
		سپهر	۱۸/۷۱b	۱۷/۹۴b	۷/۰۰e-i	۱۰/۵۰a	۴/۴۸bc	۳/۵۳def	۰/۳۳ab	۰/۳۹b	۲/۴۰abc
	آب مقطر	سبزپردیس	۱۳/۸۶cd	۱۷/۴۵bc	۸/۰۰c-h	۷/۱۷b-f	۳/۵۸de	۵/۱۰b	۰/۳۴ab	۰/۲۸fg	۲/۶۲ab
		۵۹۰	۳/۷۱i	۵/۷۷gh	۷/۳۳d-i	۶/۱۷c-f	۱/۰۷jk	۱/۳۲i	۰/۱۱fgh	۰/۱۱lm	۲/۴۵abc
		بیله‌سوار	۸/۷۹fg	۱۷/۶۴bc	۱۰/۰۰bc	۶/۶۷c-f	۲/۹۹f	۵/۰۹b	۰/۱۸def	۰/۳۵c	۲/۷۰a
		سپهر	۷/۷۷fgh	۱۱/۴۹ef	۹/۳۳bcd	۷/۶۷b-e	۲/۱۷i	۳/۵۲def	۰/۲۱cde	۰/۳۰de	۲/۷۵a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

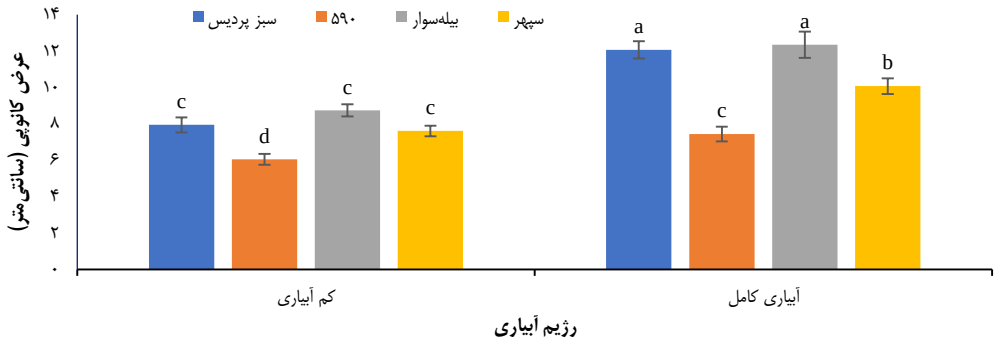
جدول ٦. مقایسات میانگین صفات وزن خشک غلاف، تعدادغلاف نابارور، تعداد دانه دوقلو، وزن خشک دانه و عملکرد دانه در گیاه عدس تحت اثرات متقابل رژیم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی

تیمارهای آزمایشی			وزن خشک غلاف (گرم در بوته)		تعداد غلاف نابارور		تعداد دانه دوقلو	وزن خشک دانه (گرم در بوته)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
رژیم آبیاری	محلول‌پاشی	ژنوتیپ	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال اول	سال اول	سال دوم
کم آبیاری	والین	سبزپردیس	۰/۲۴gh	۰/۷۸g	۱۰/۳۳d-h	۸/۳۳cde	۰/۳۳fg	۰/۷۹gh	۳۸۵/۵۶hij	۷۳۶/۶۶e
		۵۹۰	۰/۱۷hij	۰/۲۳r	۱۱/۳۳d-g	۷/۳۳c-f	۰/۳۳fg	۰/۵۳ij	۱۶۸/۸۹l	۳۱۵/۵۵h
		بیله‌سوار	۰/۲hij	۱/۰۳bc	۱۱/۰۰d-g	۸/۶۷cd	۰/۰۰g	۰/۷۷gh	۳۶۲/۲۱h-k	۶۰۶/۶۶f
		سپهر	۰/۲۴gh	۰/۸۶e	۱۰/۰۰d-h	۹/۳۳cd	۰/۰۰g	۱/۰۵ef	۳۸۶/۶۷hij	۷۷۵/۵۵e
	پرولین	سبزپردیس	۰/۱۶hij	۰/۷۰h	۸/۳۳fgh	۸/۶۷cd	۰/۰۰g	۰/۸۴gh	۵۸۹/۹۷g	۷۹۵/۰۰e
		۵۹۰	۰/۲۲ghi	۰/۲۹p	۸/۰۰fgh	۷/۳۳c-f	۳/۰۰c	۰/۶۹hi	۱۶۲/۸۸l	۳۲۰/۰۰h
		بیله‌سوار	۰/۳۱fg	۰/۵۶k	۹/۰۰fgh	۹/۰۰cd	۲/۶۷cd	۱/۰۵ef	۴۰۴/۴۴hi	۶۱۷/۷۷f
		سپهر	۰/۱۶hij	۰/۵۲l	۴/۶۷h	۹/۰۰cd	۰/۳۳fg	۰/۵۰j	۴۲۳/۸۷h	۵۴۶/۶۷fg
	آب مقطر	سبزپردیس	۰/۳۱fg	۰/۲۶q	۹/۳۳fgh	۵/۶۷def	۱/۶۷c-f	۰/۴۹j	۳۲۰/۰۰ijk	۳۶۰/۰۰h
		۵۹۰	۰/۲۱hij	۰/۲۰s	۶/۰۰gh	۴/۶۷ef	۱/۰۰efg	۰/۴۹j	۱۱۰/۶۷l	۱۶۶/۶۶i
		بیله‌سوار	۰/۱۳j	۰/۲۲r	۷/۳۳fgh	۵/۶۷def	۰/۳۳fg	۰/۴۴j	۲۹۸/۸۹k	۲۱۳/۳۳i
		سپهر	۰/۱۶hij	۰/۴۳n	۵/۶۷gh	۸/۳۳cde	۰/۳۳fg	۰/۴۴j	۳۰۰/۶۶jk	۳۲۰/۰۰h
آبیاری نرمال	والین	سبزپردیس	۰/۹۳c	۱/۱۴a	۲۳/۳۳a	۱۳/۶۷ab	۱/۶۷c-f	۲/۱۴b	۱۱۴۶/۶۶b	۱۳۸۱/۱۰a
		۵۹۰	۰/۱۷hij	۰/۵۰m	۱۲/۶۷c-f	۴/۳۳f	۲/۳۳cde	۰/۹۲fg	۵۴۰/۶۶g	۵۵۸/۸۶g
		بیله‌سوار	۰/۷۹d	۱/۰۰d	۲۱/۶۷ab	۸/۶۷cd	۳/۰۰c	۱/۲۸d	۸۸۸/۴۴d	۱۱۸۲/۲c
		سپهر	۰/۵۵e	۰/۹۰e	۱۵/۶۷b-e	۱۰/۰۰bc	۳/۰۰c	۱/۸۵c	۹۹۷/۷۸c	۱۲۸۴/۴۴b
	پرولین	سبزپردیس	۱/۱۹a	۱/۰۱cd	۱۰/۶۷d-h	۱۰/۰۰bc	۲/۳۳cde	۲/۴۰a	۱۲۶۸/۸۸a	۱۴۱۳/۳۳a
		۵۹۰	۰/۳۶f	۰/۶۲j	۴/۶۷h	۸/۰۰c-f	۴/۶۷b	۱/۲۵d	۵۶۴/۴۴g	۵۶۴/۲۲fg
		بیله‌سوار	۱/۰۳b	۰/۸۶e	۹/۶۷e-h	۱۵/۶۷a	۶/۶۷a	۱/۷۴c	۱۱۵۱/۰۹b	۱۱۴۶/۶۶c
		سپهر	۰/۸۳d	۰/۸۰g	۱۲/۶۷c-f	۹/۰۰cd	۷/۶۷a	۲/۴۵a	۱۱۶۴/۴۴b	۱۱۴۲/۲۲c
	آب مقطر	سبزپردیس	۰/۱۹hij	۱/۰۳b	۱۸/۰۰bc	۹/۶۷c	۰/۰۰g	۱/۱۵de	۷۹۰/۶۶e	۹۸۲/۲۲d
		۵۹۰	۰/۱۳j	۰/۳۸o	۱۰/۶۷d-h	۸/۳۳cde	۰/۶۷fg	۰/۴۰j	۳۸۱/۱۱h-k	۵۱۳/۳۳g
		بیله‌سوار	۰/۱۳ij	۰/۸۲f	۱۳/۰۰c-f	۱۰/۳۳bc	۱/۳۳d-g	۰/۶۷hi	۶۸۵/۵۶f	۹۱۳/۳۳d
		سپهر	۰/۱۷hij	۰/۶۸i	۱۶/۰۰bcd	۷/۰۰c-f	۰/۰۰g	۰/۸۱gh	۷۴۳/۳۳ef	۹۲۰/۰۰d

