

مقاله علمی-پژوهشی

اثر پیش تیمار بذر و سطوح آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب کاهو فرانسوی

جعفر نیکبخت^{۱*}، فاطمه بک محمدی^۲ و طاهر برزگر^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۵

چکیده

پژوهش حاضر به صورت آزمایش گلدانی به منظور بررسی اثر سطوح متفاوت آبیاری (تأمین ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) و پیش تیمار بذر با محلول اسید سالیسیلیک (صفر، ۰/۵ و یک میلی مولار) بر عملکرد و بهره‌وری آب کاهو فرانسوی در گلخانه مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار از آذر تا اسفند ماه ۱۳۹۸ انجام گرفت. نیاز آبی تیمار شاهد به روش وزنی تعیین گردید. بر اساس یافته‌های پژوهش، میانگین وزن تر گیاه، میانگین قطر تاج، میانگین قطر طوقه، میانگین محتوی نسبی آب برگ و میانگین بهره‌وری آب در گیاهان آبیاری شده به میزان ۷۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۴۶، ۱۹، ۲۴، ۸ و ۳۵ درصد کاهش معنی‌دار یافت. پیش تیمار بذر با محلول یک و ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک موجب افزایش معنی‌دار میانگین وزن تر گیاه (به ترتیب ۱۱۵ و ۵۳ درصد)، میانگین قطر تاج (۲۳ و ۱۰ درصد به ترتیب)، میانگین قطر ساقه (۱۰ و ۶ درصد به ترتیب)، میانگین شاخص کلروفیل برگ (به ترتیب ۶۰ و ۳۰ درصد)، میانگین محتوی نسبی آب برگ (به ترتیب ۵۹ و ۴۱ درصد) و میانگین بهره‌وری آب (به ترتیب ۲۳ و ۱۱ درصد) نسبت به تیمار شاهد (آب مقطر) شد. بر اساس نتایج برهمکنش متقابل تیمارهای آزمایش، بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین بهره‌وری آب در تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی-پیش تیمار یک میلی مولار (۸/۹ کیلوگرم بر مترمکعب) و ۷۰ درصد نیاز آبی-پیش تیمار با آب مقطر (۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب) بود. پیشنهاد می‌شود در مناطقی مانند زنجان که به دلیل محدودیت منابع آب، انجام کم آبیاری لازم است، با انجام پیش تیمار بذر، اثرات منفی ناشی از تنش خشکی کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، بهره‌وری آب، پیش تیمار بذر، سطوح آبیاری، کاهو

مقدمه

پیدا می‌کند. راه کارهای زیادی برای مقابله با تنش‌های محیطی وارده بر گیاه توصیه شده است که یکی از این راه کارها، پیش تیمار بذر است که طی این فرآیند، به بذر اجازه جذب کنترل شده آب جهت شروع فعالیت‌های اولیه جوانه‌زنی مانند فعال شدن هورمون‌ها، آنزیم‌ها و محلول شدن مواد غذایی ذخیره شده در بذر، داده می‌شود اما از خروج ریشه‌چه جلوگیری می‌گردد (ایزدخواه شیشوان و همکاران، ۱۳۹۵). پیش تیمار بذر باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و یکنواختی آن و بهبود رشد گیاهچه‌ها و شاخص‌های بنیه بذر در برابر تنش‌های محیطی می‌شود (پاکباز و همکاران، ۱۳۹۳). مواد زیادی برای پیش تیمار بذرها مورد استفاده قرار می‌گیرد که یکی از این مواد، هورمون گیاهی بنام اسید سالیسیلیک است که توسط سلول‌های ریشه تولید می‌شود. اسید سالیسیلیک به عنوان یک مولکول پیام‌رسان شناخته شده است که در پاسخ‌های دفاعی گیاهان و هم چنین مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی از طریق تنظیم عملکردهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نقش ایفا می‌کند. مکانیسم عمل اسید سالیسیلیک در برابر تنش‌ها به نقش آن در تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی و ترکیبات دارای

کاهش نزولات جوی و افزایش تقاضای آب در حوزه‌های مختلف (کشاورزی، شرب، صنعت و ...) در سال‌های اخیر، موجب کاهش سرانه آب تجدید شونده گردیده است. تداوم شرایط اخیر در آینده، لزوم اتخاذ تمهیداتی جهت مقابله با بحران آب را ایجاب می‌کند. یکی از راه کارهای مدیریتی در شرایط کمبود آب در بخش کشاورزی، انجام کم آبیاری است که در آن بخش کم بازده آب آبیاری حذف می‌گردد. با اعمال کم آبیاری بهره‌وری آب افزایش یافته، در نتیجه سود حاصل حداکثر می‌شود (دهقانی احمدآبادی و همکاران، ۱۳۹۷؛ نیکبخت و همکاران، ۱۴۰۰). تحت تأثیر تنش‌های محیطی، عملکرد گیاه کاهش

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
(* نویسنده مسئول): (Email: Nikbakht.jaefar@znu.ac.ir)
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.6.11.8

گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه بر می‌گردد (عقلمند و همکاران، ۱۳۹۶).

نتایج آزمایش جوانمرد و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد پیش‌تیمار بذره‌های کاج تهران (P. eldarica) با اسید سالیسیلیک موجب بهبود جوانه‌زنی و سایر صفات اندازه‌گیری در شرایط تنش خشکی شد به طوری که جوانه‌زنی بذره‌های شاهد در تنش خشکی بیشتر از ۶- بار متوقف شد در حالی که پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک با همه غلظت‌های به کار رفته موجب بهبود درصد جوانه‌زنی و سایر صفات اندازه‌گیری شده حتی تا تنش خشکی ۱۴- بار شد. در این آزمایش بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۸۸/۳۴ درصد) در غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و تنش خشکی صفر بار و بهترین درصد جوانه‌زنی (۴۲/۲۷ درصد) در سطح خشکی ۱۴- بار و غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود. حیدری و همکاران (۱۳۹۸) طی پژوهشی اثر کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت پیش‌تیمار و محلول‌پاشی را بر دو رقم ماش (گوهر و مهر) در شرایط تنش خشکی (آبیاری بعد از ۶۰ بدون تنش) و ۱۱۰ (با تنش) میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در شرایط تنش خشکی، پیش‌تیمار بذرها، باعث افزایش عملکرد در دو رقم گوهر و مهر (به ترتیب ۶۲/۳ و ۷۷/۴ درصد) شد. اما در شرایط بدون تنش فقط رقم گوهر افزایش عملکرد داشت (۶/۱ درصد) و در رقم مهر افزایش مشاهده نشد. متانت و همکاران (۱۳۹۹) طی آزمایشی مشاهده کردند پیش‌تیمار بذره‌های تربچه با آب مغناطیسی (یک نوبت و یک ساعت عبور از میدان مغناطیسی) موجب افزایش ۵ و ۱۱ درصد (به ترتیب) جرم غده نسبت به تیمار شاهد شد در حالی که پیش‌تیمار بذرها با آب مقطر اثر منفی بر جرم غده تربچه داشت (۱۹/۶ درصد کاهش). در این آزمایش بررسی اثرات متقابل پیش‌تیمار بذر و کم‌آبیاری نشان داد بیش‌ترین وزن تر ریشه در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و پیش‌تیمار بذر با آب یک ساعت عبوری از میدان مغناطیسی (۰/۴۸ گرم) و کم‌ترین وزن تر ریشه در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و بدون پیش‌تیمار (۰/۱۸ گرم) بود. چاکما و همکاران طی آزمایشی گل‌دانی اثر کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر روی گوجه‌فرنگی انگوری در سطوح متفاوت آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) را مورد پژوهش قرار دادند. بر اساس نتایج بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد به ترتیب در تیمار SA100-100FC (۱۶۳/۳±۷/۸) گرم در بوته) و SA150-50FC (به ترتیب ۵/۰±۰/۳) حاصل شد (Chakma et al., 2021). رازا و همکاران در آزمایشی اثر پیش‌تیمار بذره‌های دو ژنوتیپ لوبیا کرچک (NIAB-GOLD و N-2020) با اسید سالیسیلیک (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) در دو حالت آبیاری (نرمال و اعمال تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی) را بررسی کردند. بر اساس نتایج، در شرایط نرمال افزایش عملکرد نسبت

