

بررسی اثر کم آبیاری و پتاسیم بر عملکرد دانه و روغن گیاه کلزا در منطقه شهرکرد

مرضیه قادری قهفرخی^{۱*}، احمد محمدی^۲، رامین ایرانی پور^۳ و مجید فرزنان^۴

چکیده

کم آبی یکی از عوامل محدودکننده تولید کلزا در مناطق خشک و نیمه خشک است. از طرفی محققان اثرات مثبت پتاسیم را در افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش کم آبی، گزارش کردند. به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود پتاسه و مقدار آب آبیاری بر عملکرد دانه و روغن کلزا در منطقه شهرکرد آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه کرت اصلی و پنج کرت فرعی در سه تکرار، اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سه سطح آبیاری و کرت‌های فرعی شامل پنج سطح کود پتاسه بود. تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد کاه و عملکرد کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، که در این صفات با افزایش تنش آبی عملکرد نیز کاهش یافت. مقایسه میانگین اثر تیمارهای پتاسیم بر همه صفات مورد مطالعه به جز طول غلاف، درصد روغن دانه و پتاسیم اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید، که در صفات عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه با افزایش مقدار کود پتاسه عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در بررسی اثر متقابل کم آبیاری و پتاسیم اختلاف معنی‌داری در صفات عملکرد دانه و همچنین عملکرد روغن دانه وجود داشت و با افزایش پتاسیم از هر سطح کم آبیاری، اثرات سوء تنش آبی تعدیل شد. بنابراین براساس نتایج این تحقیق، در شرایط کم آبیاری بهترین تیمار از نظر عملکرد بالا، تیمار I_۳K_۳ است.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، کلزا، کم آبیاری و کود پتاسه.

ارجاع: قادری قهفرخی م.، محمدی ا.، ایرانی پور ر. و فرزنان م. ۱۳۸۹. بررسی اثر کم آبیاری و پتاسیم بر عملکرد دانه و روغن گیاه کلزا در منطقه شهرکرد. مجله پژوهش آب ایران. ۴(۶): ۶۷-۷۴.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان استان اصفهان.

۲- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان استان اصفهان.

۳- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری.

۴- محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری.

*نویسنده مسئول: ghderi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۴/۲۰

مقدمه

حدود ۷۰ درصد غذای جمعیت جهان به‌طور مستقیم از گیاهان زراعی به‌دست می‌آید (یزدی‌صمدی و پوستینی، ۱۳۷۳)، که در این میان نقش مهم دانه‌های روغنی را نمی‌توان انکار کرد. مصرف روغن در ایران طی سال‌های اخیر به‌دلیل رشد جمعیت و مصرف سرانه افزایش یافته است به‌طوری که با در نظر گرفتن مصرف سرانه ۱۴ کیلوگرم، سالانه حدود ۷۵۰ هزار تن روغن مورد نیاز است. این در حالی است که فقط کمتر از ۱۰ درصد از این روغن در داخل کشور تولید می‌شود. (خادمی و همکاران، ۱۳۷۹). با توجه به این مسأله تولید روغن از طریق کشت گیاه کلزا در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. کلزا (Brassica Napus L.) از مهم‌ترین دانه‌های روغنی دهه‌های اخیر به‌شمار می‌آید که به‌دلیل کیفیت روغن و کنجاله آن، تولید این گیاه به‌مقدار زیادی در سطح جهان افزایش یافته است (بایلی و ساپر، ۱۹۸۵).

خشکی، خطری برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان است. خشکی موقعی اتفاق می‌افتد که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش داخلی در گیاه شده و تولید را کاهش دهد (ربیعی، ۱۳۸۵). تنش آبی اثر منفی بر روی بسیاری از فرایندهای گیاهی از جمله فتوسنتز، تبخیر، تجمع و تخصیص پیش ماده دارد (اهاشی و همکاران، ۲۰۰۶) و موجب کاهش اساسی در تولیدات گیاهی می‌شود (ردی و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین یکی از راه‌های به‌حداکثر رساندن کارایی مصرف آب و بالا بردن عملکرد به‌ازای یک واحد آب مصرفی کم آبیاری است که در آن محصول در یک مرحله خاص از نمو و یا در تمام فصل نمو تحت تنش آبی قرار می‌گیرد (کردا، ۲۰۰۲). از طرفی اثرات مثبت پتاسیم در افزایش مقاومت گیاهان به تنش کم‌آبی توسط محققین گزارش شده است (ران و همکاران، ۱۹۹۷، ساردی و فولوپ، ۱۹۹۴).