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



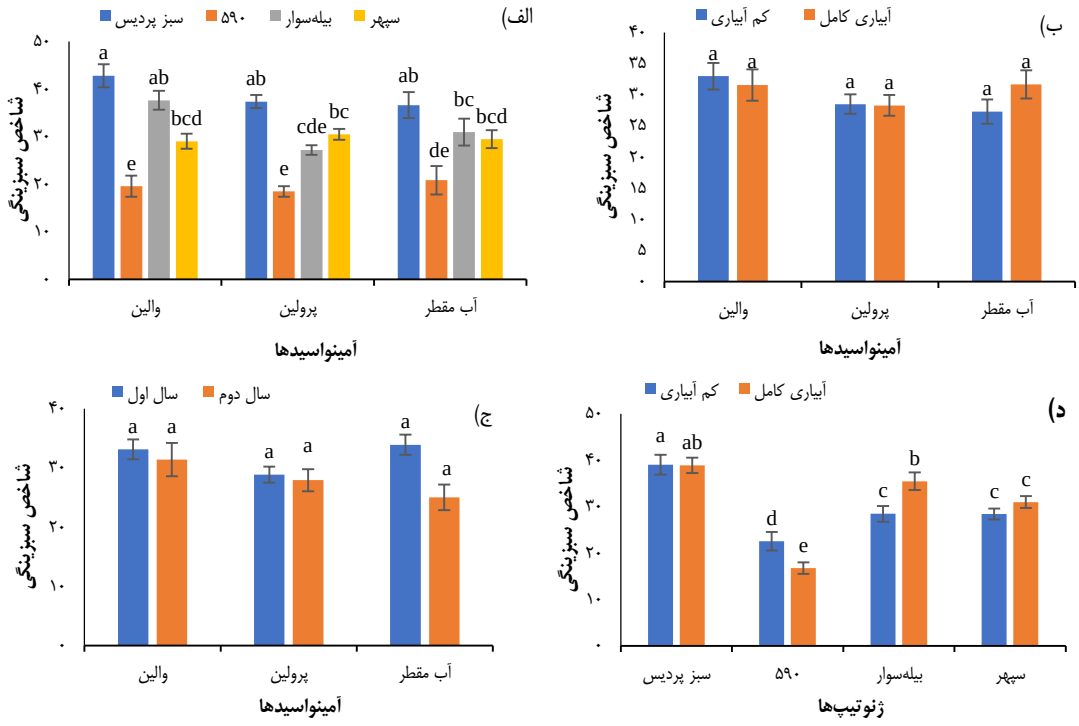
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ‌های عدس در صفت عرض کانوپی
(ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.)



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ‌های عدس در صفت عرض کانوپی.
(ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.)

۴. ۵. شاخص سبزینگی

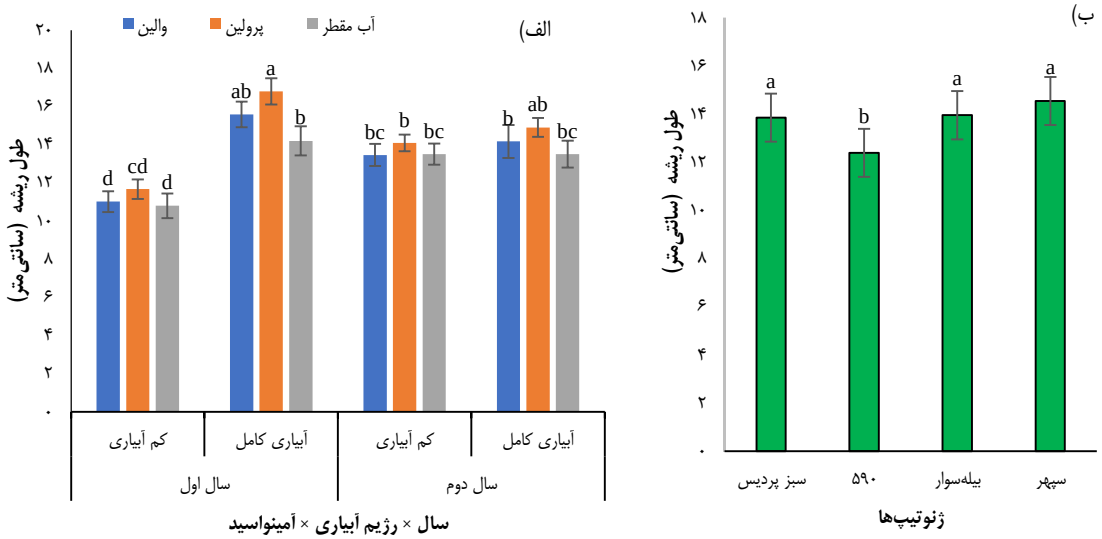
نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که در صفت شاخص سبزینگی، اثر برهم‌کنش دوگانه محلول‌پاشی× ژنوتیپ و محلول‌پاشی× رژیم آبیاری و محلول‌پاشی× سال ($p\geq$۰/۰۱) معنی‌دار گردید (جدول ۳). جدول مقایسات میانگین نشان داد که ژنوتیپ سبزپردیس بیش‌ترین شاخص سبزینگی (۴۲/۸) را با تیمار آمینواسید والین به خود اختصاص داده که البته با ژنوتیپ بیله‌سوار اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴–الف). اگرچه رژیم آبیاری و محلول‌پاشی آمینواسیدها در هر دو سال اختلاف معنی‌داری در این صفت نشان ندادند (شکل ۴– ب و ج)، اما ژنوتیپ سبزپردیس و ۵۹۰ به‌ترتیب بیش‌ترین (۳۹) و کم‌ترین (۱۶) شاخص سبزینگی را به خود اختصاص دادند (شکل ۴–د).