به تیمار شاهد در ژنوتیپ NIAB-GOLD به ترتیب ۱۵/۴، ۱۶/۱ و ۱۶/۹ درصد و در ژنوتیپ N-2020 به ترتیب ۲۵/۶، ۱۶/۵ و ۱۸/۵ درصد بود که در شرایط تنش خشکی این افزایش به ترتیب ۱۵/۷، ۱۵/۴ و ۹/۰ درصد در ژنوتیپ NIAB-GOLD و ۸/۸، ۱۰/۱ و ۳/۷ درصد در ژنوتیپ N-2020 به دست آمد (Raza et al., 2022).

کاهو (Lactuca sativa L.) گیاهی از خانواده Asteraceae، از جمله سبزی‌های برگ‌ی و آبدار است که آب در فرایندهای فیزیولوژیک اساسی این گیاه نظیر فتوسنتز، واکنش‌های متابولیک، حفظ آماس، فرم و استحکام مکانیکی آن نقش اصلی را ایفا می‌کند (ولی‌زاده قلعه بیگ و همکاران، ۱۳۹۴). در سال‌های اخیر با افزایش تقاضای بازار و محدودیت فصلی برای کشت مزرعه‌ای، کشت کاهو در گلخانه افزایش یافته است. برای کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری مصرف آب، لازم است از مواد و راهکارهای مدیریتی مناسب استفاده به عمل آید. بررسی منابع علمی نشان داد که پیش‌تیمار بذر کاهو و اعمال سطوح متفاوت آبیاری در دوره رشد آن در شرایط کشت گلخانه‌ای کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته است که این مسئله لزوم بررسی این مسئله را ایجاب کرد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر پیش‌تیمار بذره‌های کاهو قرمز (کاهو فرانسوی) در شرایط اعمال سطوح متفاوت آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از آذر تا اسفندماه ۱۳۹۸ به صورت آزمایش گل‌دانی (حجم گلدان ۲۰ لیتر، قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و عمق ۳۵ سانتی‌متر) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در گلخانه مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان بر روی گیاه کاهو فرانسوی (Lactuca sativa L.) انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطح آبیاری در دو سطح (تأمین ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و پیش‌تیمار بذرها با محلول اسید سالیسیلیک در ۳ سطح صفر (آب مقطر)، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار بودند. تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی-پیش‌تیمار با آب مقطر به عنوان تیمار شاهد انتخاب شد. به منظور پیش‌تیمار بذرها، به مدت یک ساعت بذرها در محلول‌های آماده شده قرار داده شده، سپس با آب مقطر شستشو یافته و پس از خشک شدن در هوای آزاد، آماده انتقال به بستر کشت شدند. خاک مورد استفاده در آزمایش، از خاک مزرعه تهیه گردید (جدول ۱) که پس از سرنده کردن با الک ۱/۵ سانتی‌متری، با نسبت مساوی (۵۰:۵۰) با ماسه مخلوط شده، در درون گلدان‌ها ریخته شد. به منظور تسهیل عمل زهکشی، قبل از ریختن خاک در گلدان‌ها، ابتدا در کف آنها به عمق ۳-۵ سانتی‌متر شن بادامی ریخته شد. گلدان‌ها در سه بلوک ۱۲ عددی که درون هر بلوک به صورت تصادفی چیدمان شدند در گلخانه استقرار داده شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه

pH	EC (dS.m ⁻¹)	N (%)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Na (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	مواد آلی (%)	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۷/۴۲	۱/۴۹	۰/۱	۱۲۰	۱۳۰	۲۰۰	۰/۹۴	لوم رسی	۲۵	۳۸	۳۷

$$CWR = PW_{i-1} - PW_i \quad (۱)$$

CWR: نیاز آب آبیاری هر گلدان در هر دور آبیاری (کیلوگرم)؛
 PW_{i-1}: وزن گلدان پس از آبیاری در دور آبیاری i-1 (کیلوگرم)، PW_i:
 وزن گلدان قبل از آبیاری i (کیلوگرم). در طول دوره رشد گیاه، دو
 نوبت کود NPK با غلظت یک گرم در هر لیتر آب به صورت
 کودآبیاری به گلدان‌ها داده شد.

اعمال سطوح آبیاری پس از رسیدن گیاه به مرحله ۴ برگ شروع
 شد. جهت تعیین نیاز آب آبیاری تیمارها از روش وزنی استفاده شد
 (رابطه یک). ابتدا نیاز آب آبیاری ۳ گلدان تیمار شاهد تعیین شده،
 سپس میانگین آن محاسبه می‌شد و در نهایت بر اساس میانگین
 حاصل، اعمال تیمار انجام می‌گرفت. در این پژوهش دور آبیاری ۳ روز
 بود. آب مورد استفاده در آزمایش از آب چاه مزرعه بود که مشخصات
 آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه مورد استفاده

HC03 (mg.L ⁻¹)	Co3 (mg.L ⁻¹)	Cl (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	Ca (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	SAR (meq.L ⁻¹) ^{0.5}	EC (dS.m ⁻¹)	pH
۱۹۵/۲	۰/۰	۵۸۲/۲	۱۰۳/۷	۲۵۸/۴۵	۰/۰	۵۰	۰/۶۶	۲/۳۵	۶/۵

اندازه‌گیری شد. سپس گیاهان برای تعیین وزن خشک، به مدت ۴۸
 ساعت در دستگاه آن با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در
 نهایت مقدار بهره‌وری آب گیاه با رابطه سه محاسبه شد.

$$WP = \frac{TPWM}{TUU} \quad (۳)$$

WP: بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، TPWM: وزن تر
 کل گیاه (کیلوگرم) و TUU: کل آب مصرف‌شده (مترمکعب)
 (نیکبخت و همکاران، ۱۴۰۰). پس از جمع‌آوری داده‌ها، با استفاده از
 نرم‌افزارهای SAS9.3 و SPSS22.0 داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل
 قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در
 گیاه کاهو فرانسوی تحت تأثیر تیمارهای مورد آزمایش در جدول ۳
 نشان داده شده‌است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح
 متفاوت آبیاری بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده وزن خشک بوته، ارتفاع
 بوته و شاخص کلروفیل برگ معنی‌دار شد. هم چنین اثر پیش تیمار
 بذر با محلول اسید سالیسیلیک بجز وزن خشک بوته و ارتفاع بوته
 بر سایر صفات مورد ارزیابی در سطوح آماری مختلف معنی‌دار شد.
 برهم کنش متقابل تیمارهای سطح آبیاری و پیش تیمار بذر با
 محلول اسید سالیسیلیک فقط بر بهره‌وری آب معنی‌دار شد. ضرایب
 همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۴ ارائه شده است.