رز و همکاران (۲۰۰۸) طی آزمایش‌های به این نتیجه رسیدند که برای به حداکثر رساندن عملکرد دانه کلزا، رساندن پتاسیم کافی در اوایل گلدهی مهم است و همچنین هنگامی که پتاسیم تا اواخر مرحله رشد مصرف شود، غلظت آن در اندام هوایی گیاه افزایش می‌یابد و این به حداکثر

عملکرد دانه کمک می‌کند، در عین حال فسفر نیز باید تا اواخر دوره رشد مصرف شود.

بنولوس و همکاران (۲۰۰۲) کلزا را در ۵ سطح مختلف آبیاری کردند که شامل: ۶۲، ۱۲۰، ۲۴۰، ۳۰۰ و ۳۵۹ میلی‌متر در فصل رشد بود که این سطوح آبیاری شامل ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ درصد تبخیر بود. در این آزمایش ماده خشک ساقه و نسبت برگ به ساقه تحت تیمار ۱۲۵ درصد افزایش یافت در حالی که ماده خشک ریشه بین تیمارهای آبیاری تغییر قابل توجهی نداشت.

می و همکاران (۱۹۹۴) با مطالعه اثر تنش آب در کلزا رقم گلوبال نشان دادند که حساس‌ترین مرحله رشد به تنش آبی مرحله پر شدن دانه است، به‌صورتی که انجام آبیاری در این مرحله سبب کاهش اسیدهای چرب آزاد و افزایش درصد روغن و عملکرد دانه می‌شود. قوش و همکاران (۱۹۹۴) از بررسی سه تیمار آبی بر روی گیاه کلزا که شامل بدون آبیاری، آبیاری از زمان گل‌دهی و آبیاری در مرحله گل‌دهی به اضافه مرحله تشکیل غلاف بر روی عملکرد دانه، نشان دادند که کمترین عملکرد مربوط به تیمار بدون آبیاری و بیشترین میزان این صفت ناشی از تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و مرحله تشکیل غلاف بود، این امر نشان‌دهنده آن است که با آبیاری در مراحل گل‌دهی و مرحله تشکیل غلاف، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد.

سنگ‌تراش و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی اثر حساسیت گیاه کلزا به اشعه مادون قرمز، تنش آبی و اسیدآبسیسیک به این نتیجه رسیدند که تنش آبی باعث کاهش طول و قطر ساقه، سطح برگ، وزن خشک گیاه و نسبت وزن ساقه به ریشه در گیاه کلزا شد. همچنین باعث کاهش کلروفیل a و کاروتنوئیدها می‌شود و همچنین تیمارهای اسیدآبسیسیک بر روی هیچ کدام از شاخص‌های رشد معنی‌دار نبود.

دانشیان و جنوبی (۱۳۸۰) با بررسی اثر تنش خشکی و پتاسیم بر عملکرد دانه گیاه سویا به این نتیجه رسیدند که اگر چه در بررسی اثر متقابل تنش خشکی و پتاسیم اختلاف معنی‌داری در اجزاء عملکرد و عملکرد دانه وجود نداشت، اما با افزایش پتاسیم از هر سطح تنش، تعداد غلاف و دانه در گیاه افزایش یافت، اما تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه کمتر تحت تأثیر قرار گرفت. ارزیابی سطوح اثر متقابل تنش و کاربرد پتاسیم نیز نشان داد که با افزایش شدت تنش،

تیمارهای آبیاری و کودی بر روی رشد و عملکرد دانه کلزا در هندوستان به این نتیجه رسید که کاربرد کود آلی به میزان صددرصد توصیه کودی NPK می‌تواند نیاز گیاه را برای آبیاری قبل از کاشت کاهش داده به طوری که عملکرد این گیاه تحت کم آبیاری به مخاطره نیفتد. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف کود پتاسه و مقدار آب آبیاری بر روی عملکرد دانه و روغن کلزا در منطقه شهرکرد در سال ۱۳۸۷ اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرکرد با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه، اجرا شد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۲۱۰۰ متر است و اقلیم منطقه شهرکرد به روش دومارتن - گوسن و کوپن به ترتیب نیمه خشک - استپی سرد و معتدل سرد با تابستان‌های گرم و خشک است. این آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه کرت اصلی و پنج کرت فرعی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی مربوط به زمان‌های آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه است که در جدول ۱ نشان داده شده است:

جدول ۱ - تیمارهای آبیاری واقع در کرت‌های اصلی در مراحل مختلف نمو گیاه

تیمار آبیاری	زمان آبیاری	حجم آب اضافه شده (مترمکعب در هکتار)	حجم آب اضافه شده (لیتر بر هر کرت در هر آبیاری)	توضیحات
I ₁	آبیاری کامل در تمام مراحل نمو گیاه	۵۶۹۰	۱۰۹۵	در ۱۳ آبیاری انجام شد که ۳ آبیاری از زمان کاشت گیاه تا مرحله قبل از ساقه‌دهی و ۱۰ آبیاری دیگر با توجه به شرایط اقلیمی و دور ۷ روز آبیاری انجام شد.
I ₂	آبیاری در مراحل ساقه‌دهی، گل‌دهی و اوایل غلاف‌بندی	۴۸۳۶	۱۱۰۰	در ۱۱ آبیاری انجام شد که ۳ آبیاری از زمان کاشت گیاه تا مرحله قبل از ساقه‌دهی و ۸ آبیاری دیگر با توجه به شرایط اقلیمی و دور ۸ روز آبیاری انجام شد.
I ₃	آبیاری در مراحل گل‌دهی و اوایل غلاف‌بندی	۳۹۸۰	۱۱۰۵	در ۹ آبیاری انجام شد که ۳ آبیاری از زمان کاشت گیاه تا مرحله قبل از ساقه‌دهی و ۶ آبیاری دیگر با توجه به شرایط اقلیمی و دور ۶ روز آبیاری انجام شد.

(حقیقتی، ۱۳۸۲) و میزان آب مورد نیاز در هر آبیاری با استفاده از سیستم لوله کشی و کنترلر به حرکت اضافه شد. همچنین در حین انجام تحقیق، در صورت بارندگی برای از

پتاسیم نقش مؤثرتری در افزایش تعداد و وزن دانه و غلاف در گره‌های میانی و سپس تحتانی داشت. در کل به نظر می‌رسید که با افزایش شدت تنش نقش پتاسیم در جلوگیری از کاهش بیشتر عملکرد واضح‌تر بود. اسکندری (۱۳۷۹) با بررسی اثر تنش رطوبتی و پتاسیم خاک بر رشد رویشی گندم به این نتایج دست یافت که کاهش آب قابل استفاده سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن خشک شاخساره و ریشه، غلظت پتاسیم ریشه و شاخساره شد. از طرفی با افزودن پتاسیم به خاک نه تنها پارامترهای یاد شده افزایش یافته، بلکه تأثیر سوء تنش خشکی نیز تعدیل شده است. تاج‌آبادی پور (۱۳۸۳) با بررسی تأثیر کاربرد پتاسیم بر مقاومت نسبی سه رقم پسته به تنش آبی و شوری به این نتایج دست یافت که کاربرد پتاسیم با افزایش غلظت پتاسیم برگ، ساقه و ریشه در رقم‌های پسته همراه بود، در حالی که تنش خشکی غلظت پتاسیم ساقه و ریشه را کاهش داد. تجمع پرولین و افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پروکسیداز با افزایش دور آبیاری و سطح شوری همراه بود. کاربرد پتاسیم سبب افزایش غلظت پرولین و کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پروکسیداز شد. این تغییرات ممکن است اثرات سوء تنش خشکی و شوری را کاهش داده باشد و در نهایت کاربرد پتاسیم به طور معنی‌داری شاخص‌های زیستی گیاه را تحت تأثیر قرار داده و اثرات سوء تنش خشکی را کاهش داده است. مندال و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی اثر

مقادیر I₁ و I₂ به ترتیب معادل ۸۵ و ۷۰ درصد آبیاری کامل کلزا در منطقه شهرکرد است و تیمارهای آبیاری بر اساس نتایج طرح تحقیقاتی کم‌آبیاری کلزا در شهرکرد تعیین شد

یکنواخت با دور متوسط ۷ روزه آبیاری شده و پس از آن در طول فصل رشد، آبیاری‌های بعدی براساس تیمارهای کرت‌های اصلی بودند. عملیات دیگر داشت از قبیل مبارزه با علف‌های هرز و مبارزه با آفات در صورت لزوم به‌طور یکنواخت انجام شد. در پایان فصل رشد (اواسط تیرماه سال ۱۳۸۸) هنگامی که حدود ۱۵-۲۰ درصد بذور غلاف‌های ساقه اصلی و شاخه‌های اولیه به قهوه‌آیی متمایل شد و همچنین براساس دوازده درصد رطوبت دانه‌ها در هر کرت آزمایشی، برداشت ۴ خط میانی هر کرت به طول ۲ متر با حذف حاشیه‌ها انجام و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد و نمونه‌ایی از هر کرت برای اندازه‌گیری طول غلاف در ساقه اصلی، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه، عملکرد گاه (بقایا)، عملکرد کل و شاخص برداشت تهیه و همچنین در زمان گلدهی یک نمونه گیاه از هر کرت برای تعیین میزان پتاسیم در ماده خشک گیاهی تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. دانه‌های کلزا با استفاده از دستگاه سوکسله و حلال پترولیوم اتر به مدت دو ساعت و نیم و طی سه مرحله: ایمرژن، واشینگ و ریکاوری روغن‌گیری شد (منصوری، ۱۳۷۷).

تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

نتایج و بحث

واکنش پتاسیم افزوده شده به خاک همانند دیگر مواد غذایی به قابلیت استفاده آنها در خاک بستگی دارد. هر گاه مقدار پتاسیم محلول، یا پتاسیم باقی‌مانده در خاک، فراوان باشد گیاه نسبت به پتاسیم اضافه شده عکس‌العمل نشان نخواهد داد. برعکس هنگامی که نیاز پتاسیمی گیاه بیشتر از اندازه‌ایی باشد که در خاک موجود است، واکنش آن نسبت به کودهای پتاسیمی بیشتر خواهد بود (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۲). همان‌طور که از بررسی جدول ۲ مشاهده می‌شود، مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک محل آزمایش برابر ۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است، پس می‌توان انتظار داشت که گیاه نسبت به کودهای پتاسیمی واکنش مثبت نشان دهد.

بین بردن اثر آن، تیمارهای موردنظر با پوشش‌های پلاستیکی پوشانده شدند.

کرت‌های فرعی به مصرف سطوح مختلف پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) اختصاص داشتند که عبارت بودند از: K_1 ، K_2 ، K_3 ، K_4 و K_5 به ترتیب بدون مصرف پتاسیم، مصرف پتاسیم به میزان ۰، ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ برابر مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک بودند که مقدار توصیه شده برای تیمارهای K_2 ، K_3 ، K_4 و K_5 به ترتیب برابر ۱۹۵، ۲۶۰، ۳۲۵ و ۳۹۰ کیلوگرم بر هکتار بود.

قبل از کاشت یک نمونه مرکب خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه و در آزمایشگاه، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. بعد از عملیات آماده‌سازی زمین قطعه‌بندی تکرارها انجام و جویچه‌هایی با فاصله ۶۰ سانتی‌متر ایجاد شد. مقدار مصرف کودها از جمله کودهای پتاسه با توجه به میزان توصیه شده در نشریه تغذیه بهینه کلزا (خادمی و همکاران، ۱۳۷۹) و براساس تیمارهای طرح، تعیین شد. در این تحقیق مصرف کودهای فسفره و پتاسه به صورت پایه و همزمان با کشت که در عمق ۸ تا ۱۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند، انجام شد و مصرف کود ازته موردنیاز نیز در سه نوبت، یک‌سوم در زمان کشت، یک‌سوم در زمان شروع ساقه رفتن و یک‌سوم در زمان ظهور اولین غنچه‌های گل انجام شد. مصرف کودهای فسفره (از منبع سوپر فسفات تریپل) و ازته (از منبع اوره) بر اساس توصیه کودی متناسب با نتایج تجزیه خاک به ترتیب از راست به چپ برابر ۱۵۰ و ۲۳۰ کیلوگرم بر هکتار بود. کودهای میکرو قبل از کشت و با این مقادیر به خاک اضافه شد: سولفات مس، سولفات منگنز، سولفات آهن و سولفات روی به ترتیب از راست به چپ به مقدار ۲۰، ۱۰، ۴۰ و ۳۰ کیلوگرم بر هکتار و همچنین ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار گوگرد کشاورزی به همراه ۹ کیلوگرم بر هکتار باکتری تیوباسیلوس به خاک اضافه شد. پس از کوددهی کشت با بذر رقم اکاپی و به میزان ۸ کیلوگرم در هکتار و به صورت ردیفی در دو طرف پشته‌ها به فاصله ۳۰ سانتی‌متری (در اواسط شهریور ماه سال ۱۳۸۷) انجام شد. پس از کاشت کلیه کرت‌ها تا سبز شدن کامل گیاه و شروع بارندگی‌های پاییزه به‌طور

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش

سیلت (درصد)	رس (درصد)	شن (درصد)	اسیدپته گل اشباع (متر)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
۴۸/۵	۲۳	۲۸/۵	۷/۶۱	۰/۴۲	۰/۳۵	۰/۰۴	۱۱/۶	۸۳

مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح پنج درصد صورت گرفت که نتیجه آن در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. نتایج مندرج در این جدول‌ها نشان می‌دهد که اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد کاه، عملکرد کل و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است و بیشترین مقدار

این سه صفت مربوط به تیمار I₁ بود که با تیمار I₂ تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نداشت و در یک گروه آماری قرار داشتند، ولی با تیمار I₃ اختلاف معنی‌داری نشان دادند.