شکل ٤. مقایسه میانگین اثر متقابل آمینواسید× ژنوتیپ (الف)، آمینواسید× رژیم آبیاری (ب)، آمینواسید× سال (ج) و ژنوتیپ× رژیم آبیاری (د) در صفت شاخص سبزینگی عدس. (ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.)

۴. ۶. طول ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفت طول ریشه نشان داد که اثر برهم‌کنش سه‌گانه محلول‌پاشی، رژیم آبیاری و سال ($P\geq$۰/۰۵) و همین‌طور اثر ساده ژنوتیپ ($P\geq$۰/۰۱) معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین حاکی از آن است که بیش‌ترین طول ریشه در شرایط آبیاری کامل با تیمار آمینواسید پرولین در سال اول مشاهده شده که البته در همان سال با تیمار آمینواسید والین و سال بعد با تیمار آمینواسید پرولین اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۵–الف) و بیش‌ترین مقدار طول ریشه در ژنوتیپ سپهر با مقدار ۱۴/۵ سانتی‌متر بدون اختلاف معنی‌دار با ژنوتیپ‌های سبزپردیس و بیله‌سوار و کم‌ترین در ژنوتیپ ۵۹۰ مشاهده شد (شکل ۵– ب).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه سال، رژیم‌های آبیاری و آمینواسید (الف) و اثر ساده ژنوتیپ‌ها (ب) بر صفت طول ریشه عدس در دو سال. (ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.)

۴. ۷. وزن خشک ریشه

اثر برهم‌کنش سه‌گانه رژیم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی در سال اول و دوم ($P\geq$۰/۰۱) در مورد وزن خشک ریشه معنی‌دار شد (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه در هر دو سال ژنوتیپ سپهر با تیمار والین در شرایط آبیاری کامل بیش‌ترین وزن خشک ریشه را با مقدار ۰/۴۱ گرم به خود اختصاص داد و کم‌ترین وزن خشک ریشه با مقدار ۰/۱ گرم در اکثر شرایط مربوط به ژنوتیپ ۵۹۰ بود (جدول ۵).

۴. ۸. عرض دانه

اثر برهم‌کنش سه‌گانه رژیم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی و همینطور اثر سه‌گانه رژیم آبیاری، محلول‌پاشی و سال ($P\geq$۰/۰۱) در مورد عرض دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). طبق نتایج مقایسات میانگین در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه در هر دو سال و در تیمار با و بدون آمینواسیدها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۵ و شکل۶).

شکل ٦. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه سال، رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی بر صفت عرض دانه عدس در دو سال.
(ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.)

۴. ۹. وزن خشک غلاف پر

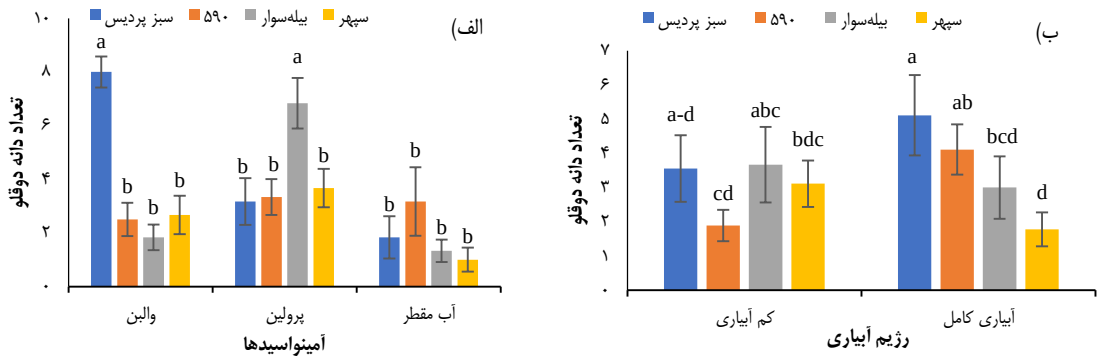
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در صفت وزن خشک غلاف پر، اثر برهم‌کنش سه‌گانه رژیم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی در سال اول و دوم ($P\geq$۰/۰۱) معنی‌دار گردید (جدول۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در هر دو سال آزمایش، تنش کم‌آبی سبب کاهش میزان وزن خشک غلاف پر گردید، به‌گونه‌ای‌که کم‌ترین میزان وزن خشک غلاف پر در تمامی تیمارهای موردآزمایش در کرت‌هایی مشاهده‌شده که تحت تأثیر تنش کم‌آبی بدون محلول‌پاشی آمینواسید به‌ویژه در ژنوتیپ ۵۹۰ قرار داشتند، درحالی‌که بیش‌ترین میزان آن در تیمار بدون تنش با محلول‌پاشی آمینواسید پرولین و با ژنوتیپ سبزپردیس به‌دست آمد (جدول۶).

۴. ۱۰. تعداد غلاف نابارور

نتایج تجزیه واریانس تعداد غلاف نابارور حاکی از معنی‌دار شدن اثر برهم‌کنش سه‌گانه رژیم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی ($P\geq$۰/۰۱) داشت (جدول۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در هر دو سال آزمایش، ژنوتیپ‌های بیله‌سوار و سبزپردیس با تیمار آمینواسیدها بیش‌ترین مقدار غلاف نابارور را به خود اختصاص دادند و کم‌ترین مقدار تعداد غلاف نابارور در ژنوتیپ ۵۹۰ درتیمار با پرولین در سال اول و آمینواسید والین در سال دوم به‌دست آمد (جدول ۵).

۴. ۱۱. تعداد دانه دوقلو

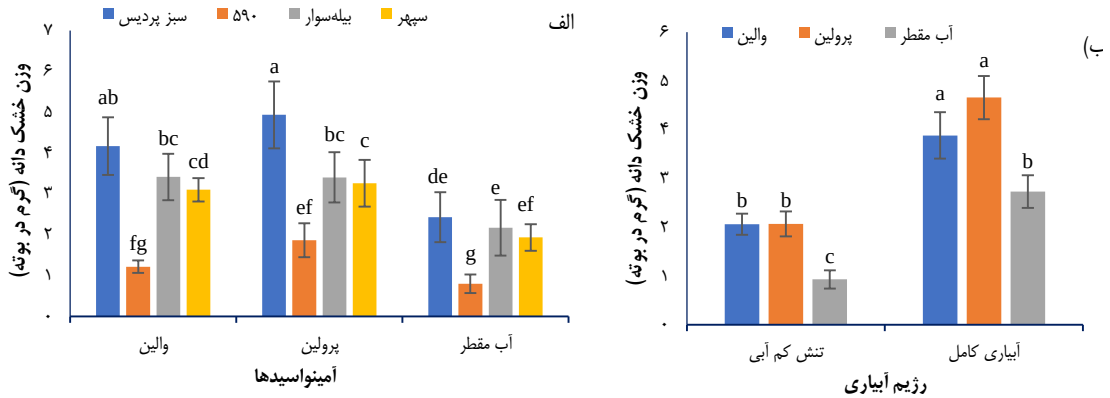
نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه دوقلو حاکی از معنی‌دار شدن اثر برهم‌کنش سه‌گانه رژیم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی ($P\geq$۰/۰۱) در سال اول و اثرات دوگانه رژیم آبیاری× ژنوتیپ و محلول‌پاشی× ژنوتیپ در سال دوم داشت (جدول ۴). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که در سال اول ژنوتیپ‌های سپهر و بیله‌سوار با تیمار آمینواسید والین با میانگین سه غلاف دوقلو در هر بوته بیش‌ترین مقدار تعداد دانه دوقلو را به خود اختصاص داده (جدول۶)، درحالی‌که در سال دوم ژنوتیپ بیله‌سوار و سبزپردیس با تیمار آمینواسیدها بیش‌ترین مقدار را داشتند (شکل ۷–الف). ژنوتیپ‌های موردمطالعه در شرایط آبیاری نرمال بیش‌ترین تعداد دانه دوقلو را نسبت به شرایط کم‌آبیاری داشتند و ژنوتیپ سبزپردیس در رتبه اول قرار داشت که البته قابل ذکر است با ژنوتیپ‌های ۵۹۰ و بیله‌سوار اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۷–ب).