جهت ارزیابی اثر تیمارهای آزمایش بر گیاه، ۱۰ روز قبل از
 برداشت کاهوها، شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه SPAD^۱
 اندازه‌گیری شد. جهت محاسبه درصد نسبی محتوی آب برگ، ابتدا
 قطعه‌ای از برگ‌های میانی گیاه برش داده شده و با ترازو دقیق با
 دقت ۰/۰۱ گرم وزن تر آن اندازه‌گیری شد. سپس قطعات بریده شده
 درون پتری دیش‌های درب‌دار حاوی آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در
 محیط تاریک قرار داده شد. سپس برگ‌ها از آب مقطر خارج شده،
 رطوبت اضافی سطح آن‌ها توسط دستمال کاغذی خشک شده و جهت
 به دست آوردن وزن آماس، توزین شدند. در نهایت قطعات برگ به
 منظور خشک شدن، به مدت ۴۸ ساعت در آن ۷۵ درجه سانتی‌گراد
 قرار داده شدند و پس از توزین وزن خشک آنها، محتوی نسبی آب
 برگ با رابطه دو محاسبه گردید (Chakma et al., 2021).

$$RWC = \frac{M_{Wet} - M_{Dry}}{M_{Turgidity} - M_{Dry}} \times 100 \quad (۲)$$

RWC: محتوی نسبی آب برگ (درصد)، M_{wet}: وزن تر برگ
 (گرم)، M_{dry}: وزن خشک برگ (گرم)، M_{Turgidity}: وزن آماس برگ
 (گرم) می‌باشد. پس از تکمیل رشد گیاهان، بوته‌ها از محل طوقه
 برش داده شده، سپس وزن تر بخش هوایی گیاه به وسیله ترازوی
 دقیق اندازه‌گیری شد. قطر ساقه در محل طوقه با کمک کولیس
 دیجیتالی و قطر و ارتفاع بخش هوایی بوته به وسیله خط‌کش

1. Soil Plant Analysis Development (SPAD)

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در گیاه کاهو فرانسوی

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	قطر تاج بوته	ارتفاع بوته	قطر طوقه	شاخص کلروفیل برگ	محتوی نسبی آب برگ	بهره‌وری آب
تکرار	۲	۰/۳۵ ^{NS}	۰/۵۷ ^{NS}	۴/۸۱ ^{NS}	۲/۶۵ ^{NS}	۲/۶۵ ^{NS}	۰/۴۸ ^{NS}	۱۰/۰۵ ^{NS}	۰/۰۱ ^{NS}
سطح آبیاری	۱	۱۴۰۲/۷ ^{***}	۳/۹ ^{NS}	۳۵/۸*	۰/۵ ^{NS}	۲۶/۲ ^{***}	۲۸/۹ ^{NS}	۱۵۴/۲ ^{***}	۲۶/۴ ^{***}
پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک	۲	۷۲۰/۶ ^{***}	۶/۴ ^{NS}	۲۹/۳*	۱/۵ ^{NS}	۵/۵*	۲۰۰/۱ ^{***}	۲۰۰/۲ ^{***}	۳۰/۲ ^{***}
سطح آبیاری x اسید سالیسیلیک	۲	۱۰/۶ ^{NS}	۰/۱۲ ^{NS}	۶/۴ ^{NS}	۰/۶۴ ^{NS}	۱/۸ ^{NS}	۱۲/۱ ^{NS}	۳/۵ ^{NS}	۱/۲۵*
خطا	۱۰	۸/۰	۲/۳	۴/۴	۱/۱	۰/۸	۸/۷	۵/۱	۰/۳
ضریب تغییرات- درصد	-	۹/۵	۳۷/۸	۱۵/۴	۱۰/۵	۱۰/۱	۱۱/۵	۳/۴	۹/۲

NS: غیر معنی‌دار؛ **، ***، * به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱، ۱ و ۵ درصد.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در گیاه کاهو فرانسوی.

وزن تر بوته	وزن خشک بوته	قطر تاج بوته	ارتفاع بوته	قطر طوقه	شاخص کلروفیل برگ	محتوی نسبی آب برگ	بهره‌وری آب
وزن تر بوته	۱						
وزن خشک بوته	۰/۶۷۳ ^{**}	۱					
قطر تاج بوته	۰/۸۰۱ ^{**}	۰/۶۷ ^{**}	۱				
ارتفاع بوته	-۰/۰۰۱	۰/۰۹	-۰/۰۱	۱			
قطر طوقه	۰/۸۴ ^{**}	۰/۵۲ [*]	۰/۷۳ ^{**}	۰/۱۳	۱		
شاخص کلروفیل برگ	۰/۷۵ ^{**}	۰/۵۰ [*]	۰/۶۹ ^{**}	۰/۲۰	۰/۵۷ [*]	۱	
محتوی نسبی آب برگ	۰/۸۷ ^{**}	۰/۵۲ [*]	۰/۶۲ ^{**}	۰/۲۲	۰/۶۸ ^{**}	۰/۷۹ ^{**}	۱
بهره‌وری آب	۰/۹۸ ^{**}	۰/۷۰ ^{**}	۰/۸۲ ^{**}	۰/۰۲	۰/۸۱ ^{**}	۰/۸۲ ^{**}	۰/۸۷ ^{**}

تأثیر سطوح آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده

شکل یک نتایج تأثیر سطوح متفاوت آبیاری بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. بر اساس یافته‌های آزمایش، کم‌آبیاری گیاهان کاهو (اعمال ۳۰ درصد تنش خشکی) باعث کاهش معنی‌دار میانگین صفات اندازه‌گیری شده نسبت به تیمار شاهد گردید. مقدار کاهش در میانگین وزن تر بوته ۱۷/۶ گرم (۴۶ درصد)، میانگین قطر تاج گیاه ۲/۸ سانتی‌متر (۱۹ درصد)، میانگین قطر طوقه بوته ۲/۴ میلی‌متر (۲۴ درصد)، میانگین محتوی نسبی آب برگ ۵/۹ درصد (۸ درصد) و میانگین بهره‌وری آب ۲/۵ کیلوگرم بر مترمکعب (۳۵ درصد) بود.

