



Investigating the Effects of Sugarcane (*Saccharum officinarum*) Drainage Water, Foliar Application of Amino Acids, and Salicylic Acid on Morpho-Physiological Characteristics of Camelina (*Camelina sativa* L.) Cultivars

H. Nezhad Gharebaghi¹, P. Hassibi^{1*}, A. Rahnama¹, D. Kehrizi², A. Monsefi¹

1- Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(*- Corresponding author's Email: p.hassibi@scu.ac.ir)

How to cite this article:

Received: 09 December 2024
Revised: 09 March 2025
Accepted: 10 March 2025
Available Online: 13 April 2025

Nezhad Gharebaghi, H., Hassibi, P., Rahnama, A., Kehrizi, D., & Monsefi A. (2025). Investigating the Effects of Sugarcane (*Saccharum officinarum*) Drainage Water, Foliar Application of Amino Acids, and Salicylic Acid on Morpho-Physiological Characteristics of Camelina (*Camelina sativa* L.) Cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 23(4), 417-438. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22067/jcesc.2025.91086.1363>

Introduction

This study aimed to utilize unconventional water resources to cultivating the strategic oilseed crop *Camelina sativa*, also investigating the effects of foliar application of L-amino acids and salicylic acid (SA) on morpho-physiological characteristics of Camelina cultivars. Soil and water salinity are the most significant problems in Khuzestan Province, leading to reduced agricultural productivity. High salinity in Khuzestan soils significantly reduces the growth and productivity of many crops. However, employing foliar spraying of amino acids and salicylic acid can serve as a magnificent method to reduce the impact of salt stress in saline soils. The current investigation intends to explore the effect of foliar spraying of amino acids and salicylic acid on the *Camelina sativa* L. under sugarcane (*Saccharum officinarum*) drainage water irrigation. Camelina as a low input oilseed crop has a few positive traits that make it possible to cultivate in Iran. The main advantages of Camelina like drought and salinity tolerance and high seed oil content make it valuable especially in less productive lands. Due to the large volumes of drainage water produced in the sugarcane industry, recycling this water and using it to irrigate salt-tolerant crops—other than sugarcane—can serve as a valuable source of supplemental irrigation. With proper management, drainage water recycling can also offer additional benefits, such as conserving conventional freshwater resources needed for expanding crop cultivation in the region.

Materials and Methods

The experiment was conducted during the 2022–2023 and 2023–2024 growing seasons using a split-split plot test based on a randomized complete block design in four replications at the sugarcane industry of Hakim Farabi, located in southern Khuzestan Province. Water sources as main factor included river water (control), alternate irrigation (alternating river water and sugarcane drainage water), sugarcane drainage water irrigation. Sub-factor was foliar applications at flowering stage included control (no application), L-amino acids at 1.5 and 3 L ha⁻¹, salicylic acid at 1 and 2 mM, and cultivars (Soheil and Sepehr) as sub-sub-factor. The amino acids used included alanine, arginine, aspartic acid, cysteine, glutamic acid, glutamine, glycine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, proline, serine, threonine, tryptophan, tyrosine, and valine from stock solutions of 1 and 1.5 L ha⁻¹.



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jcesc.2025.91086.1363>

Results and Discussion

Results indicated that under river water irrigation (Karun River), the Sepehr cultivar treated with 3 L ha⁻¹ L-amino acids exhibited a 53% higher seed yield compared to the untreated Soheil control. The lowest yield was observed under sugarcane drainage water irrigation. However, the Soheil cultivar showed a 35% yield advantage under sugarcane drainage water when treated with 3 L ha⁻¹ L-amino acids compared to the untreated Sepehr control. The highest seed yield over the two years was obtained from river water irrigation combined with a foliar application of 3 L ha⁻¹ of amino acids in the Sepehr cultivar (3609 kg ha⁻¹). In contrast, the lowest seed yield was recorded for the Sepehr cultivar under irrigation with sugarcane drain water. The best seed yield in the Soheil cultivar was also achieved with a foliar application of 3 L ha⁻¹ of amino acids (1691 kg ha⁻¹). The Sepehr cultivar exhibited higher grain and biological yields under river water irrigation. Foliar applications of amino acids and salicylic acid significantly improved seed yield, biological yield, harvest index, 1000-seed weight, number of siliques per plant, number of seeds per silique, silique length, and plant height under both drainage water and non-drainage water irrigation conditions. However, under drainage water irrigation, Sepehr yielded less than the Soheil cultivar. Overall, foliar application of L-amino acids and salicylic acid appeared to function as effective growth regulators, alleviating stress by enhancing nutrient uptake and ultimately improving seed yield.

Conclusion

This study concluded that foliar applications of amino acids and salicylic acid enhanced the growth and development of Camelina by improving nutrient absorption, mitigating stress effects, and increasing seed yield. The integration of L-amino acids and SA alleviated stress under unconventional water irrigation, demonstrating their potential for sustainable Camelina production. River water with amino acid supplementation yielded optimal results, while sugarcane drainage water required amino acid amendments to enhance productivity.

Keywords: Irrigation management, L-amino acids, Non-conventional water resources, Oilseed, Seed yield

بررسی تأثیر زهاب نیشکر (*Saccharum officinarum*)، کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدها و اسیدسالیسیلیک روی برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ارقام کاملینا (*Camelina sativa* L.)

حبیب نژاد قرباغی^۱، پیمان حسینی^{۱*}، افراسیاب راهنما^۱، دانیال کهریزی^۲، علی منصفی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰

این آزمایش با هدف استفاده از منابع آب نامتعارف به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب برای تولید محصول راهبردی دانه روغنی کاملینا (*Camelina sativa* L.) و همچنین مطالعه اثر کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدها و اسیدسالیسیلیک بر بعضی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ارقام کاملینا در سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ و ۱۴۰۳-۱۴۰۲ به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. منابع آبی به‌عنوان عامل اصلی شامل آبیاری با رودخانه (شاهد)، آبیاری تناوبی (یک بار آب رودخانه و یک بار آبیاری با آب زهکش به‌طور متناوب) و آبیاری با زهاب نیشکر، کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک در پنج سطح شامل بدون کاربرد (شاهد)، آمینواسیدهای چپ‌گرد به‌میزان ۱/۵ و ۳ لیتر در هکتار، اسیدسالیسیلیک با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار در مرحله گل‌دهی به‌عنوان عامل فرعی، و رقم در دو سطح شامل دو رقم سه‌پیل و سپهر به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج آزمایش نشان دادند که کاربرد برخی آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های بالقوه برای افزایش رشدونمو کاملینا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی باعث تعدیل اثرات تنش شده و عملکرد دانه را بهبود بخشید. نتایج نشان داد که در بین تیمارهای منابع آبی، در آبیاری با آب رودخانه کارون بیشترین عملکرد دانه رقم سپهر با کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید سه لیتر در هکتار نسبت به شاهد رقم سه‌پیل، ۵۳ درصد عملکرد بالاتری داشت. کمترین میزان عملکرد در کاربرد زهاب نیشکر مشاهده شد. هرچند رقم سه‌پیل در شرایط کاربرد زهاب نیشکر همراه با آمینواسید سه لیتر در هکتار به‌میزان ۳۵ درصد نسبت به شرایط کاربرد زهاب بدون کاربرد آمینواسید (شاهد) رقم سپهر برتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آمینواسیدهای چپ‌گرد، دانه روغنی، عملکرد دانه، مدیریت آبیاری، منابع آبی نامتعارف

مقدمه

مطالعات متعدد روی گیاه کاملینا نشان می‌دهد که این گیاه قادر است در شرایط مختلف آب‌وهوایی و خاک رشد نماید و در مقایسه با سایر دانه‌های روغنی مرسوم همچون کلزا (*Brassica napus*)، سویا (*Glycine max* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus*) نیاز کمتری به آب، کود و آفت‌کش‌ها دارد و می‌تواند در زمین‌های حاشیه‌ای رشد نماید (Mohammadinejad, Bahramian, & Kahrizi, 2018; Putnik-Delic, Maksimovic, Zeremski, & Marjanovic-Jeromela, 2013; Li & Sun, 2015) در حال حاضر، افکار عمومی به‌سمتی است که شبکه‌های زهکشی به‌گونه‌ای طراحی شوند که حفظ حیات ساکنین زیست‌بوم‌ها تضمین شده و فعالیت‌های کشاورزی، کیفیت آب را زایل نکنند (Khairy, Shaban, M., Negm, Eldeen, & Ramadan, 2022; Yazar, Metin,

کاملینا (*Camelina sativa* L.) متعلق به خانواده کلمیان می‌باشد که با نام‌های کتان کاذب، کتان وحشی و کنجد آلمانی شناخته می‌شود و بومی مناطق مدیترانه‌ای آسیا و اروپا است که بررسی‌های کمی در اکثر گونه‌های این جنس صورت گرفته است (Qamarnia, Kahrizi, & Rostami Ahmadvandi, 2019).

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲- گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
(Email: p.hassibi@scu.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:
<https://doi.org/10.22067/jcesc.2025.91086.1363>

از اقدامات لازم جمع‌آوری زهاب‌های کشاورزی و کاربرد مجدد در برنامه‌های اصلاحی و زراعی است (Arun & Priyanka, 2021). کاربرد برون‌زای تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه (PGRS) به‌طور گسترده برای تحمل تنش در بسیاری از گونه‌های گیاهی با تعدیل بیوشیمیایی و فیزیولوژی سبب افزایش تحمل تنش‌ها می‌شود (Bakhtavar, Afzal, Basra, Ahmad, & Noor, 2015; Ismail et al., 2016). کاربرد شاخساره‌ای مانند (اسمولیت‌های آلی، آمینواسیدها، شبه هورمون‌های گیاهی مانند اسیدسالیسیلیک و مواد معدنی) یکی از راه‌های مقابله با شرایط نامناسب در علوم زیستی است (Hayat, Hasan, Fariduddin, Ahmad, 2008). آمینواسیدها می‌توانند به‌عنوان یک رویکرد عملی و سازگار با محیط‌زیست جهت بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گیرد (Ashour, Zeidan, & Elshemy, 2021). آمینواسیدها به‌عنوان منبع تأمین نیتروژن، در تولید پروتئین گیاهی و سبزینه (کلروفیل) و در نتیجه افزایش سطح برگ و افزایش تعداد کلروفیل برگ و تولید اسمولیت‌های سازگار در گیاه مؤثرند و همچنین موجب افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه می‌شوند (Ghazi Manas, Banj Shafiee, Haj Seyed Hadi, & Darzi, 2013). بررسی‌های به‌عمل‌آمده توسط کولا و همکاران (Colla, Cardarelli, Bonini, & Rouphael, 2017)، نشان داد که کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدها اثرات مستقیمی در تحریک رشد گیاه، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود عملکرد دارد. اثرات مثبت کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدها بر خصوصیات فیزیوشیمیایی، رشد و جذب عناصر غذایی در سایر محصولات زراعی مانند سویا (Teixeira et al., 2018)، کلم بروکلی (*Brassica oleracea* L.) (Shekari & Javanmardi, 2017) و کاهو (*Lactuca sativa* L.) (Khan et al., 2019) نیز در نتایج سایر محققان گزارش شده است. اسید سالیسیلیک از جمله ترکیبات فنلی است که در تعداد زیادی از گیاهان به‌وسیله ریشه گیاهان تولید می‌شود و به‌عنوان ماده‌ای شبه‌هورمونی نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند (Klessig, Choi, & Dempsey, 2018). اسید سالیسیلیک فرآورده‌های فیزیولوژیکی را در گیاهان تنظیم و عوارض جانبی تنش را کاهش داده و می‌تواند اثر نامطلوب تنش را بهبود بخشد (Yavas & Unay, 2016). در این رابطه، امام و پیرسته انوشه (Imam & Pirasteh Anousheh, 2014) با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare*) تحت تأثیر غلظت‌های متفاوت محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در شرایط شور بیان کردند که عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تحت تأثیر شوری کاهش معنی‌داری را در هر دو سال داشت، ولی اسیدسالیسیلیک در هر دو شرایط با و بدون تنش شوری موجب افزایش معنی‌دار این صفات گردید. این اثرات مثبت می‌تواند منجر به بهبود اغلب ویژگی‌های بیوشیمیایی مانند کاهش خسارات اکسیداتیو در اثر شوری و یا فیزیولوژیک مانند بهبود