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل آمینواسیدها و رژیم آبیاری در ژنوتیپ‌های عدس در صفت تعداد دانه دوقلو.
(ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.)

۴. ۱۲. وزن خشک دانه

نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه دوقلو حاکی از معنی‌دارشدن اثر برهم‌کنش سه‌گانه رژیم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی ($P\geq$۰/۰۱) در سال اول و اثرات دوگانه رژیم آبیاری× ژنوتیپ و محلول‌پاشی× ژنوتیپ در سال دوم داشت (جدول ۴). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که در سال اول ژنوتیپ‌های سپهر و سبزپردیس با مقدار ۲/۴ گرم در بوته در شرایط آبیاری نرمال با تیمار آمینواسید پرولین بیش‌ترین مقدار وزن خشک دانه را به خود اختصاص داده و کم‌ترین مربوط به ژنوتیپ ۵۹۰ با مقدار ۰/۴ گرم در بوته در شرایط بدون تیمار بود (جدول ۶). در سال دوم نیز همین نتیجه حادث گردید (شکل ۸–الف) و بیش‌ترین وزن خشک دانه در شرایط آبیاری نرمال در تیمار با آمینواسید پرولین بود (شکل ۸–ب).



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل آمینواسیدها × ژنوتیپ‌های عدس (الف) و رژیم آبیاری × محلول‌پاشی آمینواسیدها (ب) در صفت وزن خشک دانه.
(ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.)

۴. ۱۳. عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در صفت عملکرد دانه، اثر برهم‌کنش سه‌گانه رژیم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی در سال اول و دوم ($P\geq$۰/۰۱) معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نیز حاکی از آن داشت که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه عدس در تیمارهای بدون تنش با آمینواسید پرولین و در ژنوتیپ سبزپردیس با مقدار ۱۳۴۱/۱ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین در تنش کم‌آبی و در ژنوتیپ ۵۹۰ با مقدار ۵۶۴/۳ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید

(جدول ۶)، به‌گونه‌ای‌که در سال اول مطالعه، تنش کم‌آبی در ژنوتیپ سبزپردیس سبب کاهش حدود ۲۹ درصدی عملکرد دانه عدس گردید. درحالی‌که در ژنوتیپ ۵۹۰ این مقدار در حدود ۵۳ درصد بود و این نشان از برتری تیمار ژنوتیپ سبزپردیس در مقایسه با ژنوتیپ ۵۹۰ داشت که در اکثر صفات فیزیولوژیک نیز این برتری ژنوتیپ سبزپردیس در برابر تنش مشاهده گردید و هم‌چنین در همین سال، کاربرد آمینواسید والین و پرولین در ژنوتیپ سبزپردیس در شرایط تنش کم‌آبی به‌ترتیب سبب افزایش بیش از (۱۷ و ۴۵ درصدی) عملکرد دانه عدس گردید.

۵. بحث

تنش کم‌آبی تأثیر قابل توجهی بر ارتفاع بوته دارد، به‌طوری‌که در شرایط آبیاری نرمال باعث افزایش ارتفاع بوته در گیاه کلزا شد (فیاض و همکاران، ۱۴۰۳). به‌نظر می‌رسد تنش خشکی با ایجاد تغییرات مورفولوژیک در ساختار گیاه و تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیکی متعدد مانند نفوذپذیری و پایداری غشای سلول بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (جلیل[1] و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از مشکلات برداشت مکانیزه این محصول کم بودن ارتفاع ارقام و ارتفاع اولین غلاف می‌باشد، ژنوتیپ‌های دارای ارتفاع اولین غلاف بالاتر برای برداشت مکانیزه مناسب‌تر هستند. بنابراین در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه به‌ترتیب ژنوتیپ سپهر، سبزپردیس و بیله‌سوار به‌دلیل داشتن ارتفاع اولین غلاف بیش‌تر جهت برداشت مکانیزه مناسب‌تر هستند. در مطالعه‌ای محلول‌پاشی آمینواسید پرولین اثری افزایشی بر تعداد گل، وزن تر و خشک گل، کلروفیل کل و فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز در گیاه بابونه[2] تحت تنش خشکی داشت (درویژه و همکاران، ۱۳۹۶). محلول‌پاشی آمینواسیدها باعث افزایش قابل‌توجه ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی، وزن تر و خشک گیاه بابونه می‌شود (آتوآ[3] و همکاران، ۲۰۰۲؛ الدین[4] و الواحد[5]، ۲۰۰۵).

کمبود آب به‌دلیل کاهش سطح برگ از طریق کاهش تقسیمات سلولی و کاهش تورژسانس، کاهش ارتفاع بوته، ریزش برگ، کاهش سبزینگی و دوام سطح برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای برای جلوگیری از تعرق، جذب کم‌تر CO_2، کاهش کلروفیل و فتوسنتز منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود (نهبندانی[6] و همکاران، ۲۰۱۵). عمادی[7] و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزایش ماده خشک تولیدی و عملکرد بیولوژیک گیاه در شرایط آبیاری معمولی به‌علت توسعه سطح برگ و دوام سبزینگی و افزایش قدرت منبع برای استفاده بیش‌تر از نور دریافتی می‌باشد.

حفظ مقدار بالای آب نسبی[8] در شرایط خشکی که از طریق رشد بیش‌تر ریشه نسبت به اندام هوایی و بسته‌شدن روزنه‌ها به‌واسطه آبسیزیک‌اسید حاصل می‌شود، به حفظ تورژسانس سلولی، محتوای کلروفیل و فتوسنتز کمک می‌کند (کیوان[9]، ۲۰۱۰). مطالعه‌ای روی گندم نشان داد که پیش‌تیمار با آرژنین (۱ میلی‌مولار) باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه (۴۸/۳ درصد) و وزن خشک ریشه (۱۰۷/۷ درصد) تحت تنش خشکی شد. این نتایج نشان می‌دهد که آمینواسیدها می‌توانند رشدونمو ریشه را در شرایط کم‌آبی بهبود بخشند (حسین[10] و همکاران، ۲۰۲۲).