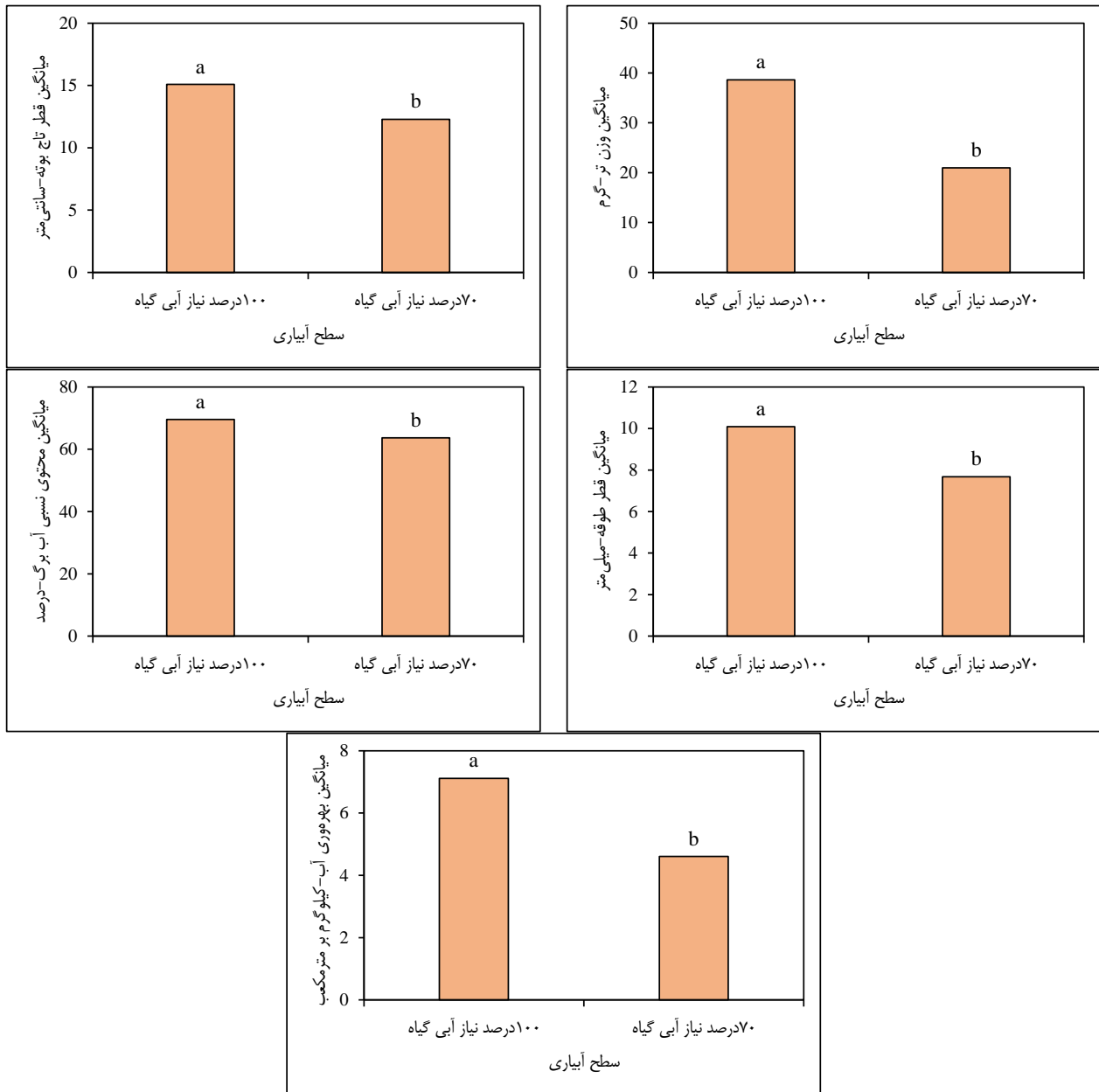
در اثر اعمال تنش خشکی، مولکول‌های کلروفیل به عنوان مهم‌ترین رنگدانه‌های گیاه تجزیه و تخریب می‌شوند که نتیجه آن، کاهش میزان فتوسنتز گیاه است (نیکبخت و همکاران، ۱۴۰۰). علاوه بر آن، در اثر کاهش فراهمی رطوبت خاک و جذب آن توسط گیاه، فشار آماس سلولی جهت توسعه سلول‌های اندام‌های گیاهی و افزایش رشد آن کاهش می‌یابد (سالاری و همکاران، ۱۳۹۹). هم‌چنین با کاهش رطوبت خاک در اطراف ریشه گیاه به دلیل کم‌آبیاری، اصلاح در محیط ریشه تجمع یافته و پتانسیل اسمزی منفی تر شدن در نتیجه

سمیت ویژه یونی و کمبود یون‌های غذایی در محیط ریشه بروز می‌کند. در چنین شرایطی گیاه برای حفاظت از سلول‌های ریشه برای کنترل و تعادل اسمزی با محیط پیرامون، بخشی از مواد پرورده تولید شده در برگ‌ها را به ریشه انتقال می‌دهد که نتیجه آن تخصیص کم‌تر مواد فتوسنتزی به بخش‌های زایشی گیاه بوده و کاهش عملکرد و اجزای عملکرد را سبب می‌شود (توسلی، ۱۴۰۰). مطالب ذکر شده فوق از نتایج جدول ۴ نیز قابل استنتاج است. همان‌طور که نتایج جدول ۴ نیز نشان می‌دهد، شاخص کلروفیل برگ با عملکرد و اجزای عملکرد (بجز ارتفاع بوته) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت.

بزکورت و همکاران طی پژوهشی، با تأمین نیاز آبی گیاه کاهو در سطوح صفر، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تبخیر تجمعی از تشت کلاس A، نتیجه گرفتند میانگین عملکرد گیاه به ترتیب ۲۵۳/۰، ۴۴۴/۴، ۵۲۳/۶ و ۵۲۹/۸ گرم در گیاه، میانگین ارتفاع گیاه به ترتیب ۳۴/۰، ۳۷/۶، ۳۹/۸ و ۳۹/۱ سانتی‌متر، میانگین قطر گیاه به ترتیب ۲۸/۷، ۴۱/۸، ۴۶/۲ و ۴۶/۷ سانتی‌متر، میانگین قطر طوقه به ترتیب ۶۶/۳، ۱۰۴/۳، ۱۱۸/۳ و ۱۲۰/۱ میلی‌متر و میانگین وزن خشک گیاه به ترتیب ۴/۳، ۸/۴، ۹/۴ و ۸/۹ گرم شد (Bozkurt et al., 2009). بدوی و همکاران (۱۳۹۴) طی آزمایشی با اعمال سطوح متفاوت

کاهش معنی‌دار میانگین محتوی نسبی آب برگ (۶/۶ درصد) و شاخص کلروفیل برگ (۷/۹ درصد) نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج پژوهش ذرتی‌پور و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد میانگین وزن تر کاهو تحت تأثیر سطوح آبیاری ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، ۱۵/۵ و ۴۰/۵ درصد (به ترتیب) نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت.