(Yeşim, Çiğdem, & Servet, 2017). ایران نیز از جمله کشورهای است که در حال حاضر با این مشکلات روبه‌رو است و بسیاری از تالاب‌ها و رودخانه‌ها در اثر ورود زهاب زمین‌های کشاورزی هم‌جوار آلوده شده‌اند (Mokhtaran, Tavoosi, Varjavand, & Sepehri, 2020). در این راستا، یکی از اقدامات لازم، جمع‌آوری آب‌های برگشتی حاصل از کشاورزی و استفاده مجدد از آن‌ها در امور زراعی و باغی می‌باشد. هدف اصلی استفاده مجدد از زهاب، کاهش مقادیر زهاب است، به‌طوری‌که همزمان بتوان آب اضافی قابل دسترسی را برای آبیاری و یا مصارف دیگر تأمین کرد (Rajabzadeh & Pizra, 2022; Fernandes, Galvao, Santos, & Monteiro, 2023). استفاده مجدد تنها در صورتی مفید است که زهاب از کیفیت خوب و قابل قبولی برخوردار باشد (Ashu & Lee, 2018). در مطالعه‌ای توسط جرجسن و همکاران (Jorgensen, Solomon, & Cervinka, 1992)، از زهاب حاصل از کشت هویج (*Daucus carota*) برای آبیاری پنبه استفاده شد. زهاب پنبه که حجم آن کمتر شده و از لحاظ نمک و عناصر سمی مانند سلنیم غلیظ‌تر شد، برای آبیاری اوکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) استفاده گردید و زهاب حاصل برای آبیاری نوعی هالوفیت به‌نام آترپلیکس (*Atriplex amnicola*) به کار رفت. زهاب نهایی با غلظت بالا به حوضچه‌های تبخیری تخلیه گردید. نتایج نشان داد که این روش برای کاهش حجم و استفاده مؤثر از زهاب بسیار مفید است، اما هزینه‌های انتقال و تخلیه زهاب به حوضچه‌های تبخیری بالا می‌باشد. برای قسمتی از جنوب و جنوب غرب خوزستان که با محدودیت تأمین آب شیرین روبه‌رو است، استفاده از زهاب نیشکر را راه‌حل مناسبی برای کشت گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa*) در بهار و تابستان معرفی کردند (Mokhtaran et al., 2020). همچنین نتایج (Sharifipour et al., 2019) نشان دادند که از زهاب‌های با کیفیت مناسب در جنوب خوزستان می‌توان برای کشت گیاهان متحمل به شوری و توسعه منابع طبیعی برای جلوگیری از طوفان‌های گردوغبار استفاده کرد. لتی (Letey, 2005) به‌منظور مدیریت زهاب در یک سامانه آگروفرستری در کالیفرنیا، از زهاب یک محصول حساس به شوری برای آبیاری پنبه که متحمل به شوری است، استفاده کرد. این چرخه چند بار تکرار شد و زهاب حاصل به حوضچه‌های تبخیری تخلیه گردید. نتایج نشان داد که مزیت اصلی این سامانه ورود کمتر آب به حوضچه تبخیری و هدررفت کمتر آب می‌باشد. گراتان و همکاران (Grattan et al., 2004) به‌منظور کاهش حجم زهاب، نسبت به استفاده متوالی از زهاب برای آبیاری ۱۰ محصولات متحمل به شوری اقدام کردند. در پژوهشی دیگر، به‌منظور افزایش سطح زیرکشت و کاهش حجم زهاب، برای آبیاری گندم (*Triticum aestivum*) از زهاب استفاده شد، به‌طوری‌که ۴۰ درصد عملکرد محصول گندم حاصل شد. با توجه به توضیحات فوق و محدود بودن منابع آبی، یکی

ظرفیت فتوسنتزی و فعالیت روبیسکو در اثر کاربرد اسیدسالیسیلیک گردد.

با توجه به روند فزاینده شدت خشکسالی طی سال‌های اخیر و کمبود منابع آبی و همچنین سیاست‌های اتخاذشده از سوی شرکت توسعه نیشکر مینی بر استفاده مجدد از زهاب نیشکر در مزارع غیرنیشکری، لذا این آزمایش با هدف استفاده از منابع آب خاکستری به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب برای تولید محصول راهبردی دانه روغنی کاملینا انجام پذیرفت. همچنین کمبود اطلاعات کافی از پاسخ این گیاه به زهاب نیشکر به‌عنوان یک منبع نامتعارف آب و واکنش‌های مورفوفیزیولوژیک آن در شرایط آبیاری با این گونه منابع آبی، لزوم انجام این پژوهش در منطقه را بیشتر نمایان کرد. به نظر می‌رسد که می‌توان با ارائه یک راهکار مناسب مدیریتی، از زهاب حاصل از زراعت نیشکر جهت استفاده مجدد بهره جست. بر همین اساس، این مطالعه به‌منظور استفاده از زهاب نیشکر و بررسی تأثیر زهاب نیشکر، کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدها و اسیدسالیسیلیک روی برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ارقام کاملینا در شرایط خوزستان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ و ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی واقع در جنوب استان خوزستان به‌صورت کرت‌های دوبرار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. منابع آبی به‌عنوان عامل اصلی شامل آبیاری با آب رودخانه (شاهد)، آبیاری تناوبی (یک بار آب رودخانه و یک بار آبیاری با آب زهکش به‌طور متناوب) و آبیاری با زهاب نیشکر، کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک در پنج سطح شامل بدون کاربرد شاخساره‌ای (شاهد)، آمینواسید ۱/۵ و ۳ لیتر در هکتار، اسیدسالیسیلیک با غلظت‌های یک و دو میلی‌مولار در مرحله گل‌دهی به‌عنوان عامل فرعی، و رقم در دو سطح شامل دو رقم سه‌پیل و سپهر به‌عنوان عامل فرعی فرعی بودند. ارقام مورد استفاده سه‌پیل و سپهر از شرکت دانش بنیان بیستون شفا کرمانشاه تهیه شدند. والد پدری این دو رقم Blanne Greek از کشور یونان و والد مادری آن‌ها رقم Calena.sp از کشور فرانسه بودند. در **جدول ۱** ارائه شده است. آمینواسیدهای چپ‌گرد مورد استفاده در این پژوهش شامل آمینواسیدهای چپ‌گرد با نام تجاری آرگانامین (محصول شرکت دانش بنیان کوه‌رنگ در کشور ایران شماره مجوز واحد فناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری: ۵/۲۸۲۳/ب) با ترکیب آلانین (۲/۷ درصد)، آرژنین (۳/۶۸ درصد)، آسپارتیک (۲/۵۸ درصد)، سیستئین (۱/۲۲ درصد)، گلوتامیک اسید (۴/۴۹ درصد)، گلوتامین (۳/۵۶ درصد)، گلستین (۹/۶۷ درصد)، هیستیدین (۰/۶۹ درصد)،

ایزولوسین (۱/۹۸ درصد)، لوسین (۳/۴۶ درصد)، لیزین (۲/۳۴ درصد)، متیونین (۰/۲۹ درصد)، فنیل آلانین (۱/۷۵ درصد)، پرولین (۵/۳۸ درصد)، سرین (۲/۵۶ درصد)، ترئونین (۱/۱۹ درصد)، تریپتوفان (۰/۸۳ درصد)، تیروزین (۱/۹۱ درصد)، والین (۱/۷۳ درصد)، در لیتر به‌عنوان استوک تهیه گردید و مقادیر ۱/۵ لیتر و ۳ لیتر در هکتار پس از کالیبره کردن سم‌پاش دستی و محاسبه میزان آب مورد نیاز به همراه کاربرد سورفاکتانت از مارک تجاری طلای سبز B محصول شرکت زرافشان مورد استفاده قرار گرفت (Fayaz, Sorooshzadeh, & Heidarzadeh, 2024). اسیدسالیسیلیک مورد استفاده (با فرمول شیمیایی $C_7H_6O_3$ وزن مولکولی ۱۳۸/۱۲ گرم) متعلق به شرکت مرک آلمان بود. عملیات کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک (کد رشدی ۵۰) در زمان ۵۰ درصد گل‌دهی طی ساعات هفت تا نه صبح با سم‌پاش دستی طبق توصیه شرکت سازنده محلول استوک پایه به‌ترتیب شامل آمینواسید با غلظت‌های ۱/۵ لیتر و ۳ لیتر در هکتار، اسیدسالیسیلیک با غلظت‌های یک و دو میلی‌مولار با کاربرد ۱۰ لیتر آب در هر کدام از واحدهای آزمایشی طبق نقشه تیمارها در تاریخ‌های ۱۴۰۲/۱۲/۰۲ و ۱۴۰۱/۱۲/۰۲ محلول‌پاشی شد (Fayaz et al., 2024; Jahanbakhsh, Khajoei-Nejad, Moradi, & Naghizadeh, 2021). اطلاعات هواشناسی زمان اجرای آزمایش در **جدول ۲** آورده شده است. قبل از اجرای آزمایش و در مهرماه هر دو سال، مزرعه آزمایشی به‌وسیله گاواهن برگردان‌دار شخم زده شد و سپس به‌منظور خرد شدن کلوخ‌ها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین دیسک و ماله زده شد. قبل از کاشت، نمونه‌های خاک از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی گرفته شد (**جدول ۳**) پس از آماده‌سازی زمین به‌وسیله دیسک، ابعاد هر کرت آزمایشی ۳/۶ در ۴ مترمربع در نظر گرفته شد. هر کرت شامل شش پشته با فاصله ۶۰ سانتی‌متر و طول چهار متر بود. بذرها پس از ضدعفونی و مخلوط کردن با ماسه در دو طرف هر پشته با فاصله خطوط کاشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی خطوط حدود پنج سانتی‌متر در عمق یک سانتی‌متری در تاریخ‌های ۱۴۰۲/۰۸/۱۵ و ۱۴۰۱/۰۸/۱۵ کشت شد. به‌منظور جلوگیری از نشت رطوبت بین تیمارهای منابع آبی، فاصله بین سطوح منابع آبیاری سه متر و فاصله بین بلوک‌ها چهار متر در نظر گرفته شد. براساس نتایج آنالیز خاک و توصیه کودی مرکز تحقیقات، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم پتاسیم سولفات قبل از کاشت و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در دو مرحله (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله دو برگی و ۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله ساقه‌دهی) استفاده شد. آبیاری براساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام گردید و میزان آب ورودی به مزرعه نیز توسط کنتور محاسبه شد (Amiri-Darban, Nourmohammadi, Shirani Rad, 2024).

(۱) محاسبه شد (Fischer & Maurer, 1987).

$$SSI=1-(Ys/Yp)/SI \quad (۱)$$

$$SI=1-(Ys/Yp) \quad (۲)$$

که در آن، YP: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش، YS: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش، $\sum YP$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش، $\sum YS$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط تنش و SI: شدت تنش است.

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک انجام شد. با توجه عدم معنی‌دار شدن تست بارلت برای بیشتر صفات، لذا تجزیه مرکب با استفاده از برنامه آماری SAS نسخه ۹/۴ برای دو سال آزمایش انجام شد. همچنین مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

براساس نتایج دو سال آزمایش، ارتفاع بوته ارقام به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد شاخساره‌ای و رقم قرار گرفت (جدول ۶). مقایسه میانگین نیز مشخص نمود که در هر دو سال آزمایش، آبیاری با آب کارون در کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد سه لیتر در هکتار در رقم سپهر (۱۲۱/۸۷ سانتی‌متر) و تیمار منابع آبی آبیاری با زهاب نیشکر بدون کاربرد شاخساره‌ای در رقم سپهر (۴۴/۶۲ سانتی‌متر) به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته در زمان برداشت را دارا بودند (شکل ۱). نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک بر ارتفاع بوته بود، به‌صورتی‌که موجب کاهش اثرات منفی تنش شد.

(Mirhadi, & Majidi Heravan, 2021). میانگین میزان هدایت الکتریکی آب تیمارهای آبیاری در جدول ۴ و میانگین تجزیه شیمیایی آب در جدول ۵ طی دو سال آزمایش ارائه شده است (Neysi, Hassibi, Rahnama Ghahfarokhi, & Bahadori, 2024; Hovezawi, Naseri, & Izdpanah 2016). در هر نوبت آبیاری، با توجه به دبی کنتور مدت زمان آبیاری مشخص، و مقدار آب مصرفی برحسب مترمکعب در هکتار محاسبه شد. پس از جوانه‌زنی بذرها، عملیات تنک کردن (کد رشدی ۱۵) در مرحله سه تا چهار برگی در هر دو سال ۱۴۰۲/۰۹/۱۸ و ۱۴۰۱/۰۹/۱۸ گیاهچه‌ها برای دستیابی به تراکم تقریبی ۱۰۰ بوته در مترمربع انجام گردید (Martinelli & Galasso, 2011). در هر دو سال آزمایش، صفات ریخت‌شناختی، فیزیولوژیکی، فنولوژیکی و عملکردی مورد بررسی قرار گرفت. به‌دلیل مشاهده نشدن آفات طی دو سال، سم حشره‌کشی استفاده نشد. نمونه‌برداری‌ها برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی (کد رشدی ۷۹) در مرحله کپسول‌دهی کامل در تاریخ ۱۴۰۳/۰۱/۰۸ و ۱۴۰۲/۰۱/۰۸ انجام گردید. قبل از عملیات برداشت، به‌طور تصادفی از هر واحد آزمایشی، تعداد ۲۰ بوته انتخاب و صفات ارتفاع بوته و طول کپسول، تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته اندازه‌گیری شد، جهت تعیین عملکرد دانه، در پایان فصل رشد و هنگام رسیدگی کامل دانه‌ها در ارقام، پس از حذف دو ردیف کاشت از دو طرف و ۰/۵ متر از بالا و پایین هر کرت آزمایشی از سطحی معادل یک مترمربع، بوته‌ها با رطوبت حدود ۱۴ درصد در تاریخ‌های ۱۴۰۳/۰۲/۰۱ و ۱۴۰۲/۰۲/۰۱ با (کد رشدی ۹۹) برداشت شدند (Zarei, Hassibi, Kahrizi, & Safieddin Ardebili, 2022). برای تعیین وزن خشک، بوته‌های موجود در مساحت یک مترمربع از هر تیمار به‌طور کامل کف‌بر شده و پس از خشک نمودن در آون (۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد) توزین صورت گرفت. عملکرد دانه نیز با جداسازی کامل اندام‌هوایی گیاه از دانه به دست آمد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) بر عملکرد زیستی ضریب ۱۰۰ محاسبه شد. محاسبه شاخص حساسیت به تنش براساس رابطه

جدول ۱- شناسنامه مشخصات رقم‌های مورد تحقیق

Table 1- Certification of the studied cultivars

نام رقم Name of the cultivars	نام به‌نژادگر The name of the breeder	مالک رقم Owner of the cultivars	سال معرفی Year of release	کد رقم Cultivar code
سهیل Sohail	دکتر دانیال کهریزی Dr. Danial Kahrizi	شرکت کشت و توسعه گیاهان دارویی بیستون شفا Beeston Shafa Medicinal Plants Cultivation and Development Company	1396	1.2.7.1
سپهر Sepehr	دکتر دانیال کهریزی Dr. Danial Kahrizi	شرکت کشت و توسعه گیاهان دارویی بیستون شفا Beeston Shafa Medicinal Plants Cultivation and Development Company	1396	1.2.7.5