1. Jaleel
2. *Matricaria chamomile* L.
3. Attoa
4. El-Din
5. El-Wahed
6. Nehbandani
7. Emadi
8. RWC
9. Keyvan
10. Hussein

عدم تأثیر معنی‌دار اثر دوگانه آبیاری و ژنوتیپ بر عرض دانه در هر دو سال مطالعه می‌تواند ناشی از دو مسئله باشد اول این‌که این صفت بیش‌تر به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود، بنابراین تأثیر محیط بر آن کم‌تر است که معنی‌دارشدن اثر ساده ژنوتیپ ($P\leq$۰/۰۱) بر این صفت تائیدی بر آن است. دلیل دوم آن می‌تواند ناشی از اثرات جبرانی اجزای عملکرد باشد به این معنا که کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی باعث شده اندازه دانه کم‌تر کاهش یابد و عرض دانه تحت تأثیر قرار نگیرد. عرض دانه یکی از خصوصیات مورفولوژیک گیاه عدس است که در بازارپسندی محصول این گیاه نقش زیادی دارد و معمولاً عدس‌های درشت‌تر بازارپسندی بهتری دارند از بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه ژنوتیپ‌های سپهر، بیله‌سوار و سبزپردیس دارای بیش‌ترین عرض دانه بوده و از این لحاظ در بین ژنوتیپ‌ها مناسب‌تر برای تولید هستند.

با توجه به معنی‌دارشدن برهم‌کنش آبیاری و ژنوتیپ انتخاب ژنوتیپ مناسب با توجه به شرایط آبیاری می‌تواند تأثیر به‌سزایی در حفظ وزن تر غلاف پر داشته باشد. در این میان، محلول‌پاشی آمینواسیدها می‌تواند به بهبود وزن تر غلاف پر کمک کند، به‌ویژه در شرایط تنش کم‌آبی که محلول‌پاشی با آمینواسیدها (به‌ویژه پرولین) می‌تواند اثرات منفی تنش را تا حدودی جبران کرده و وزن تر غلاف پر را افزایش دهد.

کاهش تعداد دانه در بوته در اثر کمبود آب در مطالعات پانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۶؛ ساماراح[2] و همکاران، ۲۰۰۹) در نخود گزارش شده است. در شرایط کم‌آبی به خصوص شرایط دیم کاهش تعداد دانه در بوته ناشی از کاهش تعداد گل‌های تشکیل‌شده در بوته، کاهش تعداد گل‌های لقاح‌یافته و در نهایت کم‌شدن تعداد دانه‌های پر شده است. کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش و کاهش میزان مواد فتوسنتزی تولیدشده باعث کاهش تولید گل در بوته شده هم‌چنین به‌واسطه کمبود این مواد در مرحله پرشدن دانه، دانه‌ها پر نشده و غلاف‌ها خالی باقی می‌ماند و سقط دانه در غلاف رخ می‌دهد که باعث کاهش تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه می‌شود (ژو[3]، ۲۰۰۲).

وزن دانه از اجزای مهم عملکرد دانه است که به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود، اما عوامل محیطی نیز بر آن تأثیرگذار هستند (صالحی[4]، ۲۰۱۵). تنش خشکی با تحت تأثیر قراردادن درجه بازشدن روزنه‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کلوین می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی تولید مواد فتوسنتزی را محدود می‌کند (پساراکلی[5]، ۲۰۲۱) و این کاهش در تولید مواد پرورده، به‌طور مستقیم منجر به کاهش وزن صددانه (به‌عنوان ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) می‌شود. بنابراین، کاهش وزن صددانه در شرایط تنش خشکی را می‌توان ناشی از تسریع فرایند پیری گیاه، کاهش ظرفیت فتوسنتزی (صالحی، ۲۰۱۵) و پدیدآمدن دانه‌های چروکیده با وزن کم‌تر مربوط دانست. به‌نظر می‌رسد که در شرایط کمبود آب، ابتدا تعداد دانه‌ها کاهش می‌یابد و سپس وزن دانه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. این یافته‌ها توسط سایر پژوهش‌گران نیز تأیید شده است (کریم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶). علت این موضوع ممکن است کوتاه‌شدن دوره رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی باشد که منجر به کاهش طول دوره مؤثر پرشدن دانه و محدودیت در ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌شود. این عوامل در نهایت باعث کاهش وزن صددانه در تیمارهای تحت تنش خشکی می‌شوند (واکریم[6] و همکاران، ۲۰۰۵).

خشکی منجر به کاهش اندازه برگ‌ها، وزن خشک اندام هوایی، شاخص سطح برگ، تعداد برگچه‌ها، متوسط سطح برگ و فشار تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌شود. اولین اثر خشکی، کاهش آماس سلولی است که باعث کاهش سرعت رشد محصول و اندازه نهایی آن می‌گردد. این امر به‌نوبه خود موجب کاهش سرعت رشدونمو، رشد ساقه و برگ

1. Pang
2. Samarah
3. Zhu
4. Salehi
5. Pessarakli
6. Wakrim

می‌شود، زیرا مقدار واحدهای فتوسنتزکننده، تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن به بخش‌های مختلف کاهش یافته و در نهایت، عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (هو[1] و همکاران، ۲۰۱۴). در شرایط کم‌آبی، به‌دلیل آسیب دیدن فرایندهای فیزیولوژیک مانند فتوسنتز، تولید گیاه کاهش می‌یابد. این کاهش در تولید مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون‌بوته‌ای، به‌همراه ریزش گل‌ها ناشی از تنش کمبود آب، منجر به کاهش تعداد غلاف‌ها و ناباروری بیش‌تر غلاف‌های تشکیل شده خواهد شد (واکریم و همکاران ۲۰۰۵). دلیل احتمالی دیگر این است که در پایان دوره رشد، به‌دلیل کمبود آب قابل دسترس، قدرت انتقال مواد پرورده به دانه کاهش می‌یابد و این امر منجر به افت عملکرد دانه می‌شود. عدم تشکیل دانه یا کاهش شدید آن در شرایط کم‌آبیاری در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (بیات و همکاران، ۱۳۸۹). علاوه بر تولید ماده خشک، توزیع مواد پرورده بین اندام‌های مختلف گیاه از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت است (چاوز[2] و همکاران، ۲۰۰۳). افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند ناشی از گسترش بیش‌تر سطح برگ و دوام آن باشد که با ایجاد یک منبع فیزیولوژیکی کارآمد برای استفاده بهتر از نور دریافتی، باعث افزایش تولید ماده خشک می‌شود (بیات و همکاران، ۱۳۸۹).