جدول ۳- تأثیر تیمارهای آبیاری و پتاسیم بر روی برخی از صفات در گیاه کلزا

صفات مورد مقایسه				منابع تغییر
پتاسیم اندام هوایی (درصد)	عملکرد روغن دانه (کیلوگرم در هکتار)	روغن دانه (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تیمار آبی
۰/۷۶۵۵ a	۸۳۸/۹ a	۴۷/۲۵a	۱۷۷۷a*	I ₁
۰/۷۸۵۱ a	۸۴۲/۲a	۴۶/۹۷a	۱۷۹۳ a	I ₂
۰/۸۱۲۰ a	۸۵۱/۲a	۴۶/۵۹a	۱۸۲۷a	I ₃
پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)				
۰/۷۸۴۹a	۷۸۱/۶c	۴۷/۲۲a	۱۶۵۶c	K ₁
۰/۷۸۹۴ a	۸۳۳/۱b	۴۶/۸۷a	۱۷۷۸b	K ₂
۰/۷۷۷۸ a	۸۳۰/۷b	۴۷/۱۶a	۱۷۶۱b	K ₃
۰/۸۱۶۳a	۸۷۳/۷ab	۴۶/۶۵a	۱۸۷۳a	K ₄
۰/۷۶۹۱a	۹۰۱/۶ a	۴۶/۷۸a	۱۹۲۸a	K ₅

• حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

جدول ۴- تأثیر تیمارهای آبیاری و پتاسیم بر روی برخی از صفات در گیاه کلزا

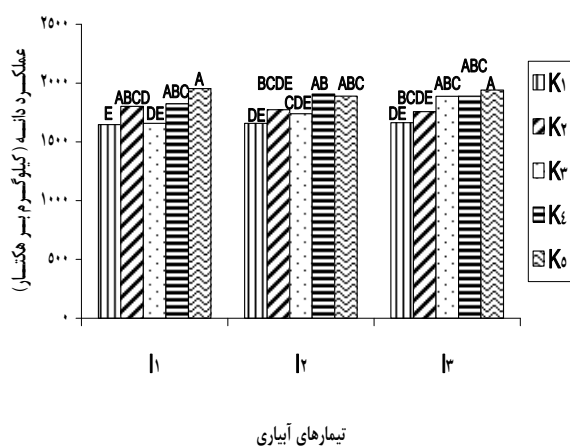
صفات مورد مقایسه					منابع تغییر
شاخص برداشت (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد کل (کیلوگرم بر هکتار)	طول غلاف (سانتی‌متر)	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد کاه (کیلوگرم بر هکتار)	تیمار آبی
۵۳/۲۸b	۳۳۹۲a	۶/۴۰۰a	۳/۸۶۷a	۱۶۱۵ a	I ₁
۵۸/۲۹a	۳۱۱۰b	۶/۶۰۷a	۴/۰۸۷ a	۱۳۱۷b	I ₂
۵۶/۶۰ab	۳۲۴۱ab	۶/۳۲۰a	۳/۸۴۷ a	ab۱۴۱۴	I ₃
پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)					
۵۵/۱۶ab	۳۰۳۶b	۶/۴۶۷a	۴/۱۱۱ab	b۱۳۸۰	K ₁
۵۶/۸۰ab	۳۱۵۲ ab	۶/۵۶۷a	۳/۷۷۸b	۱۳۷۴b	K ₂
۵۲/۳۹b	۳۴۱۷a	۶/۳۷۸a	۳/۷۸۹b	a۱۶۵۵	K ₃
۵۸/۶۴a	۳۲۵۰ab	۶/۲۴۴a	۳/۸۰۰b	b۱۳۷۷	K ₄
۵۷/۲۹a	۳۳۸۴a	۶/۵۵۶a	۴/۱۸۹a	۱۴۵۶ab	K ₅

• حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

عوامل سبب افت شدید رشد برگ‌ها و ریشه به علت توسعه و انبساط کمتر سلول‌ها می‌شوند. بیشترین مقدار عملکرد دانه، عملکرد روغن به ترتیب به میزان ۱۸۷۲ و ۸۵۱/۲ کیلوگرم بر