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی منطقه اجرای آزمایش در کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی جنوب اهواز (سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲)

Table 2- Meteorological information of the experiment region of Hakim Farabi sugarcane cultivation and industry in the south of Ahvaz (2022 and 2023 years)

		(درجه سانتی‌گراد)			(درجه سانتی‌گراد)		
		(°C)			(°C)		
		2022			2023		
ماه	Month	میانگین Mean	حداقل Min	حداکثر Max	میانگین Mean	حداقل Min	حداکثر Max
فروردین	April	14.9	13	38.4	13.4	14	36.4
اردیبهشت	May	19.2	32.1	41	18.86	33.2	42
خرداد	June	36.5	21	49.7	36.18	16.8	48.7
تیر	July	39.4	17.2	50.5	38.24	23.3	50.6
مرداد	August	39.69	25.2	51.3	40.15	29.4	50.1
شهریور	September	36.52	15.7	48.5	29.9	19.4	41.7
مهر	October	31.6	12.2	43	28.02	15.1	42.1
آبان	November	24.13	11.7	35.3	21.41	8.8	38.6
آذر	December	18.2	6.5	26.4	16.82	5.3	30.4
دی	January	11.65	2.4	18.2	11.8	3	18.4
بهمن	February	14.6	-0.2	23	10.7	4	16.2
اسفند	March	19.2	1	30.7	19.1	2	31.8

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 3- Physiochemical properties of experimental site soil

سال	عمق	هدایت الکتریکی		کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	گوگرد	شن	سیلت	رس
Year	Depth (cm)	EC (dS m ⁻¹)	pH	Organic C (%)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
2022-23	0-30	2.69	7.2	0.34	0.09	12.9	269	14.7	23	46	31
	30-60	1.42	7.5	0.48	0.08	9.9	192	15.5	25	47	28
2023-24	0-30	2.63	7.1	0.41	0.08	13.6	256	14.1	23	47	30
	30-60	1.48	7.3	0.52	0.09	10.2	229	14.6	24	49	27

جدول ۴- میانگین میزان هدایت الکتریکی آب تیمارهای آبیاری طی دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

Table 4- Average of water electrical conductivity in irrigation treatments during 2022-2023

منبع آبیاری	آبیاری اول	آبیاری دوم	آبیاری سوم	آبیاری چهارم	آبیاری پنجم	آبیاری ششم	میانگین
Irrigation source	First irrigation	Second irrigation	Third irrigation	Fourth irrigation	Fifth irrigation	Sixth irrigation	Average
زهاب نیشکر Sugarcane water drainage	6.27	5.3	6.76	7.1	8.13	5.42	6.49
آبیاری با آب رودخانه کارون Irrigation with Karun River water	3.1	3.03	3.28	3.05	3.7	1.94	3.01

واحد اندازه‌گیری اعداد براساس دسی زیمنس بر متر (dS m⁻¹) می‌باشد.The unit of measurement is deciSiemens per meter (dS m⁻¹).

آمینواسید در لیتر به صورت کاربرد شاخساره‌ای بیشترین عملکرد ارتفاع بوته ۱۶۶/۵ سانتی متر به دست آمد. (El-Said & Mahdy, 2016)، تأثیر مثبت محرک‌های رشد به‌ویژه آمینواسید را در افزایش عملکرد

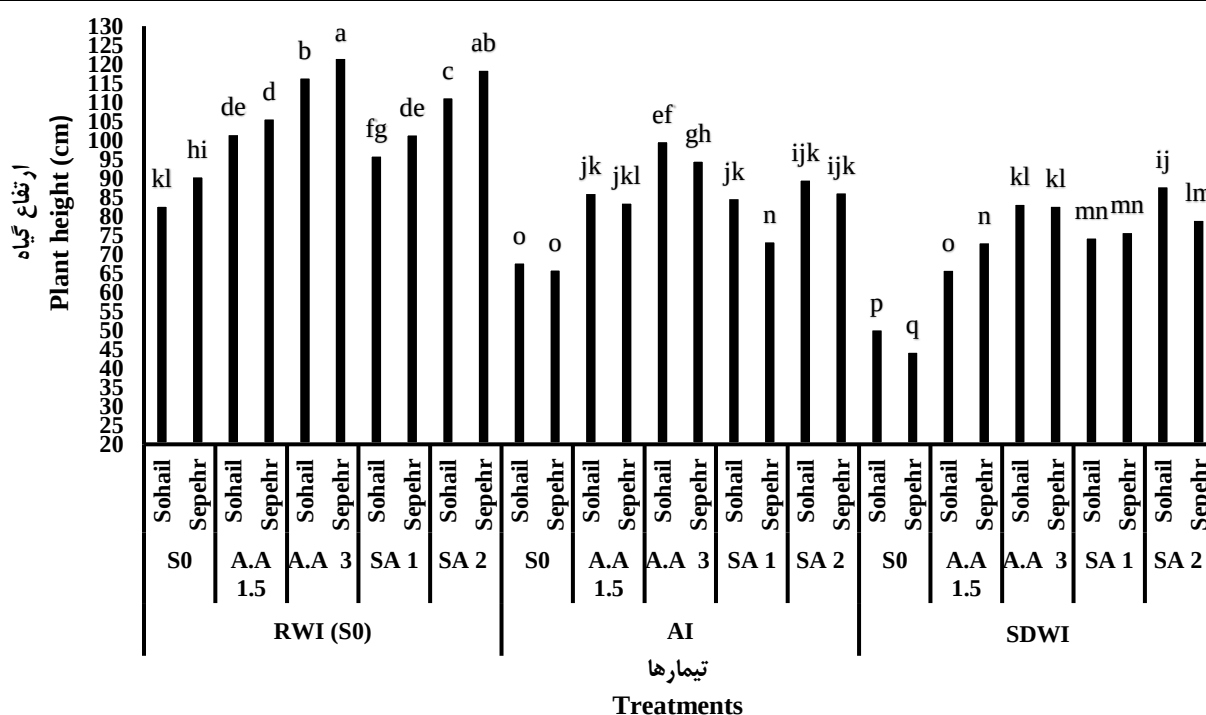
طی گزارشی، فیاض و همکاران (Fayaz et al., 2024) با بررسی تأثیر کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد در شرایط تنش بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا بیان کردند که کاربرد دو گرم

برای گیاه، این امکان را فراهم می‌سازد که گیاه در شرایط تنش انرژی خود را به‌جای ساخت آمینواسید در رشد و توسعه خود به کار برده و رشدونمو گیاه بهبود یابد (Li, Zheng, & Wu, 2021).

دانه و وزن هزار دانه و ارتفاع بوته را ناشی از اثر آن‌ها بر ساخت مواد نیتروژن‌دار غیرپروتئینی نسبت داده‌اند. پژوهشگران دیگری نیز اظهار داشتند که هرچند گیاهان می‌توانند اسیدهای آمینه تولید کنند، اما این سنتز فرآیندی انرژی‌بر است، لذا استفاده از آمینواسیدهای سنتز شده

جدول ۵ - میانگین خصوصیات تجزیه شیمیایی آب آبیاری طی دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲
Table 5- Average of chemical properties of irrigation water during 2022-2023

خواص شیمیایی Chemical properties	نسبت جذب سدیم SAR (meq l^{-1})	پتاسیم K^{+} (meq l^{-1})	منیزیم Mg^{+2} (meq l^{-1})	سدیم Na^{+} (meq l^{-1})	کلسیم Ca^{+2} (meq l^{-1})	کلر CL^{-1} (meq l^{-1})	بی‌کربنات HCO^{-3} (meq l^{-1})	کربنات CO_3^{+2} (meq l^{-1})	pH	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})
آب رودخانه کارون Karun River water	4.3	1.3	4.3	8.7	4.1	48.8	3.9	0	7	3.01
زهاب نیشکر Sugarcane drainage water	12.9	3.7	13.7	51.8	6.4	75.6	17.5	0	7.2	6.49



شکل ۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در اثر متقابل منابع آبی و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک در ارقام کاملینا در دو سال زراعی

Figure 1- Mean comparison of different water resources and foliar application effect in Cameline cultivars on plant height during two years

S0: بدون کاربرد شاخساره‌ای (شاهد)، A.A 1.5: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت ۱/۵ در هکتار، A.A 3: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت سه لیتر در هکتار، SA 1: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، SA 2: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، RWI (S0): آبیاری با آب خام (شاهد)، AL: آبیاری به‌صورت تناوبی و SDWI: آبیاری با زهاب نیشکر

میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار (دانش پنج درصد) می‌باشند

S0: Control, A.A 1.5: Amino acid foliar application 1.5 L ha⁻¹, A.A 3: Amino acid foliar application 3 L ha⁻¹, SA 1: Salicylic acid foliar application 1 millimolar, SA 2: Salicylic acid foliar application 2 millimolar, RWI (S0): River water irrigation (control), AL: Alternative irrigation, SDWI: Sugarcane drainage water irrigation

Means in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس میانگین میربات صفات در شرایط کاربرد منابع آبی و کاربرد شاخساره‌ای مختلف در برخی ارقام کامپینا در دو سال زراعی.

Table 6- Mean square analysis of traits under the conditions of using different water resource and foliar spray conditions on some Camellina cultivars during two years.										
منابع تغییرات	درج آزادی	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	شاخص برداشت	ارتفاع بوته	طول کپسول	تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته	1000-seed weight	وزن هزار دانه
S.O.V	d.f	Seed yield	Biological yield	Harvest index	Plant height	Capsules length	Number of capsules	Number of capsules per plant		
سال	1	3146.5ns	4116ns	1.24ns	0.06ns	0.003ns	1.2ns	7.0ns	0.01ns	0.01ns
Year										
سال × بوک	6	3505.6ns	5911 ns	1.3ns	0.05ns	0.26ns	1.08ns	10.6ns	0.008ns	0.008ns
Block × year										
منابع آبی	2	67547913**	415168821**	202.2**	22209**	248.6**	260.11**	1015838**	0.03**	0.03**
Water resources (D)										
سال × منابع آبی	2	604.9ns	845.4ns	0.43ns	13.5ns	0.005ns	0.43ns	6.5ns	0.001ns	0.001ns
Year× water resources										
سال × منابع آبی × بوک	12	2330.9ns	1940ns	0.66ns	49.7ns	0.119	0.59ns	16.2ns	0.003ns	0.003ns
Block × water resources × year										
رقم	1	182988**	1584365 **	43 **	0.81ns	1.18**	17.60**	1606.**	0.03**	0.03**
Variety (V)										
رقم × سال	1	2413.0ns	320.2ns	0.43ns	16ns	0.008ns	0.5ns	2.604ns	0.01ns	0.01ns
Year × variety										
رقم × منابع آبی	2	1228588**	6308150.1**	200**	574.1**	12.0**	97.5**	29035**	0.03**	0.03**
Water resources × variety										
سال × رقم × منابع آبی	2	2100.6ns	6550.3ns	0.37ns	2.6ns	0.001ns	0.45ns	2ns	0.001ns	0.001ns
Year × water resources × variety										
کاربرد شاخساره ای	4	5545596.0**	26487596.2**	126 **	7611.5**	38.6**	175.69**	128636**	0.67**	0.67**
Foliar spraying (S)										
سال × کاربرد شاخساره ای	4	2824.3ns	3470.1ns	0.62ns	0.9ns	0.004ns	0.35ns	3ns	0.004ns	0.004ns
Year× foliar spraying										
کاربرد شاخساره ای × منابع آبی	8	1554484.9**	6409040.6**	32.81**	251.7**	6.42**	4.39**	17034780**	0.06**	0.06**
Water resources × foliar spraying										
کاربرد شاخساره ای × منابع آبی × سال	8	2129.0ns	4030.9ns	0.35ns	4.2ns	0.003ns	0.059ns	3.2ns	0.001ns	0.001ns
Year×water resources × foliar spraying										
رقم× کاربرد شاخساره ای	4	59368.8**	985980.1**	30.05**	41.2**	0.65**	0.43ns	4465.9**	0.03**	0.03**
Variety × foliar spraying										
رقم× کاربرد شاخساره ای × سال	4	433.4ns	894.6ns	0.13ns	9.6ns	0.003ns	0.63ns	4.39ns	0.003ns	0.003ns
Year × variety × foliar spraying										
رقم × کاربرد شاخساره ای × منابع آبی	8	86716.3**	409415.1**	29.13**	95.6**	0.77**	5.25**	2443**	0.023**	0.023**
Water resources × variety × foliar spraying										
سال × کاربرد شاخساره ای × منابع آبی × سال	8	557.8ns	655.5ns	0.19ns	1.6ns	0.002ns	0.38ns	3.702ns	0.002ns	0.002ns
Year× water resources × variety × foliar spraying										
ضریب تغییرات		9.4	6.9	7.6	5.4	7.0	6.0	5.8	4.9	4.9
CV (%)										