کاهش عملکرد دانه در اثر کمبود آب در مطالعات عزیزی و همکاران (۱۴۰۳) در عدس، پانگ[3] و همکاران (۲۰۱۶) در نخود، محمدزاده و همکاران (۱۳۹۱) در لوبیا قرمز، ساماراه[4] و همکاران (۲۰۰۹) در نخود، عمادی[5] و همکاران، (۲۰۱۲) در لوبیا چیتی و تاماسوکی[6] و همکاران، (۲۰۲۴) در جو گزارش شده است. نتایج بررسی‌های مختلف مؤید این است که آمینواسید به‌عنوان منبع تامین نیتروژن در افزایش نورساخت و بهبود سرعت رشد پرشدن دانه‌ها و در نهایت در افزایش عملکرد دانه نقش مؤثری دارد (حاج سید هادی و رضایی قلعه، ۱۳۹۴: اسلاویک[7]، ۲۰۰۵) می‌توان اهمیت تغذیه برگی آمینواسیدها را به‌عنوان یک منبع مهم در سنتز پروتئین گیاهان دانست (رئیسی[8] و همکاران، ۲۰۱۴). افزایش عملکرد در اثر کاربرد آمینواسید در گیاه عدس (حیدرزاده و همکاران، ۱۴۰۰)، سیر (شلابی[9] و الرمادی[10]، ۲۰۱۴) و فلفل شیرین (السعید[11] و کمال[12]، ۲۰۰۸) گزارش شده است که با نتایج ما مطابقت دارد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس نتایج این مطالعه، تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش زیست‌توده کل، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی، شاخص سبزینگی، طول و وزن ریشه، وزن و تعداد دانه و غلاف و عملکرد دانه عدس شد. با این‌حال، استفاده از آمینواسیدها، به‌ویژه پرولین، به‌طور مؤثری این اثرات نامطلوب را کاهش داده و باعث بهبود عملکرد گیاه شد. ژنوتیپ سبزپردیس مقاومت بیش‌تری در برابر تنش کم‌آبی نشان داد و عملکرد بهتری نسبت به ژنوتیپ ۵۹۰ داشت. به این ترتیب، پیشنهاد می‌شود که در مناطق خشک و نیمه‌خشک از ژنوتیپ سبزپردیس استفاده شده و با محلول‌پاشی

1. Hu
2. Chaves
3. Pang
4. Samarah
5. Emadi
6. Tamasoki
7. Slavik
8. Raeisi
9. Shalaby
10. El-Ramady
11. Al-Said
12. Kamal

آمینواسیدها، به‌ویژه پرولین، کیفیت و عملکرد محصولات عدس بهبود یابد. این یافته‌ها می‌توانند در برنامه‌های مدیریت زراعی عدس به‌منظور افزایش تولید در شرایط کم‌آبی توسعه داده شود.

۷. تشکر و قدردانی

از دانشگاه تربیت مدرس به‌خاطر تأمین مالی برای پیش‌برد این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

بیات، علی‌اکبر؛ سپهری، علی؛ احمدوند، گودرز و دری، حمیدرضا (۱۳۸۹). اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی. *نشریه علوم زراعی ایران*، ۱۲ (۱)، ۴۲-۵۴

حاج سید هادی، محمد رضا و رضایی قلعه، هدی (۲۰۱۶). بررسی تأثیر مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و اوره بر عملکرد کمّی و کیفی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.). *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۱(۶)، ۱۰۵۸-۱۰۷۰.

حیدرزاده، علی و مدرس ثانوی، سید علی محمد (۱۴۰۲). اثر ترکیب اسیدهای آمینه مختلف بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی سیر (*Allium sativum*). *تولیدات گیاهی*، ۴۶(۲)، ۲۳۷-۲۴۹.

حیدرزاده، علی؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد و مختصی بیدگلی، علی (۱۴۰۰). بررسی رژیم‌های تغذیه‌ای مختلف روی برخی صفات کمی و کیفی علوفه‌ای زرین گیاه (*Dracocephalum kotschyi* Boiss) تحت تنش کم‌آبی. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۲(۲)، ۱۵-۲۷.

حیدرزاده، علی؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد و ابراهیمی اسبورزی، حسین (۱۴۰۰). تأثیر بذرمال و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مختلف روی عملکرد و اجزای عملکرد عدس (*Lens culinaris* Medik.) در کشت دیرهنگام. *پژوهش‌های حبوبات ایران*، ۱۲(۱)، ۸۸-۹۹.

حیدرزاده، علی؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد و ابراهیمی اسبورزی، حسین (۱۴۰۰). تأثیر بذرمال و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مختلف روی عملکرد و اجزای عملکرد عدس (*Lens culinaris* Medik.) در کشت دیرهنگام. *پژوهش‌های حبوبات ایران*، ۱۲(۱)، ۸۸-۹۹.

حیدرزاده، علی و مدرس ثانوی، سید علی محمد (۱۴۰۰). اثر نوع و روش مصرف اسیدهای آمینه مختلف بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، محتوای پرولین و عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris* Medik.). *تولیدات گیاهی*، ۴۴(۳)، ۳۸۱-۳۹۴.

درویژه، حکیمه؛ زواره، محسن و قاسم‌نژاد،محمود (۱۳۹۶). تأثیر محلول‌پاشی پرولین بر ویژگی‌های بیوشیمیایی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) در شرایط تنش آبی. *نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۵ (۹)، ۳۵-۶۰.

عابدی، امیرمحمد؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد و حیدرزاده، علی (۱۴۰۴). مطالعهٔ عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا (*Camelina sativa* L.) با کاربرد زئولیت و سرکهٔ‌چوب در شرایط تنش کم‌آبی. *تولیدات گیاهی*، ۴۸(۱)، ۲۱-۳۸.

عزیزی، سولماز؛ زارع، ناصر؛ شیخ‌زاده، پریسا؛ عزیزی، جوانشیر و کریمی‌زاده، رحمت (۱۴۰۳). ارزیابی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی عدس (*Lens culinaris*) به تنش خشکی و آبیاری مجدد. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۷(۴)، ۷۰۳-۷۱۹.

فیاض، اسماعیل؛ سروش‌زاده، علی و حیدرزاده، علی (۱۴۰۳). تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در شرایط تنش کم آبی آخر فصل بر برخی از فرایندهای فیزیولوژیک گیاه کلزا (*Brassica napus* L.). *تولیدات گیاهی*، ۴۷(۱)، ۶۵-۸۳.

فیاض، اسماعیل؛ سروش‌زاده، علی و حیدرزاده، علی (۱۴۰۴). پاسخ خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی کلزا (*Brassica napus* L.) رقم نیما به محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در شرایط تنش خشکی. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۸(۲)، ۲۲۹-۲۴۹.

کریم‌زاده، هدایت‌اله؛ نظامی، احمد؛ کافی، محمد و تدین، محمودرضا (۱۳۹۶). اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی در شهرکرد. *پژوهش‌های حبوبات ایران*، ۸(۱)، ۱۱۳-۱۲۶.

محمدزاده، آرش؛ مجنون‌حسینی، ناصر؛ مقدم، حسین و اکبری، مهدی (۱۳۹۱). اثر تنش خشکی و سطوح کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیک دو ژنوتیپ لوبیا قرمز. *نشریه علوم زراعی ایران*، ۱۴ (۳)، ۲۹۴-۳۰۷

مرادی قهدریجانی، مهرداد؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد؛ مختصی بیدگلی، علی و حیدرزاده، علی (۱۴۰۳). ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفیت علوفه شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۷(۲)، ۲۷۱-۲۸۶.