میلفورد و همکاران (۱۹۸۵) کاهش پتانسیل فشاری، هدایت روزنه‌ایی و میزان نسبی آب برگ را در حالت تنش آبی علت اختلاف عملکرد بین تیمارهای مختلف آبی می‌داند که این

که شامل آبیاری کامل و کود پتاسه به میزان ۱/۵ برابر مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک بود ولی بعد از آن تیمار I_2K_5 دارای بیشترین عملکرد به میزان ۱۹۴۰ کیلوگرم بر هکتار بود که شامل آبیاری با تنش شدید و کود پتاسه به میزان ۱/۵ برابر مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک بود که هر دوی این تیمارها در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارد و متعلق به یک گروه آماری بودند (شکل ۱).



شکل ۱- اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و پتاسیم بر عملکرد دانه

این رویداد برای صفاتی همچون عملکرد روغن دانه، عملکرد کل و وزن هزار دانه نیز رخ داده است که با نتایج ساردی و فولوپ (۱۹۹۴)، ران و همکاران (۱۹۹۷)، مندال و همکاران (۲۰۰۶)، بیکر و همکاران (۲۰۰۳)، اسکندری (۱۳۷۹)، دانشیان و جنوبی (۱۳۸۰) و تاج‌آبادی (۱۳۸۳) مطابقت دارد. دلایل چنین پدیده‌ای را می‌توان در این دانست که عنصر پتاسیم با تأثیر بر مقاومت روزنه‌ای و تنظیم اسمزی سلول‌ها سبب افزایش مقاومت به خشکی می‌شود. همچنین هوفنر (۱۹۷۱) دلیل اثر پتاسیم در صرفه‌جویی آب را در درجه اول مربوط به تقلیل ضریب تعریق می‌داند ولی در عین حال این عنصر را مسئول تنظیم فشار اسمزی داخل سلول نیز می‌شناسد. از طرف دیگر پتاسیم می‌تواند شیب اسمزی مناسبی بین خاک و گیاه از یک طرف و بین قسمت‌های مختلف بافت‌های آوندی از طرف دیگر به وجود آورد تا جذب و هدایت آب به‌خوبی صورت گیرد. از دلایل دیگر اثر پتاسیم در صرفه‌جویی آب هورمون اسید آبسسیک است. این هورمون بسیاری از فرایندهای مرتبط با تنش‌های

هکتار مربوط به تیمار I_3 بود ولی تفاوت معنی داری (در سطح احتمال پنج درصد) با سایر تیمارهای آبیاری نداشت، که این رخداد احتمالاً مربوط به نیاز آبی کلزا بوده که کمتر از مقدار در نظر گرفته شده در تیمار I_1 یا تیمار بدون کم‌آبیاری است.

تیمار I_1 بیشترین میزان گاه را تولید کرد و با تیمار I_3 تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد نشان داد. از آن‌جا که بر طبق نظر تزار (۱۹۹۸)، وزن خشک اندام هوایی تحت تأثیر تنش به شدت کاهش می‌یابد عملکرد گاه نیز کاهش خواهد یافت، زیرا تنش آب از طریق بسته شدن روزنه‌ها، در نهایت منجر به کاهش ورود دی‌اکسید کربن شده و از این طریق با اثر بر فعالیت‌های متابولیکی مانند فتوسنتز، سبب کاهش معنی داری در میزان تولید ماده خشک می‌شود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر تیمارهای پتاسیم بر همه صفات به جز طول غلاف، درصد روغن دانه و پتاسیم اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد. بیشترین مقدار عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه به ترتیب ۱۹۲۸ و ۹۰۱/۶ کیلوگرم بر هکتار مربوط به تیمار K_5 بود که دارای بیشترین مقدار کود پتاسه بود، البته بعد از تیمار K_5 ، تیمار K_4 (که دارای مقادیر ۱۸۷۳ و ۸۷۳/۷ به ترتیب برای عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه بود) قرار داشت که این دو تیمار با یکدیگر تفاوت معنی دار نداشته، در یک گروه آماری قرار داشتند. در این صفات با افزایش مقدار کود پتاسه عملکرد نیز افزایش یافت. این مورد نیز با نتایج رز و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد.

احمدی و جاویدفر (۱۳۷۷) گزارش کردند که پتاسیم نقش عمده‌ای در فعالیت‌های فیزیولوژیکی و سیستم آنزیمی گیاهی که متابولیسم مواد فتوسنتزی و تبدیل آنها به روغن را کنترل می‌کنند، ایفا می‌کند. با این وجود پتاسیم معمولاً تأثیر مهمی بر میزان روغن دانه ندارد و در این آزمایش نیز دیده شد که اثر تیمارهای پتاسیم بر درصد روغن دانه معنی دار نشد.