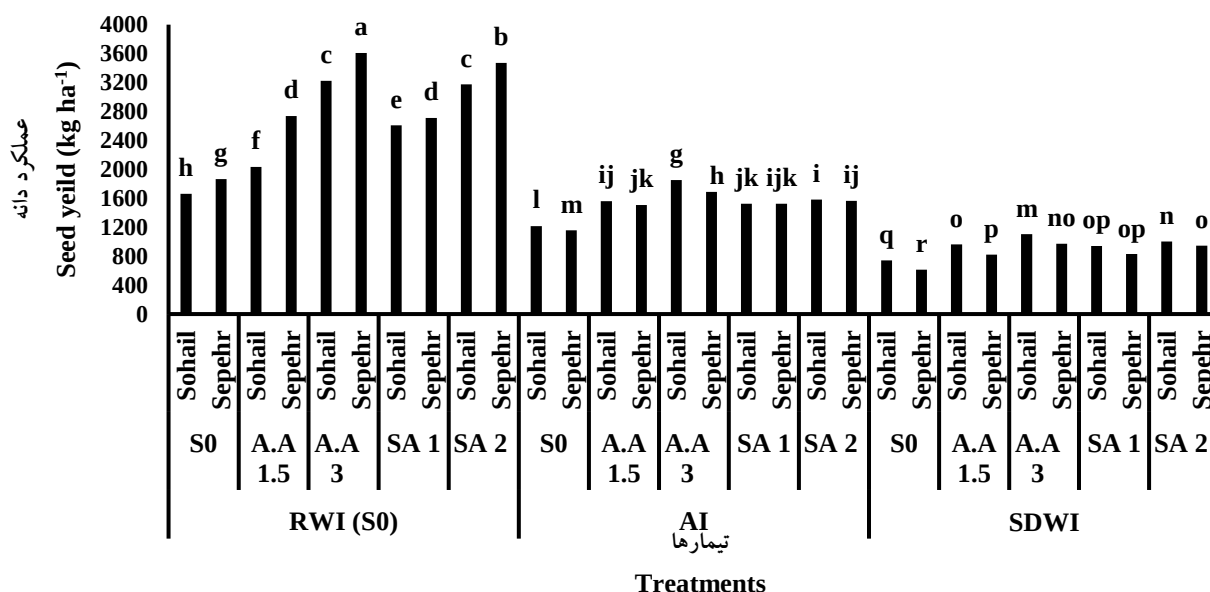
ns و *، ** از لحاظ آماری در سطح یک و پنج درصد دارای اختلاف آماری معنی دار و فاقد اختلاف آماری معنی دار هستند. **، * and ns: have significant differences at the 1 and 5 percent levels of probability, respectively, respectively. Ns: non-significant.

در پژوهشی، یانگ و همکاران (Yang et al., 2018) اثر شوری را بر عملکرد گیاه کینوا رقم Titicaca مورد بررسی قرار داد و نتایج نشان داد که اعمال تنش شوری منجر به کاهش معنی‌دار ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد در سطح احتمال یک درصد شد. عظیمی و همکاران (Azimi, Daneshian, Sayfzadeh, & Zar, 2013) گزارش کردند که کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدها باعث افزایش قابل توجه ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم شد. نتایج رزمی و همکاران (Razmi, Ebadi, Daneeshian, & Jahanbakhsh, 2023) نشان داد که اثر تیمار آبیاری، ژنوتیپ‌های سویا و غلظت اسیدسالیسیلیک در مورد ارتفاع بوته از لحاظ آماری معنی‌دار بود و با افزایش دور آبیاری از سطح آبیاری ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به سطح آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر و افزایش شدت تنش، ارتفاع بوته کاهش معنی‌داری یافت، اما کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب بهبود صفات مانند عملکرد دانه، ارتفاع بوته به‌ویژه در ژنوتیپ ویلیامز شد که با نتایج این تحقیق هم‌راستا می‌باشد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که عملکرد دانه تیمار بدون زهاب (شاهد) با سایر تیمارها (کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد) در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌جانبه تیمارهای مورد آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در دو سال آزمایش مربوط به آبیاری با آب رودخانه و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد سه لیتر در هکتار و رقم سپهر با میانگین عملکرد ۳۶۰۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و کمترین عملکرد دانه نیز در آبیاری با زهاب نیشکر و بدون کاربرد شاخساره‌ای و رقم سپهر با میانگین عملکرد ۶۱۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۲). نتایج نشان داد که در بین تیمارهای منابع آبی، آبیاری با آب رودخانه کارون بیشترین عملکرد دانه را در رقم سپهر با کاربرد شاخساره‌ای سه لیتر در هکتار آمینواسید حاصل کرد که نسبت به رقم سهیل در تیمار شاهد به‌میزان ۵۳ درصد برتری داشت. در تیمارهای شاهد آبیاری تناوبی و آبیاری با زهاب نیشکر، رقم سهیل به‌ترتیب ۵ و ۱۱ درصد عملکرد بالاتری نسبت به رقم سپهر داشت. همچنین ارقام مورد مطالعه با افزایش غلظت کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد در کلیه تیمارها از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند. با توجه به اینکه زهاب مزارع نیشکر دارای مقدار شوری بیشتری نسبت به آب رودخانه کارون بود، لذا تنش شوری باعث کاهش عملکرد دانه کاملینا

شد که با نتایج سایر تحقیقات روی کلزا (Neysi et al., 2024) و گندم (Pasha, Alavifazel, Jafarnejadi, Lack, & Mojaddam, 2023) مطابقت داشت. وقتی گیاه در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد، بر اثر کاهش پتانسیل اسمزی آب در خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی، ریشه دچار نوعی خشکی فیزیولوژیکی شده و ریشه‌ها تحت این شرایط، مقدار اسید آسزیک را افزایش داده که این هورمون از طریق جریان تعلق به اندام‌های هوایی منتقل شده و در اندام‌های هوایی سبب کاهش هدایت روزه‌ها و به‌دنبال آن کاهش تعلق می‌شود (Ghoolinezhad, Lalehgani, & Kazemi, 2023). نتایج دیگر تحقیقات نیز نشان دادند که با افزایش سطح تنش شوری، عملکرد و اجزای عملکرد دانه کاملینا کاهش معنی‌داری یافت که یافته‌های این پژوهش را تأیید می‌کنند (Gholamian, Ghamarnia, & Kahrizy, 2017). به نظر می‌رسد که اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد اثر تعدیل‌کنندگی بر اثرات منفی زهاب برای عملکرد دانه داشتند. در این رابطه، امام و پیرسته‌انوشه (Imam & Pirasteh Anousheh, 2014) با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد جو تحت تأثیر غلظت‌های متفاوت محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در شرایط شور بیان کردند که عملکرد دانه و عملکرد زیستی تحت تأثیر شوری کاهش معنی‌داری را در هر دو سال داشت، ولی اسیدسالیسیلیک در هر دو شرایط با و بدون تنش شوری موجب افزایش معنی‌دار این صفات گردید. این اثرات مثبت می‌تواند به بهبود اغلب ویژگی‌های بیوشیمیایی مانند کاهش خسارات اکسیداتیو در اثر شوری و یا فیزیولوژیک مانند بهبود ظرفیت فتوسنتزی و فعالیت روبیسکو در اثر کاربرد اسیدسالیسیلیک بیانجامد. این نتایج، تأثیر تعدیل‌کنندگی اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدها بر اثرات منفی تنش با زهاب را بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک و سایر صفات نشان داد. این موضوع ممکن است به‌دلیل تأثیر اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدها بر کمبود تنظیم‌کننده‌های رشد تحت شرایط تنش و غیرتنش باشد، به‌نحوی که کاربرد شاخساره‌ای تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند بر کمبود داخلی آن‌ها در اثر تنش غلبه کرده و بنابراین می‌تواند منجر به کاهش اثرات بازدارندگی تنش بر رشد گیاه گردد. بررسی واکنش لاین‌های ذرت (Zea mays) نشان داد که آمینواسیدها اثرات بیشتری بر پارامترهای رشدی ذرت مانند عملکرد دانه و عملکرد زیستی داشتند (Branko et al., 2020) که با نتایج سایر تحقیقات روی گیاه سویا (Razmi et al., 2023)، نیشکر (Badil, Barary, Shomeili, & Tahmasebi, 2016) و ذرت (Pouryousef & Shahravan, 2014) مطابقت داشت.



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه در اثر متقابل منابع آبی و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک در ارقام کاملینا در دو سال زراعی

Figure 2- Mean comparison of different water resources and foliar applications effect in *Camelina* cultivars on seed yield during two years

S0: بدون کاربرد شاخساره‌ای (شاهد)، A.A 1.5: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت ۱/۵ در هکتار، A.A 3: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت سه لیتر در هکتار، SA 1: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، SA 2: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، RWI (S0): آبیاری با آب خام (شاهد)، AL: آبیاری به‌صورت تناوبی، SDWI: آبیاری با زهاب نیشکر

میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار (دانکن پنج درصد) می‌باشند.

S0: Control, A.A 1.5: Amino acid foliar application 1.5 L ha⁻¹, A.A 3: Amino acid foliar application 3 L ha⁻¹, SA 1: Salicylic acid foliar application 1 millimolar, SA 2: Salicylic acid foliar application 2 millimolar, RWI (S0): River water irrigation (control), AL: Alternative irrigation, SDWI: Sugarcane drainage water irrigation

Means in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

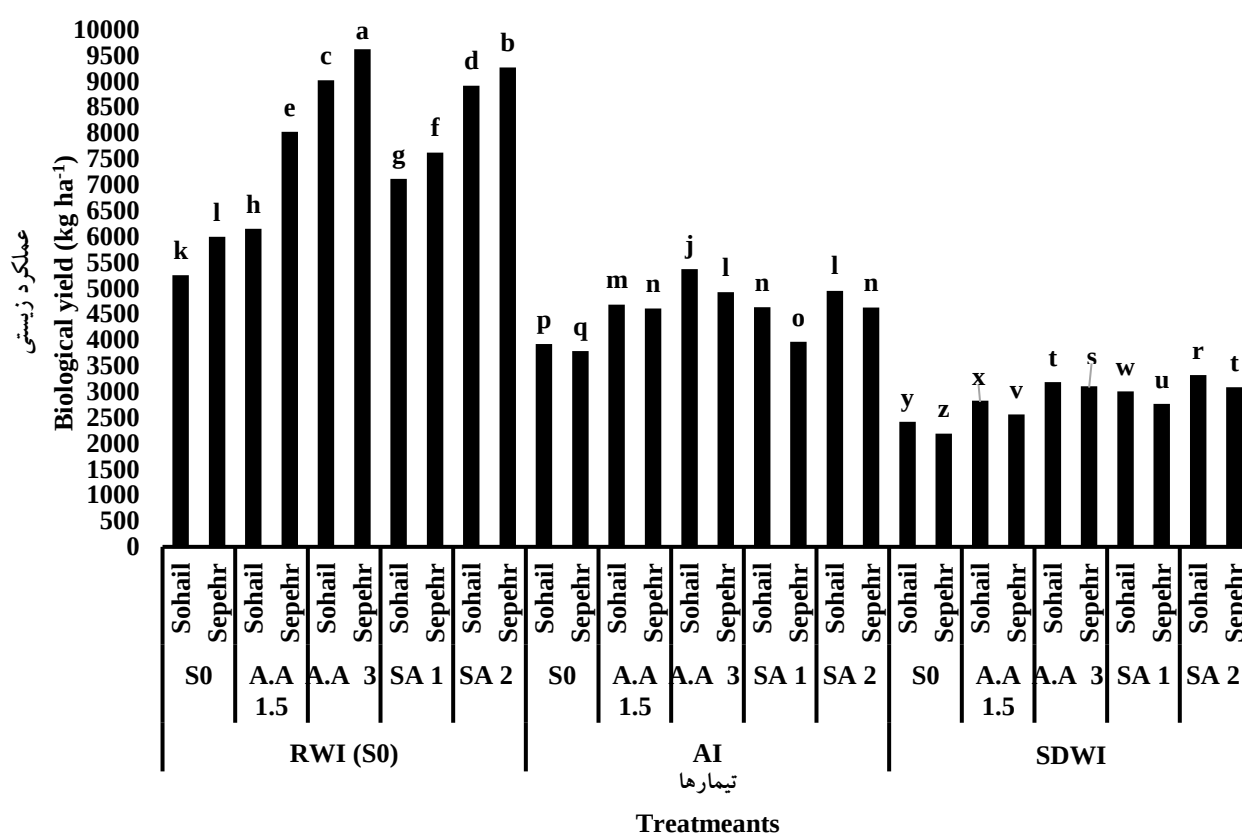
عملکرد زیستی

بالاتری داشت. در آبیاری تناوبی همراه با کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدها به‌میزان سه لیتر در هکتار و اسیدسالیسیلیک دو میلی‌مولار، رقم سهیل به‌ترتیب ۲۹ و ۲۳ درصد نسبت به شاهد رقم سپهر عملکرد زیستی بالاتری داشت. عملکرد زیستی ارقام مورد مطالعه در کاربرد آب رودخانه کارون، با افزایش غلظت کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدها در تمامی تیمارها افزایش نشان داد. بررسی‌ها نشان داده است که آمینواسیدها پیش‌ساز فیتوهورمون‌ها و مواد رشدی گیاه بوده و کارایی متابولیسمی گیاه را افزایش می‌دهند، همچنین از دیگر قابلیت‌های آمینواسیدها می‌توان به توانایی آن‌ها در افزایش تحمل گیاه در شرایط تنش غیرزنده، تسهیل تولید مواد فتوسنتزی، تقویت فرایندهای مرتبط با تنفس، سنتز پروتئین و در نهایت تقویت رشد و افزایش عملکرد زیستی گیاه را نام برد (Radkowski & Radkowska, 2018). در پژوهشی دیگر تأثیر آمینواسید باعث بهبود عملکرد و ویژگی‌های کمی و کیفی تربچه (*Raphanus sativus*) شد، نتایج گویای تأثیر آمینواسید بر صفات

نتایج نشان داد که عملکرد زیستی شاهد بدون کاربرد زهاب با سایر تیمارها (کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد) در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل منابع آبی در کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک و آمینواسید چپ‌گرد در رقم نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد زیستی در هر دو سال آزمایش مربوط به آبیاری با آب رودخانه و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید چپ‌گرد سه لیتر در هکتار و رقم سپهر (۹۵۹۲ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (شکل ۳). تنش شوری در بین تیمارها منابع آبی با آبیاری تناوبی و منبع آبیاری با زهاب نیشکر باعث کاهش عملکرد زیستی گردید که با نتایج گندم (Pasha et al., 2023) مطابقت داشت. در بین تیمارهای منابع آبی، با آبیاری آب رودخانه کارون با کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدها به‌میزان سه لیتر در هکتار و اسیدسالیسیلیک دو میلی‌مولار رقم سپهر به‌ترتیب ۴۵ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد رقم سهیل عملکرد زیستی

دانه می‌گردد (Kalaji, Govindjee, Bosa, Kościelniak, & Żuk-Golaszewska, 2011) کوچک زاده و همکاران (Koochekzadeh, Siahposh, Moradi-Telavat, & Shafiee, 2023) اثر تلقیح مایکوریزایی و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و کیفیت گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis*) تحت تنش شوری را بررسی و بیان کردند که محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک سبب افزایش ۳۶ درصدی عملکرد زیست توده نسبت به شاهد شد که با نتایج با این آزمایش مطابقت دارد.