مومنی شیجانی، کیمیا؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد؛ حیدرزاده، علی و عابدی، امیرمحمد (۱۴۰۳). مطالعه رنگریزه فتوسنتزی، عملکرد و ترکیبات روغن کاملینا (*Camelina sativa* L.) تحت تأثیر محلول‌پاشی اوره و رژیم‌های آبیاری در منطقه تهران. *تولیدات گیاهی*، ۴۷(۳)، ۳۸۷-۴۰۳.

نقوی، زهرا؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد؛ حیدرزاده، علی و عابدی، امیر محمد (۱۴۰۳). تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و محلول‌پاشی کلات آهن روی صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های فلورسانس کلروفیل گل‌گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.). *پژوهش در علوم باغبانی*، ۳(۱)، ۱۴۷-۱۶۸.

References

Abedi, A. M., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Heidarzadeh, A. (2025). Study of yield and yield components of camelina (*Camelina sativa* L.) under water deficit stress with the application of zeolite and wood vinegar. *Plant Productions*, *48*(1), 21-38. (In Persian).

Al-Said, M., & Kamal, A. (2008). Effect of foliar spray with folic acid and some amino acids on flowering, yield and quality of sweet pepper. *Journal of Plant Production*, *33*(10), 7403-7412.

Attoa, G., Wahba, H., & Frahat, A. (2002). Effect of some amino acids and sulphur fertilizers on growth and chemical composition of *Iberis amara* L. plant. *Egyptian Journal of Horticulture*, *29*(1), 17-37 .

Azizi, S., Zare, N., Sheikhzadeh, P., Azizi, J., & Karimizadeh, R. (2024). Evaluation of the physiological and biochemical response of cultivars Lens culinaris to drought stress and re-irrigation. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *17*(4), 703-719. (In Persian).

Baber, K., Jones, C., Miller, P., Lamb, P., & Atencio, S. (2023). Lentil nitrogen fixation response to fertilizer and inoculant in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, *115*, 2614-2630.

Bansal, R., Priya, S., Dikshit, H. K., Jacob, S. R., Rao, M., Bana R. S., & Kumar, S. (2021). Growth and antioxidant responses in iron-biofortified lentil under cadmium stress. *Toxics*, *9*(8), 182 .

Bartlett, M. K., Detto, M., & Pacala, S. W. (2019). Predicting shifts in the functional composition of tropical forests under increased drought and CO 2 from trade-offs among plant hydraulic traits. *Ecology Letters*, *22*(1), 67-77.

Bayat, A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., & Dorri, H. (2010b). Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *12*(1), 42-54. (In Persian).

Biju, S., Fuentes, S., & Gupta, D. (2017). Silicon improves seed germination and alleviates drought stress in lentil crops by regulating osmolytes, hydrolytic enzymes and antioxidant defense system. *Plant Physiology and Biochemistry*, *119*, 250-264.

Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, *30*(3), 239-264 .

Darvizheh, H., Zavareh, M., & Ghasemnezhad, M. (2017). Effects of prolin application on biochemistry characteristics of German chamomil (*Matricaria chamomilla* L.) in water stress. *Journal of Applied Research in Plant Ecophysiology*, *5*(9), 35-60. (In Persian).

Donat, M. G., Lowry, A. L., Alexander, L. V., O'Gorman, P. A., & Maher, N. (2016). More extreme precipitation in the world's dry and wet regions. *Nature Climate Change, 6*(5), 508-513.

El Haddad, N., Choukri, H., Ghanem, M. E., Smouni, A., Mentag, R., Rajendran, K., & Kumar, S. (2021). High-temperature and drought stress effects on growth, yield and nutritional quality with transpiration response to vapor pressure deficit in lentil. *Plants, 11*(1), 95.

El-Din, K. M. G., & El-Wahed, M. (2005). Effect of some amino acids on growth and essential oil content of chamomile plant. *International Journal of Agricultur and Biology, 7* (376-380).

Emadi, N., Balouchi, H. R., & Sh. Jahanbin, S. (2012). Effect of drought stress and plant density on yield , yield components and some morphological characters of pinto bean (CV. C.O.S16) in yasouj region. . *Electronic Journal of Crop Production,, 5*(2), 1-17.

FAO. (2023). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook* (978-92-5-138262-2). (FAO Statistical Yearbook – World Food and Agriculture.

Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., & Siddique, K. (2012). Drought stress in plants: an overview. *Plant responses to drought stress: From Morphological to Molecular Features*, 1-33.

Fatima, R., Mahmood, T., Moosa, A., Aslam, M. N., Shakeel, M. T., Maqsood, A., & Al-Shehri, M. (2023). Bacillus thuringiensis CHGP12 uses a multifaceted approach for the suppression of Fusarium oxysporum f. sp. ciceris and to enhance the biomass of chickpea plants. *Pest Management Science, 79*(1), 336-348.

Fayaz, E., Sorooshzadeh, A., & Heidarzadeh, A. (2024). Effect of foliar application of amino acids on some physiological processes of oil rapeseed (*Brassica napus* L.) under late-season drought stress conditions. *Plant Productions, 47*(1), 65-83. (In Persian).

Fayaz, E., Sorooshzadeh, A., & Heidarzadeh, A. (2025). Response of physiological and biochemical characteristics of oilseed rape Nima cultivar (*Brassica napus* L.) to foliar application of amino acids under drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *18*(2), 229-249.

Fayaz, E., Sorooshzadeh, A., & Heidarzadeh, A. (2024). Effect of foliar application of amino acids under water deficit conditions during late-season on yield and yield components of oil rapeseed (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science, 55*(1), 139-149. (In Persian).

Ghadirnezhad Shiade, S. R., Fathi, A., Taghavi Ghasemkheili, F., Amiri, E., & Pessarakli, M. (2023). Plants' responses under drought stress conditions: Effects of strategic management approaches A review. *Journal of plant Nutrition, 46*(9), 2198-2230.

Haj Seyed Hadi, M. R., & Rezaee Ghale, H. (2016). Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants,* 31(6), 1058-1070. (In Persian)

Heidarzadeh, A., & Modarres-Sanavy, S. A. M. (2023). Effect of amino acids combination on the quantitative and qualitative characteristics of garlic (*Allium sativum* L.). *Plant Productions, 46*(2), 237-249. (In Persian).

Heidarzadeh, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2021). Investigate different nutritional regimens on some forage quantitative and qualitative traits of *Dracocephalum kotschyi* Boiss under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *52*(2), 15-27. (In Persian).

Heidarzadeh, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Ebrahimi-Esborezi, H. (2021). Effect of priming and foliar application of different amino acids on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in late sowing. *Iranian Journal of Pulses Research, 12*, 88-99. (In Persian).

Heidarzadeh, A., & Modarres-Sanavy, S. A. M. (2021). Effects of Application and Type of Amino Acids on the Activity of Antioxidant Enzymes, Proline Content and Seed yield of Lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Plant Products, 44*, 381-394. (In Persian).

Heidarzadeh, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2022). Changes in Yield and Essential Oil Compositions of *Dracocephalum kotschyi* Boiss in Response to Azocompost, Vermicompost, Nitroxin, and Urea Under Water Deficit Stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 22*, 896-913.