از بررسی اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و پتاسیم دیده می‌شود که کمترین عملکرد دانه به میزان ۱۶۴۷ کیلوگرم بر هکتار مربوط به تیمار I_1K_1 (شاهد) بود و بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۹۵۳ کیلوگرم بر هکتار مربوط به تیمار I_1K_5

عملکرد روغن دانه است و در غیر این صورت تیمار I_2K_3 دارای بالاترین عملکرد روغن دانه خواهد بود و در شرایط کم آبیاری این تیمار پیشنهاد می شود.

منابع

- ۱- احمدی م.ر. و جاویدفر ف. ۱۳۷۷. تغذیه گیاه روغنی کلزا. کمیته دانه های روغنی. ۱۹۴ صفحه.
- ۲- اسکندری ا.ر. ۱۳۷۹. بر هم کنش رژیم رطوبتی خاک و سطوح پتاسیم خاک بر رشد رویشی دو رقم گندم زمستانه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.
- ۳- تاج آبادی پور ا. ۱۳۸۳. تأثیر کاربرد خاکی پتاسیم بر مقاومت نسبی سه رقم پسته به تنش آبی و شوری. رساله دکتری. دانشگاه شیراز.
- ۴- حقیقتی ب. ۱۳۸۲. بررسی اثرات کم آبیاری و تعیین کارایی مصرف آب در کلزا، گزارش طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد، شماره ۸۰۰۸-۱۵-۱۰۰.
- ۵- خادمی ز. رضایی ح. ملکوتی م.ج. و مهاجرمیلانی پ. ۱۳۷۹. تغذیه بهینه کلزا گامی مؤثر در افزایش عملکرد بهبود کیفیت روغن. نشر آموزش کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت کشاورزی. ۴۵۲ صفحه.
- ۶- دانشیان. ح. و جنوبی پ. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر تنش خشکی و پتاسیم بر عملکرد دانه گیاه سویا. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه شهرکرد.
- ۷- ربیعی ا. ۱۳۸۵. بررسی اثرات تنش و کمبود آب بر عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن در ارقام یولاف. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
- ۸- ملکوتی م.ج. و همایی م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک های مناطق خشک و نیمه خشک مشکلات و راه حل ها. دانشگاه تربیت مدرس، دفتر نشر علمی. ۴۸۲ صفحه.
- ۹- منصوری م. ۱۳۷۷. دستورالعمل تجزیه دانه های روغنی. تهران: انتشارات مؤسسه تحقیقات بذر و نهال بخش دانه های روغنی.

محیطی از جمله تنش خشکی، سرما و شوری را در گیاهان تنظیم می کند. در پاسخ به تنش آبی، افزایش هورمون اسید آسبسیک به وسیله فعالیت یون های کلسیم و پتاسیم و کانال های یون در سلول های محافظ روزنه موجب تنظیم و تعدیل تنش می شود (بیکر و همکاران، ۲۰۰۳).

از طرفی از بررسی اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و پتاسیم بر صفاتی همچون درصد روغن دانه، عملکرد کاه، وزن هزاردانه و عملکرد کل دیده می شود بیشترین میزان این صفات مربوط به تیمار I_1K_3 بود. همچنین تیمار I_2K_3 در صفات عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه دارای ششمین رتبه از نظر عملکرد دانه و چهارمین رتبه از نظر عملکرد روغن دانه بود که در هر دو صفت با تیمارهای I_1K_5 و I_2K_5 اختلاف معنی داری نداشت و در یک گروه آماری قرار داشتند. به طوری که از مقایسه برتری نسبی تیمارهای آبیاری و پتاسیم بر عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه می توان به این نتیجه رسید که تیمار I_2K_5 باعث افزایش ۲/۸ درصد عملکرد دانه و ۲/۲ درصد عملکرد روغن دانه نسبت به تیمار I_2K_3 شد، که این نشان دهنده تأکید بر کاربرد کود پتاسه به میزان توصیه شده براساس آزمون خاک بود.