مورد بررسی بود که پژوهشگران علت این تأثیر مثبت را اهمیت تغذیه برگ اسیدآمین به عنوان یک منبع مهم در سنتز پروتئین گیاهان عنوان کردند که در نهایت باعث افزایش عملکرد زیستی گیاه در شرایط تنش زیستی و غیرزیستی می‌گردد (Khoshvaghti & Tajbakhsh-Shishavan, 2022). شوری آب آبیاری سبب کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک و در نتیجه تغییر در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند فتوسنتز، کاهش مقدار کلروفیل‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش فعالیت روبیسکو شده که در نتیجه منجر به کاهش رشد گیاه، عملکرد زیستی و عملکرد و اجزای عملکرد



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد زیستی در اثر متقابل منابع آبی و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک در ارقام کاملینا در دو سال زراعی

Figure 3- Mean comparison of different water resources and foliar applications effect in *Camelina* cultivars on Biological yields during two years

S0: بدون کاربرد شاخساره‌ای (شاهد)، A.A 1.5: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت ۱/۵ در هکتار، A.A 3: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت سه لیتر در هکتار، SA

1: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، SA 2: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، RWI (S0): آبیاری با آب خام (شاهد)،

AL: آبیاری به صورت تناوبی، SDWI: آبیاری با زهاب نیشکر

میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار (دانکن پنج درصد) می‌باشند.

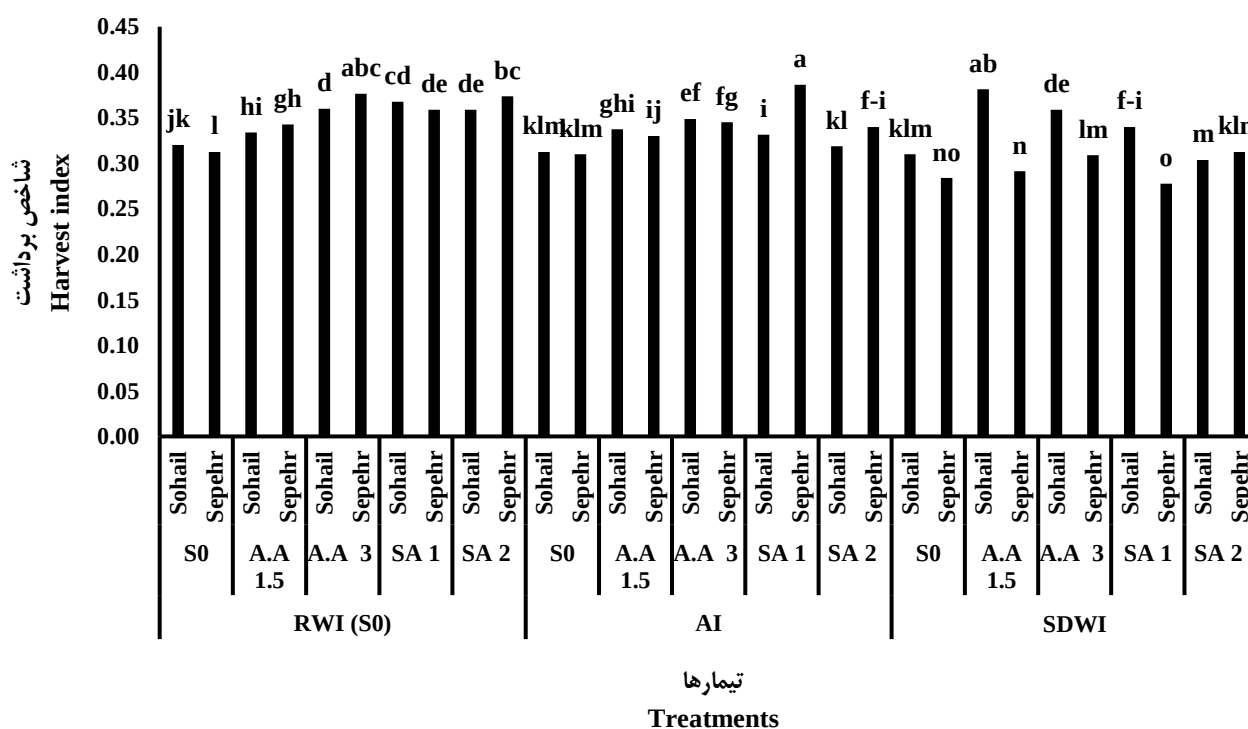
S0: Control, A.A 1.5: Amino acid foliar application 1.5 L ha⁻¹, A.A 3: Amino acid foliar application 3 L ha⁻¹, SA 1: Salicylic acid foliar application 1 millimolar, SA 2: Salicylic acid foliar application 2 millimolar, RWI (S0): River water irrigation (control), AL: Alternative irrigation, SDWI: Sugarcane drainage water irrigation

Means in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

شاخص برداشت

شاخص برداشت شاهد بدون زهاب با سایر تیمارها (کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد) در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل منابع آبی در کاربرد شاخساره‌ای (شکل ۳) نشان داد که بیشترین شاخص برداشت هر دو سال آزمایش در آبیاری تناوبی در کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار در رقم سپهر (۳۸/۹ درصد) بود که با تیمار زهاب نیشکر و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد ۱/۵ لیتر هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت.

کمترین میزان شاخص برداشت در تیمار زهاب نیشکر با کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار (۲۷/۸ درصد) حاصل شد که با زهاب نیشکر بدون کاربرد شاخساره‌ای در رقم سپهر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴). با افزایش شوری، مانند دیگر صفات، شاخص برداشت نیز کاهش یافت. گزارش شده است که صفات مربوط به عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت گیاهان در شرایط تنش کاهش می‌یابد (Waraich, Rashid, Ahmad, Ahmad, & Ahmad, 2020; Shahsavari, 2019).



شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص برداشت در اثر متقابل منابع آبی و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک در ارقام کمیلینا در دو سال زراعی

Figure 4- Mean comparison of different water resources and foliar applications effect in Camelina cultivars on harvest index during two years

S0: بدون کاربرد شاخساره‌ای (شاهد)، A.A 1.5: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت ۱/۵ در هکتار، A.A 3: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت سه لیتر در هکتار، SA 1: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، SA 2: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، RWI (S0): آبیاری با آب خام (شاهد)،

AL: آبیاری به‌صورت تناوبی، SDWI: آبیاری با زهاب نیشکر

میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار (دانکن پنج درصد) می‌باشند.

S0: Control, A.A 1.5: Amino acid foliar application 1.5 L ha⁻¹, A.A 3: Amino acid foliar application 3 L ha⁻¹, SA 1: Salicylic acid foliar application 1 millimolar, SA 2: Salicylic acid foliar application 2 millimolar, RWI (S0): River water irrigation (control), AL: Alternative irrigation, SDWI: Sugarcane drainage water irrigation

Means in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج مطالعات قبلی مبنی بر افزایش شاخص برداشت با کاربرد آمینواسید در گیاه گندم و عدس (*Lens culinaris*) مطابقت داشت (Heidarzadeh, Modarres-Sanavy, & Ebrahimi Esborezi, 2021; Haider et al., 2021). شاخص برداشت به عواملی نظیر طول دوره قبل و بعد از رشد دانه، ماده خشک و میانگین دما (از طریق تأثیر بر عملکرد دانه) بستگی دارد (Soltani, Torabi, & Zarei, 2005). در بیشتر تیمارها، شاخص برداشت با عملکرد بیولوژیکی رابطه نسبتاً معکوسی داشته و با افزایش عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت کاهش پیدا کرده است که با نتایج سایر مطالعات روی گیاه کلزا (Neysi et al., 2024) مطابقت داشت.

تعداد کپسول در بوته

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تعداد کپسول در بوته شاهد بدون زهاب با سایر تیمارها (کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد) در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل منابع آبی در کاربرد شاخساره‌ای نشان داد که بیشترین تعداد کپسول در بوته در هر دو سال آزمایش از تیمار آبیاری با آب کارون در کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد سه لیتر در هکتار در رقم سپهر با تعداد ۵۶۰/۶۲ کپسول حاصل شد (شکل ۵). ظرفیت مخزن‌های گیاه توسط تعداد دانه در کپسول مشخص می‌شود. هرچه تعداد دانه‌ها بیشتر باشند، تعداد مخزن‌ها برای ذخیره مواد پرورده تولیدشده بیشتر است و هر عاملی که این جزء را افزایش دهد باعث افزایش عملکرد نیز خواهد شد. بنابراین کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید و اسیدسالیسیلیک سطح سبز را افزایش داده و در ادامه باعث افزایش فتوسنتز گیاه شده که به‌نوبه خود در انتقال مواد فتوسنتزی و پر شدن دانه تأثیر مثبتی دارد. عملکرد دانه در کاملینا حاصل چندین جزء (تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه، تعداد بوته در مترمربع و وزن هزار دانه) می‌باشد و هر کدام از این اجزاء در مرحله خاصی از رشد گیاه شکل می‌گیرد و اهمیت نسبی آن‌ها در عملکرد دانه متفاوت است. در پژوهشی که قلی‌نژاد و همکاران (Ghoolinezhad et al., 2023) برای بررسی تأثیر کاربرد شاخساره‌ای با پلی‌آمین‌ها بر صفات رشدی و عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کاملینا در سطوح مختلف تنش شوری بر خصوصیات تعداد کپسول در بوته انجام دادند، گزارش شد که کاربرد شاخساره‌ای با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین در مقایسه با عدم کاربرد شاخساره‌ای، تعداد کپسول در هر بوته را به ترتیب ۲۶، ۲۳ و ۲۴ درصد افزایش داد. در این آزمایش نیز کاربرد شاخساره‌ای با آمینواسیدهای

چپ‌گرد ۱/۵ لیتر در هکتار، آمینواسیدهای چپ‌گرد سه لیتر در هکتار، اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار و اسیدسالیسیلیک دو میلی‌مولار در مقایسه با عدم کاربرد شاخساره‌ای تعداد کپسول در هر بوته را به ترتیب ۱۷، ۲۳، ۲۱ و ۲۲ درصد در آبیاری با آب کارون افزایش داد. در استفاده از زهاب نیشکر، تأثیر کاربرد شاخساره‌ای با آمینواسیدهای چپ‌گرد ۱/۵ لیتر در هکتار، آمینواسیدهای چپ‌گرد سه لیتر در هکتار، اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار و اسیدسالیسیلیک دو میلی‌مولار در مقایسه با عدم کاربرد شاخساره‌ای، تعداد کپسول در هر بوته به ترتیب ۱۴، ۲۷، ۲۰ و ۲۸ درصد افزایش نشان داد. و همچنین در شرایط استفاده از آبیاری تناوبی، تأثیر کاربرد شاخساره‌ای با آمینواسیدهای چپ‌گرد ۱/۵ لیتر در هکتار، آمینواسیدهای چپ‌گرد سه لیتر در هکتار، اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار و اسیدسالیسیلیک دو میلی‌مولار در مقایسه با عدم کاربرد شاخساره‌ای، تعداد کپسول در هر بوته را به ترتیب ۲۰، ۲۷، ۱۳ و ۲۲ درصد افزایش داد. در گزارشی دیگری، خان و همکاران (Khan, Shabian, Masood, Nazar, & Iqba, 2010) با کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک در باقلا (*Vicia faba*) تحت تنش شوری دریافتند که کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک تعداد غلاف را در بوته افزایش می‌دهد که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