Hu, Y.-Y., Zhang, Y.-L., Yi, X.-P., Zhan, D.-x., Luo, H.-H., Soon, C. W., & Zhang, W.-F. (2014). The relative contribution of non-foliar organs of cotton to yield and related physiological characteristics under water deficit. *Journal of Integrative Agriculture, 13*(5), 975-989.

Hussein, H.-A. A., Alshammari, S. O ,.Kenawy, S. K., Elkady, F. M., & Badawy, A. A. (2022). Grain-priming with L-arginine improves the growth performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants under drought stress. *Plants, 11*(9), 1219.

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, *11*(1), 100-105 .

Karimzadeh, H., Nezami, A., Kafi, M., & Tadayon, M. (2017). Effects of deficit irrigation on yield and yield components of pinto bean genotypes in Shahrekord. *Iranian Journal Pulses Research*, *8*(1), 113-126. (In Persian).

Keyvan, S. (2010). The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. *Journal of Animal & Plant Sciences, 8*(3), 1051-1060.

Khalesi, A., Mousavi Mirkalaeia, S. A., Modarres Sanavy, S. A. M., Eftekhari, A., & Moghadam, M. N. (2023). Effect of foliar application of amino acids on grain yield and physiological traits of chickpea under drought stress. *Gesunde Pflanzen, 75*(5), 1705-1718 .

Margier, M., Georgé, S., Hafnaoui, N., Remond, D., Nowicki, M., Du Chaffaut, L., Amiot, M.-J., & Reboul, E. (2018). Nutritional composition and bioactive content of legumes: Characterization of pulses frequently consumed in France and effect of the cooking method. *Nutrients*, *10*(11), 1668.

Mohammadi, M., Ghane, M., Majnoun Hoseini, N., & Moghaddam, H. (2019). Response of Lentil (*Lens culinaris* L.) Yield and Physiological Traits to Chemical and Bio-phosphorus Fertilizers under Different Irrigation Regimes. *Journal of Agroecology, 10*(4), 1107-1120.

Mohammadzadeh, A ,.Majnoon Hosseini, N., Moghaddam , H., & Akbari. M. (2012). Effect of drought stress and nitrogen fertilizer levels on physiological characteristics of two red kidney bean genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences, 14*(3), 294-307. (In Persian).

Momeni-Shijani, K., Modarres-Sanavy, S. A. M., Heidarzadeh, A., & Abedi, A. M. (2024). Study of photosynthetic pigments, seed yield and oil compositions of camelina (*Camelina sativa* L.) under the influence of urea foliar application and irrigation regimes in Tehran. *Plant Productions*, *47*(3), 387-403. (In Persian).

Moradi-Ghahderijani, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mokhtassi-Bidgoli, A., & Heidarzadeh, A. (2024). Evaluation of physiological characteristics and forage quality of Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) under the different irrigation levels. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *17*(2), 271-286. (In Persian).

Naghavi, Z., Modarres-Sanavy, S. A. M., Heidarzadeh, A., & abedi, A. M. (2024). Effect of Different Irrigation Regimes and Foliar Application of Iron Chelate on Physiological Traits and Chlorophyll Fluorescence Parameters in European Borage (*Borago officinalis* L.). *Research in Horticultural Sciences*, *3*(1), 147-168. (In Persian).

Nehbandani, A., Soltani, A., & Darvishirad, P. (2015). Effect of terminal drought stress on water use, growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant Ecophysiology*, *23*, 17-27 .

Noor, M. M .A., Tahjib-Ul-Arif, M., Alim, S. M. A., Islam, M. M., Hasan, M. T., Babar, M. A., ... & Mostofa, M. G. (2024). Lentil adaptation to drought stress: response, tolerance, and breeding approaches. *Frontiers in Plant Science, 15*, 1403922.

Pang, J., Turner, N. C., Khan, T., Du, Y.-L., Xiong, J.-L., Colmer, T. D., ... & Siddique, K. H. M. (2016). Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to terminal drought: leaf stomatal conductance, pod abscisic acid concentration, and seed set. *Journal of Experimental Botany, 68*(8), 1973-1985.

Pessarakli, M. (2021). Physiological responses of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to salt stress. *Handbook of plant and crop physiology* (4th Edition ed.): CRC press.

Prasad, P., Staggenborg, S., & Ristic, Z. (2008). Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. *Response of crops to limited water: Understanding and Modeling Water Stress Effects on Plant Growth Processes, 1*, 301-355.

Quinn, M. A. (2009). Biological nitrogen fixation and soil health improvement. In The lentil: botany, production and uses (pp. 229-247). Wallingford UK: CABI.

Raeisi, M., Farahani, L., & Palashi, M. (2014). Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. *International Journal of Biosciences*, 4(1), 463-468.

Salehi, F. (2015). Principles of breeding and cultivation of common bean. *Agricultural and Natural Resources Research Education Publication*, 265.

Samarah, N. H., Haddad, N., & Alqudah, A. M. (2009). Yield potential evaluation in chickpea genotypes under late terminal drought in relation to the length of reproductive stage. *Italian Journal of Agronomy*, *4*(3), 111-117.

Shalaby, T. A., & El-Ramady, H. (2014). Effect of foliar application of bio-stimulants on growth, yield, components, and storability of garlic (*Allium sativum* L.). *Australian Journal of Crop Science,8*(2), 271-275.

Singh, D., Singh, C. K., Taunk, J., Gaikwad, K., Singh, V., Sanwal, S. K., & Yadav, R. K. (2022). Linking genome wide RNA sequencing with physio-biochemical and cytological responses to catalogue key genes and metabolic pathways for alkalinity stress tolerance in lentil (*Lens culinaris* Medikus). *BMC Plant Biology*, *22*(1), 99.

Slavik, M. (2005). Production of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings on substrate mixes using growth stimulants. *Journal of Forest Science, 51*(1), 15-23 .

Tamasoki, Z., Andalibi, B., & Nasiri, S. (2024). Effect of irrigation regime and foliar application of methyl jasmonate on physiological ,biochemical and growth alterations of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Environmental Stresses in Crop Sciences, 17*(3), 505-521.

Vassilevska-Ivanova, R. D., Shtereva, L., Stancheva, I., & Geneva, M. (2016). Drought stress responses of sunflower germplasm developed after wide hybridization. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 4*(10), 859-866 .

Vaughan, M. M., Block, A., Christensen, S. A., Allen, L. H., & Schmelz, E. A. (2018). The effects of climate change associated abiotic stresses on maize phytochemical defenses. *Phytochemistry Reviews, 17*, 37-49 .

Zafar, S. A., Noor, M. A., Waqas, M. A., Wang, X., Shaheen, T., Raza, M., & Rahman, M. (2018). Temperature extremes in cotton production and mitigation strategies. *Past, Present and Future Trends in Cotton Breeding*, *4*, 65-91 .

Zandalinas, S. I., Mittler, R., Balfagón, D., Arbona, V., & Gómez-Cadenas, A. (2018). Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum, 162*(1), 2-12.

Zhu, J.-K. (2002). Salt and drought stress signal transduction *Annual Review of Plant Biology, 53*, 247-273.