آبیاری به گیاه کاهو (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) میانگین وزن تر شاخساره، میانگین وزن خشک شاخساره و میانگین بهره‌وری مصرف آب خالص را به ترتیب ۹۵/۷، ۸۹/۲ و ۸۰/۳۳ گرم در بوته، ۱۵/۷۳، ۱۴/۲۳ و ۱۳/۲۹ گرم در بوته و ۱۴/۷۷، ۱۳/۳۶ و ۱۷/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. اعمال ۴۰ درصد کم‌آبیاری به گیاهان کاهو توسط ولیزاده قلعه بیگ و همکاران (۱۳۹۴) باعث



شکل ۱- اثر سطح آبیاری بر میانگین وزن تر بوته، قطر تاج بوته، قطر طوقه، محتوی نسبی آب برگ و بهره‌وری آب در گیاه کاهو فرانسوی

گیاه کاهو با اعمال تنش خشکی ملایم به ترتیب ۲۵ و ۸ درصد و تنش خشکی شدید ۳۲ و ۲۴ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش

طی آزمایشی غنجدلی‌پور گوشکی و همکاران (۱۴۰۰) مشاهده کردند میانگین محتوی نسبی آب برگ و میانگین وزن تر اندام هوایی

باعث می‌شود در طی زمان کوتاه‌تری سیستم ریشه‌ای بذر گسترش یابد. در نتیجه از امکانات محیطی بیش‌تری (جذب مطلوب‌تر آب و مواد غذایی) استفاده کرده و زودتر بخش‌های سبز فتوسنتزکننده خود را تولید نموده و به مرحله اتوتروفی می‌رسند. این شرایط موجب افزایش دوره فتوسنتزی گیاه و شانس تولید محصول بیش‌تر در آنها بیش‌تر خواهد گردید. هم‌چنین تحت این شرایط گیاه، مدت زمان کمتری در معرض آفات و بیماری‌های خاکزی قرار گرفته و قدرت رقابت بیش‌تری با علف‌های هرز را خواهد داشت (منصوری و ابوطالبیان، ۱۳۹۲؛ توسلی، ۱۴۰۰).

بر اساس نتایج پژوهش موتوم و همکاران، پیش‌تیمار بذرهای گندم با اسید سالیسیلیک (۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش شاخص برداشت (به ترتیب ۲۷ و ۳۴ درصد)، عملکرد بیولوژیکی (۲۷ و ۲۳ درصد) و عملکرد دانه در گیاه (به ترتیب ۵۶ و ۵۹ درصد) نسبت به تیمار شاهد (پیش‌تیمار با آب مقطر) شد (Mutum et al., 2021). پیش‌تیمار بذرهای دو ژنوتیپ لویا کرچک با اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر توسط رازا و همکاران موجب افزایش تعداد کپسول در گیاه به میزان ۶، ۵ و ۹ درصد (به ترتیب) در ژنوتیپ NIAB-GOLD و ۱۳، ۱۲ و ۹ درصد در ژنوتیپ N-2020، وزن هزار دانه به میزان ۶، ۵ و ۴ درصد (به ترتیب) در ژنوتیپ NIAB-GOLD و ۳، ۴ و ۳ درصد در ژنوتیپ N-2020 و عملکرد دانه به میزان ۱۸، ۱۹ و ۱۶ درصد (به ترتیب) در ژنوتیپ NIAB-GOLD و ۲۲، ۱۸ و ۱۵ درصد در ژنوتیپ N-2020 گردید (Raza et al., 2022). در آزمایش داس و همکاران، افزایش ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد گیاه (گرم در بوته) و بهره‌وری آب برنج در نتیجه پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک نسبت به تیمار شاهد (پیش‌تیمار با آب مقطر) به ترتیب ۸، ۱۰، ۱۹ و ۱۵ درصد حاصل شد (Das et al., 2021).

تأثیر متقابل سطوح آبیاری و پیش‌تیمار بذر با محلول اسید سالیسیلیک بر صفات اندازه‌گیری شده

با توجه به نتایج جدول سه مشاهده شد اثر متقابل تیمارهای آزمایش فقط بر بهره‌وری آب معنی‌دار شد که نتایج تأثیر تیمارها بر میانگین این صفت در شکل ۳ مشاهده می‌شود. مشاهده می‌گردد در هر سطح آبیاری، پیش‌تیمار بذر با محلول یک و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار میانگین بهره‌وری آب نسبت به تیمار صفر میلی‌مولار همان سطح آبیاری شد که در سطح آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، میزان افزایش به ترتیب ۳/۷ و ۲/۱ کیلوگرم بر مترمکعب (به ترتیب ۷۲ و ۴۰ درصد) و در سطح آبیاری تأمین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه، میزان افزایش به ترتیب ۵/۳ و ۲/۰ کیلوگرم بر مترمکعب (به ترتیب ۲۳۱ و ۸۹ درصد) بود. هم‌چنین بر

یافت. بر اساس نتایج تحقیق چاسکی و پتروپولیس اعمال شرایط آبیاری متفاوت دیم، ۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه بر گیاه کاهو، ارتفاع گیاه، به ترتیب $۱/۳ \pm ۲۸/۷$ و $۳/۷ \pm ۲۸/۳$ و $۳/۱ \pm ۲۶/۹$ سانتی‌متر، شاخص کلروفیل برگ به ترتیب $۱/۵ \pm ۲۶/۷$ و $۲/۱ \pm ۲۸/۱$ و $۱/۶ \pm ۱۹/۵$ واحد SPAD، وزن تر گیاه به ترتیب $۱۲ \pm ۴۰۲/۷$ و $۱۰/۶ \pm ۴۳۷/۴$ و $۱۸/۳ \pm ۳۶۳/۱$ گرم، سطح برگ به ترتیب $۱۷۳/۶ \pm ۵۹۰۵/۴$ و $۱۰۸/۳ \pm ۶۶۴۷/۶$ و $۱۳۴/۹ \pm ۵۲۰۹/۱$ سانتی‌متر مربع و شاخص وزن خشک گیاه (وزن خشک بر وزن تر گیاه) به ترتیب $۳/۹ \pm ۸/۳$ و $۵/۰ \pm ۰/۸$ و $۳/۸ \pm ۰/۸$ درصد به دست آمد (Chaski and Petropoulos 2022).