وزن هزار دانه

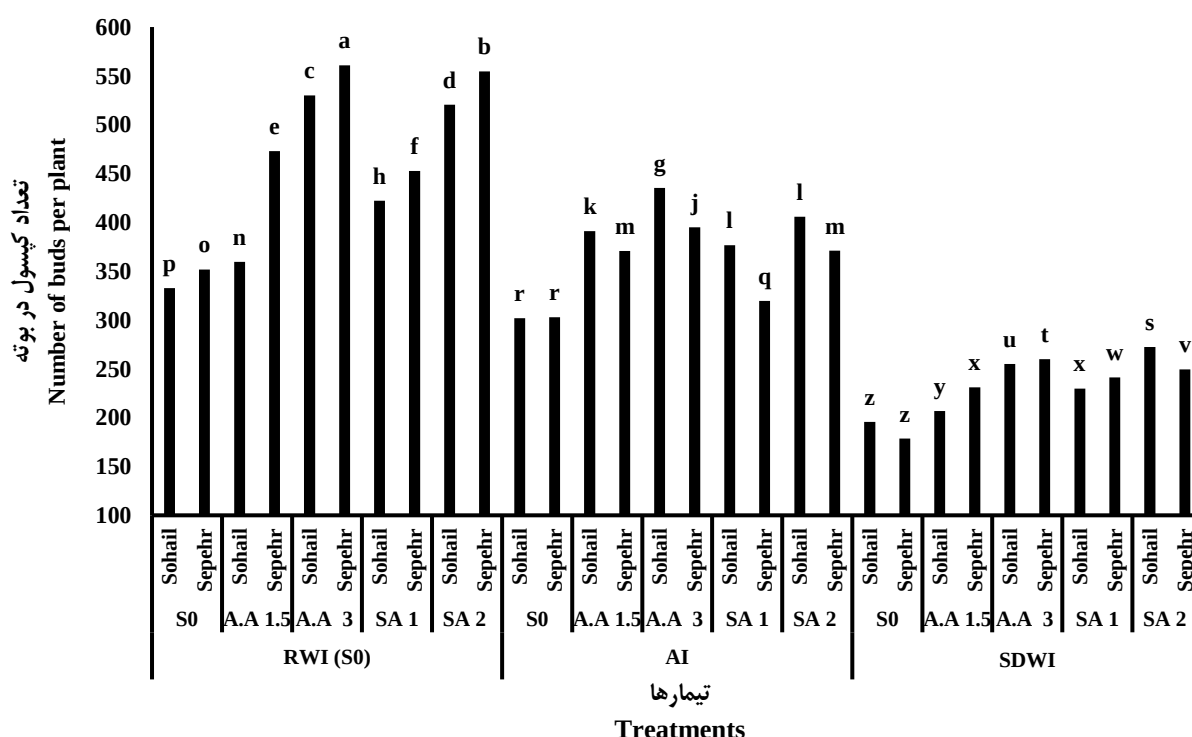
براساس نتایج به‌دست‌آمده، وزن هزار دانه شاهد بدون زهاب با سایر تیمارها (کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد) در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تیمارهای مورد آزمایش نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در دو سال آزمایش مربوط به آبیاری با آب رودخانه و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد سه لیتر در هکتار و رقم سپهر (۱/۷۳ گرم) به دست آمد (شکل ۶). کمترین وزن هزار دانه نیز در آبیاری تناوبی و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد ۱/۵ لیتر در هکتار در رقم سهیل (۱/۲۳ گرم) حاصل شد که البته با تیمارهای بدون کاربرد شاخساره‌ای و آبیاری با آب رودخانه هر رقم سهیل و سپهر تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج جمالی و انصاری (Jamali & Ansari, 2019)، روی رقم Titicaca گیاه کینوا نشان داد که استفاده از مدیریت‌های مختلف آب شور در آبیاری عملکرد دانه و وزن هزار دانه را به میزان ۲۰/۸ و ۲۰ درصد (آبیاری با آب شور در کل دوره رشدی گیاه)، ۱۴/۷ و ۱۳/۶ درصد (منابع آبی آبیاری اختلاط) و ۸/۱ و ۷/۷ درصد (منابع آبی آبیاری تناوبی) نسبت به آبیاری با آب چاه در آبیاری کاهش داد. وزن هزار دانه گیاه ذرت توسط اسیدسالیسیلیک و تحت شرایط بدون شوری افزایش یافت و

در سطح یک درصد بین تیمارهای منابع آبی و آب آبیاری شاهد و سایر تیمارهای کاربرد شاخساره‌ای با اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد می‌باشد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل منابع آبی در کاربرد شاخساره‌ای نشان داد که بیشترین طول کپسول در هر دو سال از آبیاری با آب کارون در کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد سه لیتر در هکتار در رقم سپهر (۱۰/۰۳ میلی‌متر) حاصل شد (شکل ۷). کپسول به‌عنوان یک اندام فتوسنتزی فعال اهمیت ویژه‌ای دارد و کاهش طول کپسول، عملکرد دانه را به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد (Gharechaei, Paknejad, Shirani Rad, Tohidloo, & Jabbari, 2019).

عملکرد دانه، وزن دانه و تعداد دانه توسط کاربرد اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک افزایش یافت (Gunes et al., 2005). طبق نتایج فیاض و همکاران (Fayaz et al., 2024)، در همه سطوح آبیاری، کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد موجب بهبود وزن هزار دانه کلزا در شرایط تنش و غیرتنش شد که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی داشت.

طول کپسول

نتایج نشان داد که صفت طول کپسول دارای تفاوت معنی‌داری



شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد کپسول در بوته در اثر متقابل منابع آبی و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک در ارقام کمینا در دو سال زراعی

Figure 1- Mean comparison of different water resources and foliar applications effect in Camelina cultivars on number of buds per plant during two years

S0: بدون کاربرد شاخساره‌ای (شاهد)، A.A 1.5: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت ۱/۵ در هکتار، A.A 3: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت سه لیتر در هکتار، SA

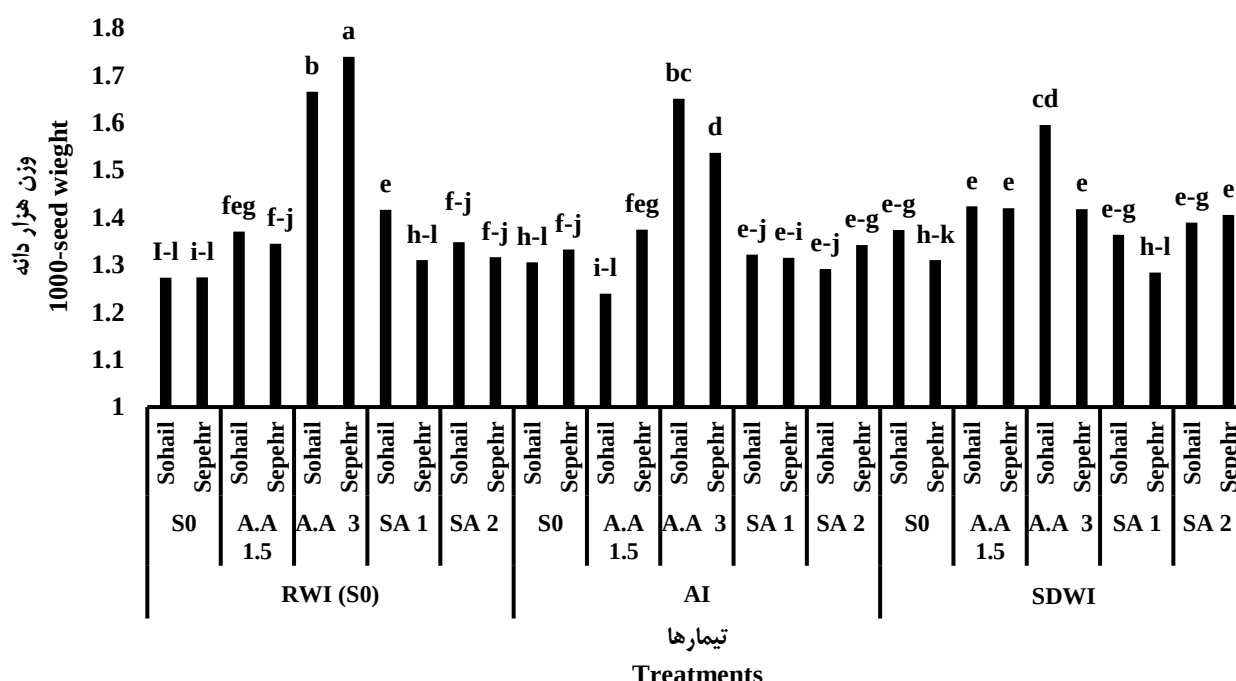
1: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، SA 2: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، RWI (S0): آبیاری با آب خام (شاهد)،

AL: آبیاری به‌صورت تناوبی، SDWI: آبیاری با زهاب نیشکر

میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار (دانکن پنج درصد) می‌باشند.

S0: Control, A.A 1.5: Amino acid foliar application 1.5 L ha⁻¹, A.A 3: Amino acid foliar application 3 L ha⁻¹, SA 1: Salicylic acid foliar application 1 millimolar, SA 2: Salicylic acid foliar application 2 millimolar, RWI (S0): River water irrigation (control), AL: Alternative irrigation, SDWI: Sugarcane drainage water irrigation

Means in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ۶- مقایسه میانگین وزن هزار دانه در اثر متقابل منابع آبی و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک در ارقام کمینا در دو سال زراعی

Figure 5- Mean comparison of different water resources and foliar applications effect in Camelina cultivars on 1000 Seed weight during two years

S0: بدون کاربرد شاخساره‌ای (شاهد)، A.A 1.5: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت ۱/۵ در هکتار، A.A 3: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت سه لیتر در هکتار، SA: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، SA 2: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، RWI (S0): آبیاری با آب خام (شاهد)، AL: آبیاری به‌صورت تناوبی، SDWI: آبیاری با زهاب نیشکر

میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار (دانکن پنج درصد) می‌باشند.

S0: Control, A.A 1.5: Amino acid foliar application 1.5 L ha⁻¹, A.A 3: Amino acid foliar application 3 L ha⁻¹, SA 1: Salicylic acid foliar application 1 millimolar, SA 2: Salicylic acid foliar application 2 millimolar, RWI (S0): River water irrigation (control), AL: Alternative irrigation, SDWI: Sugarcane drainage water irrigation

Means in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

می‌رسد که کاربرد شاخساره‌ای با آمینواسیدهای چپ‌گرد از طریق افزایش جذب عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن در گیاه موجب بهبود فرآیند فتوسنتز، افزایش سرعت انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به دانه و متعاقب آن بهبود وزن دانه و طول کپسول و در نهایت افزایش اندازه گیاه و عملکردی تولیدی گردیده است (Colla et al., 2017). آشوری و همکاران (Ashouri, Fallah, Niknezhad, & Barari, 2023) طی مطالعه اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدها بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و ارزش غذایی در برنج (*Oryza sativa*) بیان کردند که کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید منجر به افزایش معنی‌دار طول خوشه برنج نسبت به شاهد شد. کاربرد شاخساره‌ای توأم آمینواسید متیونین و لیزین می‌تواند نقش مهمی در بهبود رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در دانه برنج رقم

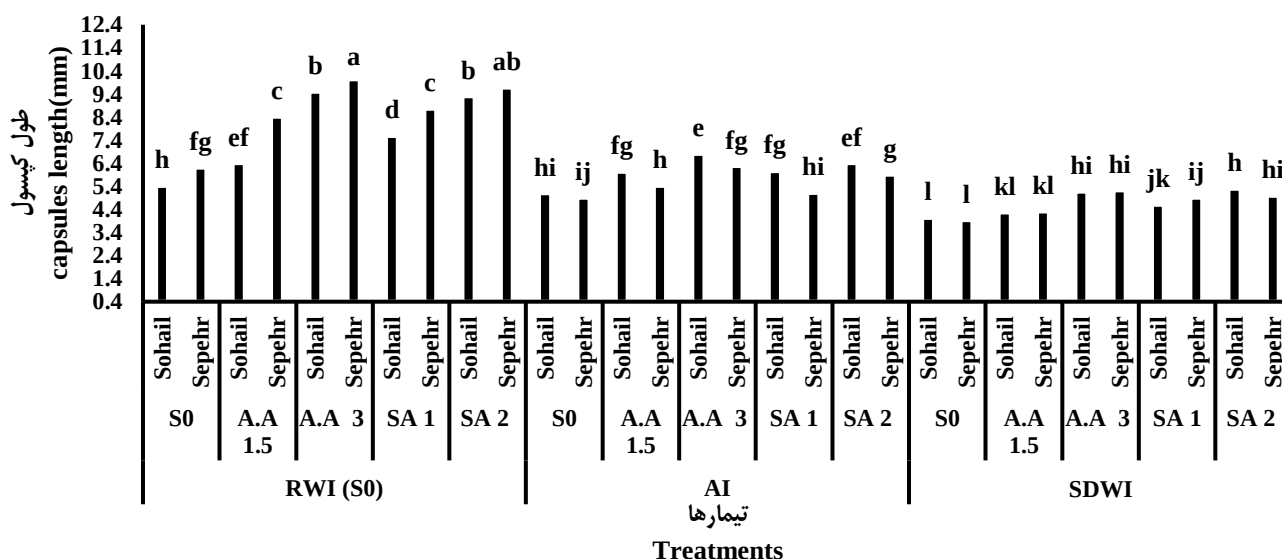
کاهش فتوسنتز و ارسال فرآورده‌های فتوسنتزی به کپسول‌ها در اثر تنش، مهم‌ترین عامل کاهش طول کپسول و در نتیجه عملکرد دانه است (Seyed Ahmadi, Bakhshandeh, & Garineh, 2015). سایر پژوهشگران در تحقیق خود گزارش‌های مشابهی را در این خصوص عنوان نمودند. این نتایج حاکی از آسیب‌پذیری عملکرد و اجزای عملکرد دانه به‌ویژه تحت شرایط تنش شوری می‌باشد. به نظر می‌رسد که شوری با تأثیرگذاری بر فرآیند فتوسنتز احتمالاً سبب کاهش قدرت منبع در این ارقام می‌شود که این امر در نهایت موجب کاهش تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، طول کپسول، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و وزن هزار دانه گردید که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. از طرفی دیگر با توجه به اینکه نیتروژن یکی از اجزای اصلی ساختار آمینواسیدهای چپ‌گرد می‌باشد، به نظر

لیتر در هکتار و رقم سپهر (۲۰/۸ عدد) حاصل شد (شکل ۸). کمترین تعداد دانه در کپسول نیز در دو سال تیمار در آبیاری با زهاب نیشکر و بدون کاربرد شاخساره‌ای و رقم سپهر (۱۰/۷ عدد) به دست آمد. نتایج سلوا و اوساما (Salwa, Hammad, Osama, & Ali, 2014) نشان داد که محلول‌پاشی آمینواسیدها در مواجهه با تنش باعث افزایش قابل توجه ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شد. اختلال در متابولیسم کربوهیدرات‌ها به واسطه افزایش شوری که از کاهش غلظت قند برگ‌ها نتیجه می‌شود، می‌تواند به کاهش مقدار کربوهیدرات‌های قابل دسترس برای ارسال به اعضای ذخیره‌کننده منجر شده که در نتیجه، مقدار سقط جنین افزایش و تعداد دانه تشکیل شده کاهش می‌یابد. کاید نظامی و همکاران (Kayed Nezami, Balochi, & Yadavi, 2012) گزارش دادند که به‌نظر می‌رسد یکی از علل کاهش تعداد دانه در کپسول بر اثر شوری، کاهش اندازه کپسول‌ها باشد که با نتایج این پژوهش هم‌راستا بود.