نتیجه گیری

به طور کلی می توان نتیجه گرفت، از آن جا که تیمارهای آبیاری بر صفات عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نشد، به نظر می رسد که تیمارهای کم آبیاری نتوانسته اند تنشی بر گیاه وارد کنند و با اعمال مقادیر کم آبیاری تا حدود ۷۰ درصد آبیاری کامل کلزا در منطقه شهرکرد، می توان به عملکرد مطلوب دست یافت به طوری که کاهش عملکرد دانه و روغن دانه کلزا را مشاهده نکرد. همچنین، اگرچه کاربرد پتاسیم بر برخی از ویژگی های رشد تأثیر معنی داری نداشت ولی تاحدودی اثرات سوء تنش آبی را تعدیل کرد. از آن جا که در بیشتر موارد کاربرد پتاسیم به میزان توصیه شده براساس آزمون خاک تفاوت معنی داری با مصرف پتاسیم به میزان ۱/۵ برابر مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک نداشت، بنابراین می توان با کاربرد کود پتاسه به میزان توصیه شده براساس آزمون خاک تنش آبی را تا حد قابل قبولی تعدیل کرد. همچنین می توان نتیجه گرفت، در صورتی که از نظر منابع آبی دچار محدودیت نباشیم بهترین تیمار، تیمار I_1K_5 است که دارای بالاترین

- 23- Ruan J. Xun W. and Hardter R. 1997. The Interaction between soil water regime and potassium availability on the growth of tea. *Journal of. Soil Science Plant Analysis*. 28:89-98.
- 24- Sangtarash M.H. Qaderi M.M. Chinnappa C.C. and Reid D.M. 2009. Differential sensitivity of canola (*Brassica napus* L.) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. *Journal of Enviromental and Experimental Botany* 66:212-219.
- 25- Sardi K. and Fulop P. 1994. Relationship between soil potassium level and potassium uptake of corn as affected by soil moisture. *Journal of. Soil Science Plant Analysis*. 25:1735-1746.
- 26- Tasar MB. 1998. Physiological basis of crop growth and development. American Society of Agronomy Inc. and Science Society of America Inc.
- ۱۰- یزدی صمدی ب. و پوستینی ک. ۱۳۷۳. اصول تولید گیاهان زراعی. مرکز نشر دانشگاهی. ۳۰۰ صفحه.
- 11- Bailey L.D. and Soper R.J. 1985. Potassium nutrition of rap, flax, sunflower. In: munson RD (Ed). *Potassium in Agriculture*, 765-798.
- 12- Banuelos G.S. Bryla D.R. and Cook C.G. 2002. Vegetative production of kenaf and canola under irrigation in Central California. *Journal of Industrial Crops and Products*. 15: 237-245.
- 13- Becker D. Hoth S. Ache P. Wenkel S. Roelfsema M.R.G. Meyerhoff O. Hartung W. and Hedrich R. 2003. Regulation of the ABA-sensitive *Arabidopsis* potassium channel gene GORK in response to water stress. *Journal of Federation of European Biochemical Societies*. 554:119-126.
- 14- Ghosh R.K. Bandyopadhyay P. and Mulkhodhyay N. 1994. Performance of rapeseed-mustard cultivars under various moisture regimes on the gangentic alluvial plain of west Bengal. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 173: 5-10.
- 15- Hofner W. 1971. Influence of Potassium on water economy. *Potash Rev*. 3(93):1-15.
- 16- Kirda C. 2002. Deficit irrigation practices: Deficit irrigation shielding based on plant growth stages showing water stress tolerance. FAO. www.fao.org/docrep/004/Y3655E00.htm
- 17- May W.E. Hume D.Y. and Hale B.A. 1994. Effect of agronomic practices on free fatty acid level in the oil of Ontario grown spring canola. *Journal of Plant Science* 74(2):267-274.
- 18- Mandal K.G. Hati K.M. Misra A.K. and Bandyopadhyay K.K. 2006. Assessment of irrigation and nutrient effects on growth, yield and water use efficiency of Indian mustard (*Brassica juncea*) in central India. *Journal of Agric. Water Manag.* 85:279-286.
- 19- Milford G.F.J. Pocock T.O. Riley J. 1985. An analysis of leaf growth in sugar beet. II: Leaf appearance in field crops. *Journal of Annals of Applied Biology*. 106:163-172.
- 20- Ohashi Y. Nakayama N. Saneoka H. and Fujita K. 2006. Effects of drought stress on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and stem diameter of soybean plants. *Journal of Biology Plant*. 50:138-141.
- 21- Raddy A.R. Chaitanya K.V. and Vivekanandan M. 2004. Drought- induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plant. *Journal of Plant Physiology* 161:1189-1202.
- 22- Rose T.J. Rengel Z. Ma Q. and Bowden J.W. 2008. Post- flowering supply of P, but not K, is required for maximum canola seed yields. *Journal of Agronomy* 28:371-379.