تأثیر پیش‌تیمار بذر با محلول اسید سالیسیلیک بر صفات اندازه‌گیری شده

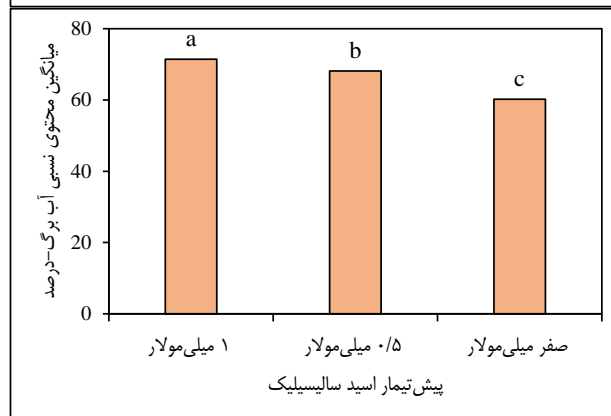
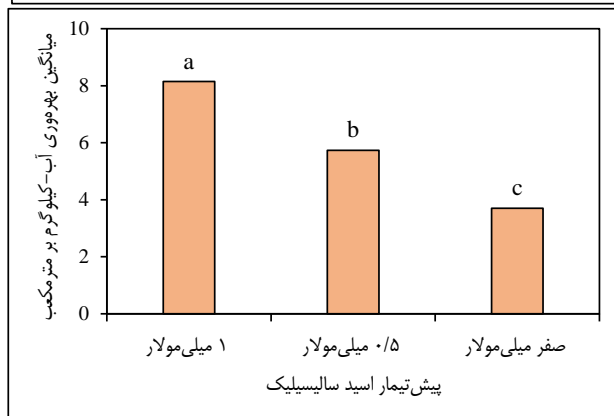
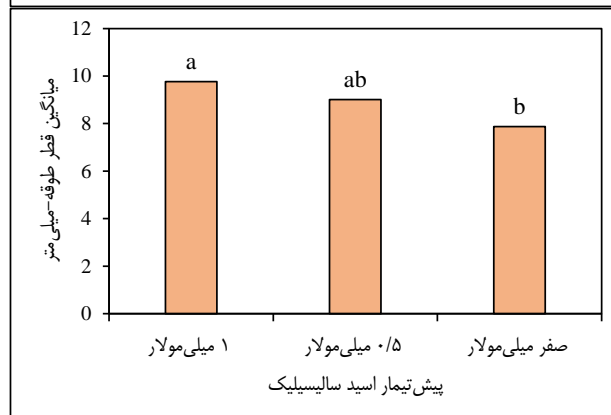
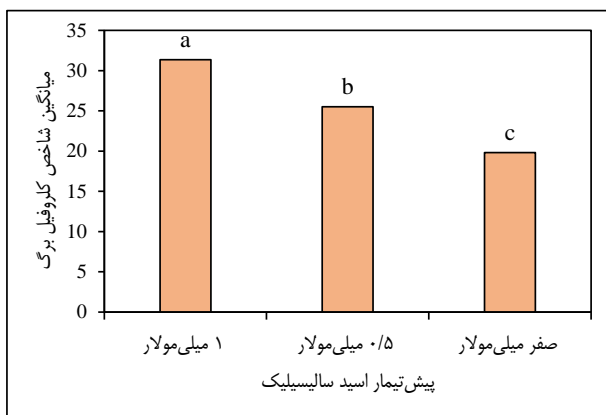
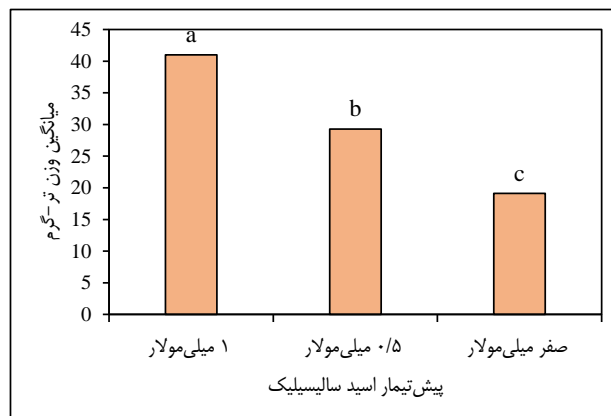
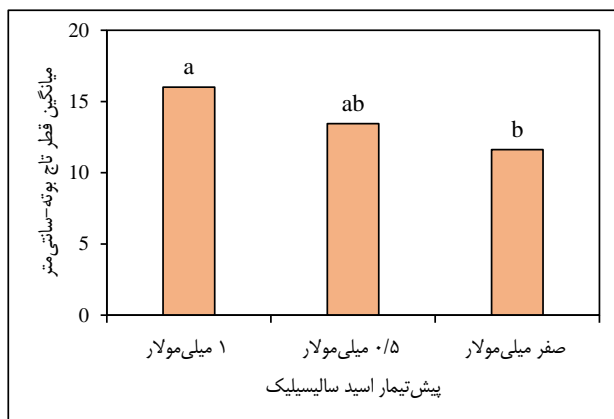
نتایج تأثیر پیش‌تیمار بذرهای کاهو با محلول اسید سالیسیلیک بر صفات اندازه‌گیری شده در شکل ۲ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود با کاربرد یک و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک برای پیش‌تیمار بذرهای میانگین وزن تر بوته به ترتیب ۲۱/۹ و ۱۰/۲ گرم (به ترتیب ۱۱۵ و ۵۳ درصد)، میانگین قطر تاج گیاه به ترتیب ۴/۴ و ۱/۸ سانتی‌متر (به ترتیب ۲۳ و ۱۰ درصد)، میانگین قطر ساقه به ترتیب ۱/۹ و ۱/۱ میلی‌متر (به ترتیب ۱۰ و ۶ درصد)، میانگین شاخص کلروفیل برگ به ترتیب ۱۱/۵ و ۵/۷ واحد SPAD (به ترتیب ۶۰ و ۳۰ درصد)، میانگین محتوی نسبی آب برگ به ترتیب ۱۱/۲ و ۷/۹ درصد (به ترتیب ۵۹ و ۴۱ درصد) و میانگین بهره‌وری آب به ترتیب ۴/۴ و ۲/۰ کیلوگرم بر مترمکعب (به ترتیب ۲۳ و ۱۱ درصد) نسبت به تیمار شاهد (آب مقطر) افزایش یافت.

هم‌چنین نتایج نشان داد (شکل ۲) دو برابر کردن غلظت محلول اسید سالیسیلیک برای پیش‌تیمار بذر با موجب افزایش میانگین صفات اندازه‌گیری شد که افزایش حاصل در میانگین وزن تر بوته ۱۱/۷ گرم (۴۰ درصد)، میانگین قطر تاج گیاه ۲/۶ سانتی‌متر (۱۹ درصد)، میانگین قطر ساقه ۰/۸ میلی‌متر (۸ درصد)، میانگین شاخص کلروفیل برگ ۵/۸ واحد SPAD (۲۳ درصد)، میانگین محتوی نسبی آب برگ ۳/۳ درصد (۵ درصد) و میانگین بهره‌وری آب ۲/۴ کیلوگرم بر مترمکعب (۴۲ درصد) بود. با توجه به نتایج جدول ۴، افزایش عملکرد و بهره‌وری آب در اثر پیش‌تیمار بذر با افزایش سایر صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش قابل انتظار بود چرا که کلیه صفات اندازه‌گیری شده با عملکرد و بهره‌وری آب همبستگی مثبت داشت.

چنین به نظر می‌رسد که پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک موجب افزایش تولید مواد فنولیک در دیواره سلولی گردیده، در نتیجه نشسته آب سلول‌ها کاهش می‌یابد که موجب کاهش مدت زمان خروج جوانه از بذر می‌شود (جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۵). تسریع در جوانه‌زنی بذرهای

آب نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲/۴ کیلوگرم بر مترمکعب (۴۶ درصد) شد.