هاشمی داشته باشد. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که کاربرد شاخساره‌ای اسیدهای آمینه از طریق تحریک رشد گیاه و بهبود جذب آب و عناصر غذایی موجب افزایش عملکرد تولیدی گیاه مانند طول کپسول، تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته گردید که با نتایج مروچی و همکاران (Maroji, Zamani, Kafi, & Alizadeh, 2017) روی کلزا مطابقت داشت.

تعداد دانه در کپسول

نتایج تجزیه واریانس مرکب دو سال آزمایش نشان داد که صفت تعداد دانه در کپسول دارای تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین تیمارهای منابع آبی و آب آبیاری شاهد و سایر تیمارهای کاربرد شاخساره‌ای با اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد می‌باشد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل منابع آبی در کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد نشان داد که بیشترین تعداد دانه در کپسول در هر دو سال آزمایش مربوط به آبیاری با آب رودخانه و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد سه



شکل ۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه در اثر متقابل منابع آبی و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک در ارقام کمیلنا در دو سال زراعی

Figure 6- Mean comparison of different water resources and foliar applications effect in *Camelina* cultivars on capsules length during two years

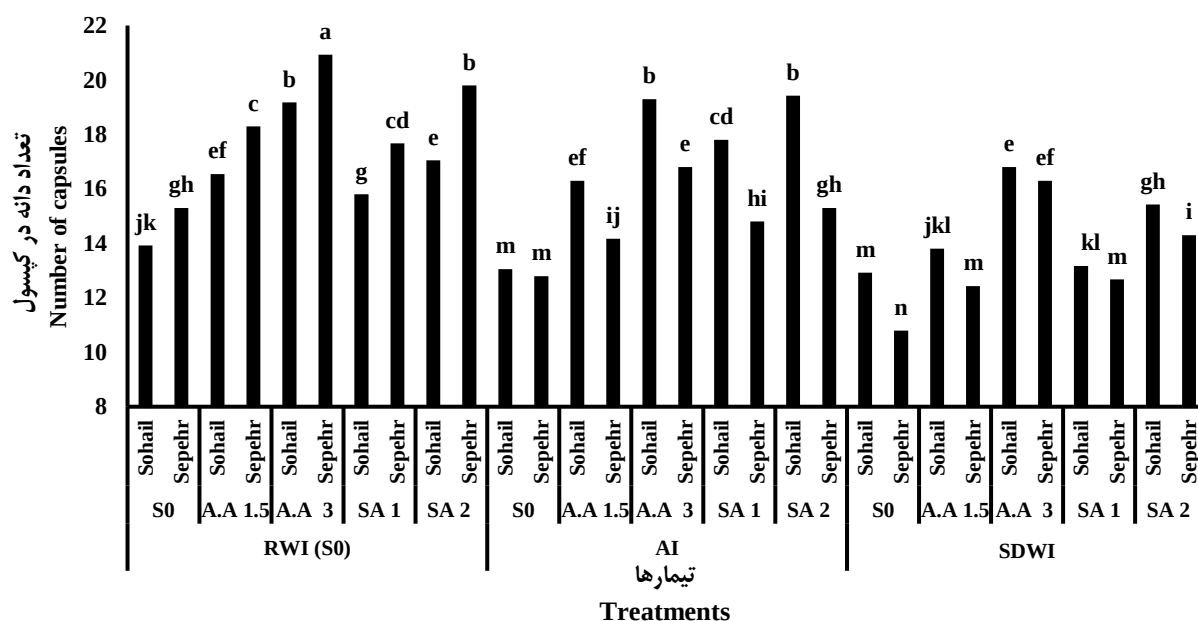
S0: بدون کاربرد شاخساره‌ای (شاهد)، A.A 1.5: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت ۱/۵ در هکتار، A.A 3: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت سه لیتر در هکتار، SA 1: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، SA 2: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، RWI (S0): آبیاری با آب خام (شاهد)،

AL: آبیاری به‌صورت تناوبی، SDWI: آبیاری با زهاب نیشکر

میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار (دانکن پنج درصد) می‌باشند.

S0: Control, A.A 1.5: Amino acid foliar application 1.5 L ha⁻¹, A.A 3: Amino acid foliar application 3 L ha⁻¹, SA 1: Salicylic acid foliar application 1 millimolar, SA 2: Salicylic acid foliar application 2 millimolar, RWI (S0): River water irrigation (control), AL: Alternative irrigation, SDWI: Sugarcane drainage water irrigation

Means in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ۸- مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول در اثر متقابل منابع آبی و کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک در ارقام کم‌لینا در دو سال زراعی

Figure 8- Mean comparison of different water resources and foliar applications effect in Camelina cultivars on capsules number during two years

S0: بدون کاربرد شاخساره‌ای (شاهد)، A.A 1.5: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت ۱/۵ در هکتار، A.A 3: کاربرد شاخساره‌ای آمینواسید با غلظت سه لیتر در هکتار، SA 1: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، SA 2: کاربرد شاخساره‌ای اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار، RWI (S0): آبیاری با آب خام (شاهد)، AL: آبیاری به‌صورت تناوبی، SDWI: آبیاری با زهاب نیشکر

میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار (دانکن پنج درصد) می‌باشند.

S0: Control, A.A 1.5: Amino acid foliar application 1.5 L ha⁻¹, A.A 3: Amino acid foliar application 3 L ha⁻¹, SA 1: Salicylic acid foliar application 1 millimolar, SA 2: Salicylic acid foliar application 2 millimolar, RWI (S0): River water irrigation (control), AL: Alternative irrigation, SDWI: Sugarcane drainage water irrigation

Means in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۷- شاخص حساسیت به تنش ارقام مورد مطالعه

Table 7- Stress susceptibility index of studied varieties

ارقام مورد مطالعه	شاخص حساسیت به تنش (SSI)
Studied varieties	Stress susceptibility index
سپیل	0.27
Sohail	
سپهر	0.46
Sepehr	

روی ۱۹ رقم کلزا انجام دادند، عنوان کردند که شاخص حساسیت به تنش ارقام مورد مطالعه بین ۰/۳۷ تا ۱/۴۴ متغیر بود. در گزارش دیگری توسط (Neysi et al., 2024)، بررسی فیزیولوژیکی اثر زهاب مزارع نیشکر روی برخی از صفات کمی و کیفی ارقام کلزا گزارش کردند که رقم هایولا ۴۸۱۵ با شاخص حساسیت به تنش پایین‌تری نسبت به دو رقم دیگر، نشان داد که تحمل نسبی به استفاده از منبع نامتعارف زهاب مزارع نیشکر دارد.

شاخص حساسیت به تنش

رقم سپیل شاخص حساسیت به تنش پایین‌تری نسبت به رقم سپهر نشان داد که دارای تحمل نسبی به استفاده از منبع نامتعارف زهاب مزارع نیشکر است (جدول ۷). آنالقی و همکاران (Anaghli, Roust, & Azari, 2016) در آزمایشی که جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری کلزا با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش بر

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که در تمامی صفات، تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین تیمارهای منابع آبی و آب آبیاری شاهد و سایر تیمارهای کاربرد شاخساره‌ای با اسیدسالیسیلیک و آمینواسیدهای چپ‌گرد وجود داشت. کاربرد آبیاری تناوبی و زهاب نیشکر (تنش شوری) منجر به کاهش ارتفاع گیاه، تعداد کپسول و در نهایت عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. رقم سهیل در شرایط کاربرد زهاب دارای بیشترین تعداد دانه در کپسول، کپسول در بوته، شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بود. از طرف دیگر، کاربرد آمینواسیدهای چپ‌گرد به میزان سه لیتر در هکتار و اسیدسالیسیلیک با غلظت دو میلی‌مولار، در مرحله گل‌دهی نقش مهمی در رشد گیاه داشته است، به گونه‌ای که عملکرد دانه نسبت به شاهد در شرایط استفاده از آب رودخانه کارون به ترتیب ۴۸ و ۴۷ درصد افزایش نشان داد. با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان گفت که کاربرد شاخساره‌ای آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک، اثر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کاملینا داشته است. در بین تیمارهای منابع آبی، آبیاری با آب رودخانه کارون با کاربرد شاخساره‌ای سه لیتر در هکتار آمینواسید، بیشترین عملکرد دانه را در رقم سپهر به میزان ۵۳ درصد نسبت به رقم سهیل در تیمار شاهد نشان داد، ولی در شرایط استفاده از زهاب، رقم سپهر

عملکرد کمتری نسبت به رقم سهیل داشت. یافته‌های این مطالعه نشان داد که به نظر می‌رسد کاربرد برگی آمینواسیدهای چپ‌گرد و اسیدسالیسیلیک به عنوان تنظیم‌کننده‌های بالقوه برای افزایش رشدونمو کاملینا، از طریق افزایش جذب عناصر غذایی باعث تعدیل اثرات تنش شده و عملکرد دانه را بهبود می‌بخشد که اثبات آن نیاز به انجام آزمایش‌های بیشتری دارد. عملکرد دانه در شرایط آبیاری با آب رودخانه در تیمارهای مورد استفاده به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های آبیاری بوده و کمترین میزان عملکرد در کاربرد زهاب نیشکر مشاهده شد، هرچند در این میان رقم سهیل در شرایط کاربرد زهاب نیشکر با آمینواسید سه لیتر در هکتار به میزان ۳۵ درصد نسبت به شرایط کاربرد زهاب بدون کاربرد آمینواسید (شاهد) رقم سپهر برتری نشان داد. در مجموع، به نظر می‌رسد که چنانچه هدف آبیاری با آب رودخانه کارون باشد، می‌توان از رقم سپهر بهره جست و چنانچه در زمان کمبود منابع آب آبیاری، هدف آبیاری با زهاب باشد بهتر است از رقم سهیل استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت تأمین اعتبار لازم برای اجرای این طرح تشکر و قدردانی می‌نماید.

References

- Amiri-Darban, N., Nourmohammadi, G., Shirani Rad, A. H., Mirhadi, S. M. J., & Majidi Heravan, I. (2021). Evaluation of the response of physiological and seed and oil yields of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) to the application of ammonium and potassium sulfates under late-season drought stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(4), 87-99. (in Persian with English abstract). <http://doi.org/10.22059/IJFCS.2020.308214.654746>.
- Anaghli, A., Rousta, M. J., & Azari, A. (2016). Selection of salt-tolerant rapeseed cultivars using indicators, *Arid Biome Scientific Journal*, 6(2), 1-9. (in Persian with English abstract). <http://dorl.net/dor/20.1001.1.2008790.1395.6.2.1.6>
- Arun, G., & Priyanka, T. (2021). Reuse of canal and drainage water in irrigation for wheat crop by using Hydrus 2D software - A case study. *Water and Energy International*, 63(12), 6-11.
- Ashour, E., Zeidan, B., & Elshemy, M. (2021). Assessment of agricultural drainage water reuse for irrigation in El-Behira Governorate, Egypt. *Water Science*, 35(1), 135-153. <https://doi.org/10.1080/23570008.2021.1982336>
- Ashouri, R., Fallah, H., Niknezhad, Y., & Barari Tari, D. (2023). Effect of application of plant growth promoting bacteria and amino acids foliar application on growth characteristics, yield, and nutritional value in rice (*Oryza sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 21(3), 333-346. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.81340.1230>
- Ashu, A., & Lee, S. (2018). Reuse of agriculture drainage water in a mixed land-use watershed. *Agronomy*, 9(6), 1-18. <https://doi.org/10.3390/agronomy9010006>
- Azimi, M. S., Daneshian, J., Sayfzadeh, S., & Zare, S. (2013). Evaluation of amino acid and salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(8), 816-819. (in Persian with English abstract)
- Badil, F. C., Barary, M., Shomeili, M., & Tahmasebi, Z. (2016). Alleviation of salinity effects by exogenous applications of salicylic acid in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) seedlings. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(3), 449-459. (in Persian with English abstract).
- Bakhtavar, M. A., Afzal, I., Basra, S. M. A., Ahmad, A. U. H., & Noor, M. A. (2015). Physiological strategies to improve the performance of spring maize (*Zea mays* L.) planted under early and optimum sowing conditions. *PloS One*, 10, e0124441. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124441>.
- Branko, M., Simi, M., Dolijanovi, Z., Rajkovi, M., Mandi, V., & Dragicevi, V. (2020). The response of maize