اساس یافته‌ها مشاهده می‌شود با وجود اعمال ۳۰ درصد تنش خشکی به گیاهان در سطح آبیاری تأمین ۷۰ درصد نیاز آبی، پیش تیمار بذر با محلول یک میلی مولار باعث افزایش معنی‌دار میانگین بهره‌وری



شکل ۲. اثر پیش تیمار بذر با محلول اسید سالیسیلیک بر میانگین وزن تر بوته، قطر تاج بوته، قطر طوقه، شاخص کلروفیل برگ، محتوی نسبی آب برگ و بهره‌وری آب گیاه کاهو فرانسوی

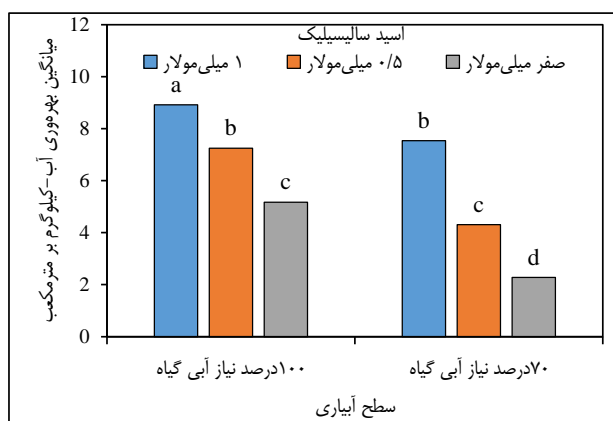
آب در تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی-پیش تیمار یک میلی مولار (۸/۹ کیلوگرم بر مترمکعب) و ۷۰ درصد نیاز آبی- پیش تیمار با آب مقطر (۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب) به دست آمد که نسبت به یکدیگر ۶/۶ کیلوگرم بر مترمکعب (۲۹۲ درصد) اختلاف داشتند. همان طور که در

با وجود کم تر بودن میانگین بهره‌وری آب در تیمار پیش تیمار بذر با محلول ۰/۵ میلی مولار-۷۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار شاهد اما این اختلاف (۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب یا ۱۷ درصد) از نظر آماری معنی‌دار نبود. در این پژوهش، بیشترین و کمترین میانگین بهره‌وری

خشکی ۱۵- کیلوپاسکال (۱/۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و پیش تیمار با آب مقطر-تنش خشکی صفر کیلوپاسکال (۰/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب) (Das et al., 2021) و در پژوهش چاکما و همکاران به ترتیب در تیمارهای پیش تیمار بذرهای گوجه فرنگی انگوری با اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر-سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۲/۳±۰/۱ کیلوگرم بر مترمکعب) و پیش تیمار با آب مقطر-سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (۰/۲±۰/۱ کیلوگرم بر مترمکعب) (Chakma et al., 2021) بود.

شکل ۲ مشاهده شد پیش تیمار بذرها با محلول اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوی نسبی آب برگ و شاخص کلروفیل برگ گردید که این شرایط موجب افزایش اجزای عملکرد و عملکرد گیاه کاهو شد. در نتیجه افزایش عملکرد، بهره‌وری مصرف آب نیز افزایش یافت. بنابراین می‌توان چنین استنتاج نمود که در هر سطح آبیاری، با تأمین مقدار معین آب برای گیاهان کاهو، به دلیل افزایش عملکرد در نتیجه پیش تیمار بذرها با محلول اسید سالیسیلیک با غلظت‌های متفاوت، بهره‌وری مصرف آب نیز افزایش یافت.

بیش‌ترین و کم‌ترین بهره‌وری آب در آزمایش داس و همکاران به ترتیب در تیمارهای پیش تیمار بذرهای برنج با اسید سالیسیلیک-تنش



شکل ۳- اثر متقابل سطوح آبیاری و پیش تیمار بذر با محلول اسید سالیسیلیک بر بهره‌وری آب در گیاه کاهو فرانسوی

وارد بر گیاه را کاهش دهد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر اثر پیش تیمار بذر کاهو فرانسوی با محلول اسید سالیسیلیک و سطوح متفاوت آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب مورد آزمایش قرار گرفت. یافته‌های پژوهش نشان داد اعمال ۳۰ درصد تنش خشکی به گیاهان کاهو باعث کاهش معنی‌دار وزن تر، قطر تاج، قطر طوقه، محتوی نسبی آب برگ و بهره‌وری آب نسبت به تیمار شاهد شد. پیش تیمار بذرها با محلول اسید سالیسیلیک با غلظت یک و ۰/۵ میلی مولار موجب افزایش معنی‌دار وزن تر، قطر تاج، قطر ساقه، شاخص کلروفیل برگ، محتوی نسبی آب برگ و میانگین بهره‌وری آب نسبت بذرهای تیمار شده با آب مقطر شد که میزان افزایش در غلظت یک میلی مولار بیش تر بود. بر اساس یافته‌های پژوهش، برهم‌کنش سطوح آبیاری و پیش تیمار بذرهای کاهو با محلول اسید سالیسیلیک بر بهره‌وری آب اثر معنی‌دار داشت به طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین بهره‌وری آب در تیمارهای SA1.0- I100 و SA0.0-I70 حاصل شد. بر اساس نتایج پژوهش، در مناطقی مانند زنجان که به دلیل محدودیت منابع آب، انجام کم‌آبیاری لازم می‌باشد، پیش تیمار بذر می‌تواند اثرات منفی ناشی از تنش خشکی

منابع

- ایزدخواه شیشوان، م.، تاج‌بخش شیشوان، م.، پاسیان اسلام، ب. و جلیلیان، ج.، ۱۳۹۵. واکنش عملکرد تک بوته سرخ، محتوای سبزینه و غلظت رنگیزه‌های نورساختی رقم‌های پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) به پیش تیمار و اندازه بذر. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۷(۴): ۶۳۳-۶۴۴.
- بدوی، ه.، عالم‌زاده انصاری، ن.، محمودی سورستانی، م. و اسکندری، ف. ۱۳۹۴. تأثیر تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی کاهو. تولیدات گیاهی. ۳۸(۳): ۲۷-۳۹.
- پاکباز، ن.، براری، م.، مهرابی، ع.ا. و حاتمی، ع. ۱۳۹۳. اثر پیش تیمار بذر بر صفات مورفوفنولوژیک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف عدس در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸(۴): ۵۳۵-۵۵۲.
- توسلی، ا. ۱۴۰۰. تأثیر پرایمینگ بذر بر عملکرد و برخی از

- ترچه تحت تنش خشکی. مدیریت آب و آبیاری. ۱۰(۱): ۷۵-۸۷. منصور، ز. و ابوطالبیان، م.ع. ۱۳۹۲. تأثیر پرایمینگ بذر در مزرعه و آبیاری تکمیلی بر سرعت سبز شدن، عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم نخود (*Cicer arietinum L.*). پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۰(۲): ۱۷۹-۱۹۶.
- نیکبخت، ج.، محمدی، ف. و بزرگر، ط. ۱۴۰۰. اثر کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی شفاف در شرایط کم‌آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب لوبیا سبز. مدیریت آب در کشاورزی. ۸(۲): ۱۵۱-۱۶۶.
- ولی‌زاده قلعه بیگ، ا.، نعمتی، س.ح.، تهرانی‌فر، ع. و امامی، ح. ۱۳۹۴. تأثیر سوپرچادب ۲۰۰A، بنتونیت و تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک و ویتامین ث کاهو در شرایط کشت گلخانه‌ای. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱۶(۱): ۱۵۷-۱۶۸.
- Bozkurt, S., Mansuroglu, G. S., Kara, M., and Onder, S. 2009. Responses of lettuce to irrigation levels and nitrogen forms. African journal of agricultural research. 4(11): 1171-1177.
- Chakma, R., Biswas, A., Saekong, P., Ullah, H. and Datta, A. 2021. Foliar application and seed priming of salicylic acid affect growth, fruit yield, and quality of grape tomato under drought stress. Scientia Horticulturae. 280(109904): 1-11.
- Chaski, C. and Petropoulos, S. 2022. The Effects of biostimulant application on growth parameters of lettuce plants grown under deficit irrigation conditions. Biology and Life Sciences Forum. 16(1): 1-6.
- Das, D., Basar, N.U., Ullah, H., Attia, A., Salin, K.R. and Datta, A. 2021. Growth, yield and water productivity of rice as influenced by seed priming under alternate wetting and drying irrigation. Archives of Agronomy and Soil Science. 1-15. DOI: 10.1080/03650340.2021.1912320.
- Mutum, B., Maity, U., Roy, B., Dutta, P. and Basak, S. 2021. Effects of priming of wheat (*Triticum aestivum*) seeds on its growth and yield attributes under rainfed and irrigated condition. Biological Forum-An International Journal. 13(3a): 32-38.
- Raza, H., Mubeen, K., Shehzad, M.A., Arshad, S.F., Ghaffar, A., Hammad, H.M., Ikram, R.M., Aziz, M., Ahmad, M., Khaliq, A. and Usman, M. 2022. Effect of seed priming with salicylic acid on yield of castor bean genotypes (*Ricinus communis L.*) under drought stress. Pure and Applied Biology. 12(1): 93-102.
- شاخص‌های کیفی گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa L.*) در شرایط تنش خشکی. مدیریت بیابان. ۹(۱): ۸۱-۹۶.
- جوانمرد، ز.، طبری کوچکسرای، م. و احمدلو، ف. ۱۳۹۵. اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر صفات جوانه‌زنی بذر کاج تهران (*Pinus eldarica Medw.*) در شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل. ۲۳(۱): ۱۶۳-۱۷۶.
- حیدری، ح.ا.، علیزاده، ی. و فاضلی، آ. ۱۳۹۸. اثر پیش تیمار بذر و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ماش (*Vigna radiata L.*) در شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۶(۲): ۱۲۷-۱۴۱.
- دهقانی احمدآبادی، م.، شاه‌نظری، ع.، ضیاء تبار احمدی، م.خ.، اردکانی، م.ر. و قدمی فیروزآبادی، ع. ۱۳۹۷. تأثیر تیمارهای مختلف بیوجار بر مشخصه‌های رطوبت خاک در کم‌آبیاری گیاه ذرت. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۲(۵): ۱۲۱۷-۱۲۲۸.
- ذرتی‌پور، ا.، سلطانی محمدی، ا. و عالم‌زاده انصاری، ن. ۱۳۹۸. بررسی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب کاهو برگی تحت تنش خشکی و شوری در شرایط گلخانه‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳(۲): ۴۵۰-۴۶۱.
- سالاری، م.، سودائی‌زاده، ح.، حکیم‌زاده، م.ع. و یزدانی بیوکی، ر. ۱۳۹۹. ارزیابی محلول‌پاشی کاتولین در افزایش مقاومت به کم‌آبیاری ریحان بنفش (*Ocimum basilicum var. purpurascens*). تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۳(۱): ۱۷۱-۱۸۳.
- عقلمند، س.، اسماعیل‌پور، ب.، جلیل‌وند، پ. و حیدری، ح.ر. ۱۳۹۶. تأثیر اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر رشد و صفات فیزیولوژیک ریحان در شرایط تنش کم‌آبی. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۱۹(۱): ۳۵-۴۶.
- غنجدلی‌پور گوشکی، م.، عبدالهی، ف. و صادقی لاری، ع. ۱۴۰۰. اثر کود زیستی میکوریز بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد اقتصادی کاهو (*Lactuca sativa*) در شرایط تنش خشکی. دو فصلنامه علوم سبزی‌ها. ۱۵(۱): ۱۵۷-۱۷۳.
- متانت، م.، بانزاد، ح.، گلدانی، م. و قلی‌زاده، م. ۱۳۹۹. بررسی اثر آب مغناطیسی و پرایمینگ بر عملکرد صفات مورفولوژیکی گیاه

Effect of Seed Priming and Irrigation Level on the Yield and Water Productivity of French lettuce

J. Nikbakht^{1*}, F. Bakmuhammadi² and T. Barzegar³

Received: Aug.13, 2022

Accepted: Oct.07, 2022

Abstract:

Current study was carried out as a pot experiment to investigate the effect of different irrigation levels (100% and 70% of crop water requirement) and seed priming with salicylic acid solution (zero, 0.5 and 1 mM) on the yield and water productivity of French lettuce in the greenhouse of Zanzan University Research Farm. The experiment was done from November 2019 to February 2020 as a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications. The water requirements of the control treatment crops were determined by weight method. Based on the results, means of plant fresh weight, plant head diameter, shoot diameter, relative water content and water productivity in plants was significantly reduced in plants irrigated as 70% crop water requirement by 46%, 19%, 24%, 8% and 35% (respectively) compared to the control treatment. Seeds priming with 1 and 0.5 mM salicylic acid solution, were significantly increased means of plant fresh weight (respectively 115% and 53%), plant head diameter (respectively 23% and 10%), shoot diameter (respectively 10% and 6%), chlorophyll content (respectively 60% and 30%), relative leaf water content (respectively 59% and 41%) and water productivity (respectively 23% and 11%) compared to the control treatment (hydropriming with distilled water). The results of the interaction of the experimental treatments showed, the maximum and minimum mean of water productivity were in 100% water requirement-1 mM SA (8.9 kg/m³) and 70% water requirement-hydropriming (2.3 kg/m³). In areas like Zanzan with limited water resources where deficit irrigation should be done to save water, seeds priming is suggested to reduce the effects of drought stress on plants.

Keywords: Irrigation levels, Lettuce, Salicylic acid, Seed priming, Water productivity

1- Associate Professor, Department of Water Engineering, University of Zanzan, Zanzan, Iran

2- M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, University of Zanzan, Zanzan, Iran

3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, University of Zanzan, Zanzan, Iran

(*- Corresponding Author Email: Nikbakht.jaefar@znu.ac.ir)