- lines to foliar fertilizing. *Agriculture*, 10(9), 365-378. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090365>
11. Colla, G., Cardarelli, M., Bonini, P., & Rouphael, Y. (2017). Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato. *HortScience*, 52, 1214-1220. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12200-17>
 12. El-Said, M. A. A., & Mahdy, A. Y. (2016). Response of two wheat cultivars to foliar application with amino acids under low levels of nitrogen fertilization. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 5(4), 462-472.
 13. Fayaz, E., Sorooshzadeh, A., & Heidarzadeh, A. (2024). Effect of foliar application of amino acids under water deficit conditions during late-season on yield & yield components of oil rapeseed (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 55(1), 139-149. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2024.368145.655044>
 14. Fischer, R. A., & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(5), 897-912. <http://dx.doi.org/10.1071/AR9780897>
 15. Fernandes, L. S., Galvao, A., Santos, R., & Monteiro, S. (2023). Impact of water reuse on agricultural practices and human health. *Environmental Research*, 216, 114762. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114762>
 16. Gharechaei, N., Paknejad, F., Shirani Rad, A. H., Tohidloo, Gh., & Jabbari, H. (2019). Study of late season drought stress and planting date on some agronomic traits of advanced winter canola genotypes. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(1), 181-191. (In Persian). <https://doi.org/10.22077/escs.2018.1208.1247>
 17. Ghazi Manas, M., Banj Shafiee, S., Haj Seyed Hadi, M. R., & Darzi, M. T. (2013) Effects of vermicompost and nitrogen on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 29(2), 269–280. (in Persian). <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2013.2855>
 18. Gholinezhad, E., Lalehgani, B., & Kazemi, S. (2023). Evaluation of the effect of different levels of salinity stress and foliar spraying of spermine, spermidine and putrescine on seed yield and concentration of leaf and root nutrients in Camelina plant. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 13(3), 1-24. <https://doi.org/10.22069/EJSMS.2023.21074.2089>.
 19. Gholamian, S. M., Ghamarnia, H., & Kahrizy, D. (2017). Effects of saline water on Camelina (*Camelina sativa*) yield in greenhouse condition. *Water and Irrigation Management*, 7(2), 333-348. <https://doi.org/10.22059/jwim.2018.248556.582>.
 20. Grattan, S. R., Grieve, C. M., Poss, J. A., Robinson, P. H., Suarez, D. L., & Benesd, S. E. (2004). Evaluation of salt-tolerant forages for sequential water reuse systems: I. Biomass production. *Agricultural Water Management*, 70(2), 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.04.010>.
 21. Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F., & Guzelordu, T. (2005). Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 51, 687-695. <https://doi.org/10.1080/03650340500336075>.
 22. Haider, I., Raza, M. A. S., Iqbal, R., Ahmad, S., Aslam, M. U., Israr, M., Riaz, U., Sarfraz, M., Abbas, N., Abbasi, S. H., & Abbas, Z. (2021). Alleviating the drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) by foliar application of amino acid and yeast. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 34(1), 239-246. <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2021/34.1.239.246>.
 23. Hayat, S., Hasan, S. A., Fariduddin, Q., & Ahmad, A. (2008). Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. *Journal of Plant International*, 3, 297–304.
 24. 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 Pulses Research*, 12(1), 88-99. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/IJPR.V12I1.83900>.
 25. Hovezawi, S., Naseri, A. A., & Izdpanah, Z. (2016). The effect of sugarcane drainage irrigation on soil chemical properties. *Water and Irrigation Management*, 6(1), 117-132.
 26. Imam, Y., & Pirasteh Anousheh, H. (2014). *The effect of salicylic acid priming on water absorption, germination and growth of barley seedlings under salt stress*. 13th Iranian Congress of Agriculture and Plant Breeding. Karaj. Iran. (in Persian).
 27. Ismail, H., Maksimovic, J. D., Maksimovic, V., Shabala, L., Živanovic, B. D., Tian, Y., Jacobsen, S. E., & Shabala, S. (2016). Rutin, a flavonoid with antioxidant activity, improves plant salinity tolerance by regulating K⁺ retention and Na⁺ exclusion from leaf mesophyll in quinoa and broad beans. *Functional Plant Biology*, 43, 75–86. <https://doi.org/10.1071/FP15312>.
 28. Jamali, S., & Ansari, H. (2019). Effects of water quality and irrigation management on growth and yield of quinoa. *Journal of Water Research in Agriculture*, 33(3), 339-351. (in Persian with English abstract).
 29. Jahanbakhsh, S., Khajoei-Nejad, Gh. R., Moradi, R., & Naghizadeh, M. (2021). Effect of planting date and salicylic acid on some quantitative and qualitative traits of quinoa as affected by drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 13(4), 1149-1167. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/escs.2020.2313.1595>
 30. Jorgensen, G. S., Solomon, K. H., & Cervinka, V. (1992). Agroforestry systems for on farm drain water

- management,” in Drainage and water table control: Proc. Sixth International Drainage. *American Society of Agricultural Engineers*, 484–490.
31. Kalaji, H. M., Govindjee, Bosa, K., Kościelniak, J., & Żuk-Golaszewska, K. (2011). Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO₂ assimilation of two Syrian barley landraces. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 73, 64-72. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.10.009>
32. Kayed Nezami, R., Balochi, H. R., & Yadavi, A. R. (2012). The effect of salicylic acid foliar spraying on yield, yield components and some physiological traits of lentil cultivars under salt stress (*Lens culinaris*) Medik. *Iranian Legume Research*, 3(2), 97-110. (in Persian with English abstract).
33. Khairy, S., Shaban, M., Negm, A. M., Eldeen, O. W., & Ramadan, M. (2022). Drainage water reuse strategies: Case of El-Bats drain, Fayoum Governorate, Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(5), 101681. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.101681>.
34. Khan, N. A., Shabian, S., Masood, A., Nazar, A., & Iqbal, N. (2010). Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology*, 1, 1- 8. <https://doi.org/10.4081/pb.2010.e1>.
35. Khan, S., Yu, H., Li, Q., Gao, Y., Sallam, B. N., Wang, H., Liu, P., & Jiang, W. (2019). Exogenous application of amino acids improves the growth and yield of lettuce by enhancing photosynthetic assimilation and nutrient availability. *Agronomy*, 9(5), 266. <https://doi.org/10.3390/agronomy9050266>
36. Khoshvaghti, H., & Tajbakhsh-Shishavan, M., (2022). The effect of foliar application of nano and amino acid fertilizers on some biochemical properties of grain and yield of corn. *To Agricultural Crops*, 24(1), 237-252. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jci.2022.332347.2628>.
37. Klessig, D. F., Choi, H. W., & Dempsey, D. M. A. (2018). Systemic acquired resistance and salicylic acid: Past, present, and future. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 31(9), 871-888. <https://doi.org/10.1094/mpmi-03-18-0067-cr>
38. Koochekzadeh, A., Siahposh, A., Moradi-Telavat, M. R., & Shafiee, M., (2023). Effect of mycorrhizal inoculation and salicylic acid on growth characteristics, yield and quality of marigold under salinity stress. *Journal of Crops Improvement*, 25(4), 1133-1148. <https://doi.org/10.22059/jci.2023.344308.2719>.
39. Letey, J. (2005). Model describes sustainable long-term recycling of saline agricultural drainage water. *California Agriculture*, 57(1), 24-27.
40. Li, X., Zheng, S., & Wu, G. (2021). Nutrition and functions of amino acids in fish. Amino acids in nutrition and health: Amino acids in the nutrition of companion, zoo and farm animals. P.133-168 https://doi.org/10.1007/978-3-030-54462-1_8
41. Li, Y., & Sun, X. (2015). Camelina oil derivatives and adhesion properties. *Industrial Crops and Products*, 73, 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.015>.
42. Maroji, S., & Zamani, G., & Kafi, M., & Alizadeh, Z. (2017) Effect of different levels of salinity on yield and yield components of spring rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*B. juncea* L.). *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 10(3), 445-457. <https://doi.org/10.22077/escs.2017.302.1062>.
43. Martinelli, T., & Galasso, I. (2011). Phenological growth stages of *Camelina sativa* according to the extended BBCH scale. *Annals of applied Biology*, 158(1), 87-94. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2010.00444.x>
44. Mohammadinejad, R., Bahramian, S., & Kahrizi, D. (2018). Evaluation of physicochemical properties, fatty acid composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil (DH 125). *Food Science and Technology*, 15(77), 261-269.
45. Mokhtaran, A., Tavoosi, M., Varjavand, P., & Sepehri Sadeghian, S. (2020). Investigation of the effects of sugarcane drainage water for *Quinoa* cultivation in Southern Khuzestan on crop yield and soil salinity and sodictiy changes. *Journal of Water Research in Agriculture*, 34(3), 337-354.
46. Neysi, K., Hassibi, P., Rahnama, A., Ghahfarokhi, A., & Bahadori, A. (2024). Physiological study of sugarcane fields drain water effect on some quantitative and qualitative traits of *Canola* cultivars. *Scientific Journal of Crop Plant Physiology, Islamic Azad University, Ahvaz*, 16(61), 47-64. <http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-1635-en.html>.
47. Pasha, S., Alavifazel, M., Jafarnejadi, A., Lack, Sh., & Mojaddam M. (2023). Effect of supplemental nutrition on yield, yield components, and grain protein and Zinc amount of wheat cultivars under drain water irrigation. *Scientific Journal of Crop Plant Physiology, Islamic Azad University, Ahvaz*, 15(58), 5-21. <http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-1331-en.html>.
48. Pouryousef Miandoab, M., & Shahravan, N. (2014). The effect of foliar spraying of amino acids at different times on corn yield and yield components. *Quarterly Scientific Research Journal of Crop Plant Physiology. Islamic Azad University, Ahvaz*, 6(23), 21-32. <http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-378-en.html>
49. Putnik-Delic, M., Maksimovic, I., Zeremski, T., & Marjanovic-Jeromela, A. (2013). Effects of heavy metals on chemical composition of *Camelina sativa* L. *Agroзнanje*, 14(3), 377-384. <https://doi.org/10.7251/AGREN1303377P>
50. Qamarnia, H., Kahrizi, D., & Rostami Ahmadvandi, H. (2019). *Camelina: A Low-Risk and Adaptable Plant*. Razi University. Kermanshah, Iran. 120 pp.

51. Radkowski, A., & Radkowska, I. (2018). Influence of foliar fertilization with amino acid preparations on morphological traits and seed yield of timothy. *Plant Soil Environment*, 64, 209-213. <https://doi.org/10.17221/112/2018-PSE>
52. Rajabzadeh, F., & Pazira, E. (2022). Management of drainage waters from sugarcane cultivation in Khuzestan plain. *Water Management in Agriculture*, 9(1), 119-134. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24764531.1401.9.1.9.0>
53. Razmi, N., Ebadi, A., Daneeshian, J., & Jahanbakhsh, S. (2023). The effect of salicylic acid on some agrophysiological and biochemical traits of soybean genotypes under drought stress conditions. *Scientific Journal of Crop Plant Physiology, Islamic Azad University, Ahvaz*, 15(58), 61-81. <http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-1613-en.html>
54. Salwa, A., Hammad, R., Osama, A., & Ali, M., (2014). Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. *Annals of Agricultural Science*, 59(1), 133-145. <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2014.06.018>
55. Seyed Ahmadi, A., Bakhshandeh, A., & Garineh, M. H. (2015). Evaluation physiological characteristics and grain yield canola cultivars under end seasonal drought stress in weather condition of Ahvaz. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(1), 71-80. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/GSC.V13I1.48318>
56. Shahsavari, N. (2019). Effects of zeolite and zinc on quality of canola (*Brassica napus* L.) under late season drought stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(9), 1117-1122. <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1604729>
57. Sharifipour, M., Liaqat, A., Naseri, A. A., Nozari, H., Hajishah, M., Zarshenas, M., Hoveyze, H., & Nasri, M. (2019). Management of wastewater in irrigation and drainage networks in southwestern Khuzestan province. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55(2), 525-539. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/IJSWR.2019.274004.668107>
58. Shekari, G., & Javanmardi, J. (2017). Effects of foliar application pure amino acid and amino acid containing fertilizer on broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) transplant. *Advances in Crop Science and Technology*, 5, 280.
59. Soltani, A., Torabi, B., & Zarei, H. (2005). Modeling crop yield using a modified harvest index-based approach: Application in chickpea. *Field Crops Research*, 91, 273-285. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.07.016>
60. Teixeira, W. F., Fagan, E. B., Soares, L. H., Soares, J. N., Reichardt, K., & Neto, D. D. (2018). Seed and foliar application of amino acids improve variables of nitrogen metabolism and productivity in soybean crop. *Frontiers in Plant Science*, 9, 396. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00396>
61. Waraich, E. A., Rashid, F., Ahmad, Z., Ahmad, R., & Ahmad, M. (2020). Foliar applied potassium stimulate drought tolerance in canola under water deficit conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 43(13), 1923-1934. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1758132>
62. Yang, A., Akhtar, S. S., Iqbal, S., Qi, Z., Alandia, G., Saddiq, M. S., & Jacobsen, S. E. (2018). Saponin seed priming improves salt tolerance in quinoa. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204(1), 31-39. <https://doi.org/10.1111/jac.12229>
63. Yavas, I., & Unay, A. (2016). Effects of zinc and salicylic acid on wheat under drought stress. *JAPS: Journal of Animal and Plant Sciences*, 26(4), 1012-1018.
64. Yazar, A., Metin, S., Yeşim, B., Çiğdem, İ., & Servet, T. (2017). Effect of planting times and saline irrigation of Quinoa using drainage water on yield and yield components under the Mediterranean environmental conditions. *International Journal of Research International Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 4(8), 8-16.
65. Zarei, Sh., Hassibi, P., Kahrizi, D., and Safieddin Ardebili, S. M. 2022. Effect of nitrogen application on camelina (*Camelina sativa*) oil seed yield and yield components at different planting dates. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 19(4), 311–325. (in Persian). <https://doi.org/10.22067/JCESC.2021.37179.0>