"مجله علوم زراعي ايران"
جلد یازدهم، شماره ۳ پاییز ۱۳۸۸

اثر مصرف کود پتاسیم و میزان آب آبیاری بر عملکرد دانه وکارایی مصرف آب در دو گونه کلزا (*Brassica napus* L.) و خردل هندی (*Brassica juncea* L.)

Effect of potassium fertilizer and irrigation levels on grain yield and water use efficiency of rapeseed (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) species

حمیدرضا فنایی[۱]، محمد گلوی[۲]، محمد کافی[۳]، احمد قنبری بنجار[۴] و امیر حسین شیرانی راد[۵]

چکیده

فنایی، ح. ر، م. گلوی، م. کافی، ا. قنبری بنجار و ا. ح. شیرانی راد ۱۳۸۸ اثر مصرف کود پتاسیم و میزان آب آبیاری بر عملکرد دانه وکارایی مصرف آب در دو گونه کلزا (*Brassica napus* L.) و خردل هندی (*Brassica juncea* L.). **مجله علوم زراعی ایران: ۱۱ (۳): ۲۸۹-۲۷۱.**

به منظور بررسی اثر مصرف کود پتاسیم و میزان آب آبیاری بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دو گونه کلزا و خردل هندی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل گونه در دو سطح شامل هیبرید Hyola401 کلزا و رقم بومی خردل، تیمارهای آبیاری در سه سطح شامل آبیاری در ۵۰ درصد (شاهد)، آبیاری در ۷۰ درصد و آبیاری در ۹۰ درصد تخلیه رطوبتی، مقادیر کود پتاسیم در سه سطح شامل عدم مصرف پتاسیم، ۱۵۰ کیلوگرم و ۲۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار(از منبع سولفات پتاسیم) بودند. نتایج نشان داد که اثر میزان آبیاری،گونه و کود پتاسیم بر عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد خورجین های سقط شده، تعداد دانه درخورجین، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب معنی دار بود. هیبرید Hyola401 نسبت به رقم بومی خردل از جهت عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به ترتیب ۱۷ و ۱۵ درصد برتری نشان داد که حاکی از قابلیت و کارایی بالاتر کلزا در شرایط این آزمایش است. با افزایش فواصل آبیاری در تیمارهای ۷۰ و۹۰ درصد، عملکرد دانه کاهش و کارایی مصرف آب بطور معنی داری افزایش یافت. آبیاری در ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی نسبت به آبیاری در ۹۰ درصد ، ۲۷ درصد افزایش عملکرد دانه داشته، اما در کارایی مصرف آب ۱۶ درصد کاهش مشاهده شد. افزایش در کارایی مصرف آب درتیمارهای ۷۰ و۹۰ درصد به ترتیب ۱۷ و ۳۹ درصد باعث صرفه جویی در مصرف آب نسبت به شاهد شد. افزایش مصرف کود پتاسیم اثر منفی تنش آب بر عملکرد دانه را تعدیل کرده و باعث افزایش عملکرد محصول شد. مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم نسبت به عدم مصرف آن عملکرد دانه را ۲۱ درصد و کارایی مصرف آب را ۲۲ درصد افزایش داد . برهمکنش کود پتاسیم و تیمار آبیاری بجز عملکرد دانه، کارایی مصرف آب و تعداد خورجین سقط شده بر سایر صفات معنی دار نبود. نتایج نشان داد که درتیمار آبیاری ۹۰ درصدتخلیه، اختلاف بین کمترین عملکرد در تیمار عدم مصرف سولفات پتاسیم و بیشترین عملکرد در تیمار ۲۵۰ کیلو گرم در هکتار، ۷۷۹ کیلوگرم بود که نسبت به تیمارآبیاری شاهد ۵۲ درصد افزایش داشت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مصرف کود پتاسیم در شرایط تنش می تواند، اثرات مثبت بیشتری بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب نسبت به شرایط رطوبتی بالا داشته باشد. بنا براین مصرف کود پتاسیم می‌تواند با تعدیل خسارات ناشی از تنش خشکی بر روی گیاه، در سازگاری به شرایط تنش خشکی و تولید اقتصادی محصول در شرایط منطقه سیستان موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: خردل هندی،کارایی مصرف آب، کلزا و کود پتاسیم.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۵/۲۶

۱- - دانشجوی دوره دکترای زراعت در دانشگاه زابلو عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان (مکاتبه کننده)
۲ -استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴-دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
۵- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

مقدمه

بیشترین کاهش عملکرد در گیاهان بواسطه تنش های غیرزنده نظیر خشکی، شوری، درجه حرارت بالا و پایین، شدت نور، کمبود عناصر غذایی و اسیدیته خاک گزارش شده است (Bery *et al*., 2000). تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است که ۴۰ تا۶۰ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تاثیر قرار می دهد (Bery, 1997, Reddy *et al*. 2004).

کلزا (*Brassica napus* L.) با ۴۰ تا ۴۴ درصد روغن، گیاه روغنی مناسبی در تناوب با غلات محسوب می شود (Carmody,2001). همچنین بدلیل کارایی بالای مصرف آب و تحمل خشکی (Albarrak, 2006) و تا حدی تحمل به شوری (Nilson, 1997) در زراعت مناطق خشک جایگاه ویژه ای دارد و بعد از سویا و نخل روغنی بعنوان سومین منبع مهم روغن خوراکی در جهان می باشد (Downy, 1990, Albarrak, 2006). خردل هندی (*Brassica juncea* L.) نیز به عنوان گیاه روغنی مناسب برای مناطق با فصول کوتاه و میزان بارندگی کم معرفی شده است. لاین های خردل دارای ۳۸ تا ۴۰ درصد روغن و ۲۳ تا ۳۰ درصد پروتئین هستند (Burton *et al*., 1999).

کلزا در مراحل جوانه زنی ، گلدهی و رشد خورجین ها به خشکی حساس است. آبیاری در این مراحل باعث افزایش تعداد خورجین در متر مربع می شود. (Pasban Eeslam *et al*., 2000, Sinaki *et al*., 2007). تاثیر تنش خشکی بر عملکرد کلزا تابعی از ژنوتیپ ، شدت و طول مدت تنش ، شرایط آب و هوایی و مراحل رشد و نمو می باشد(Azizi *et al*., 2000) کاهش در عملکرد گونه های جنس براسیکا تحت تاثیر تنش خشکی توسط جنسن و همکاران (Jensen *et al*., 1996) و رایت و همکاران (Wright *et al*., 1996) گزارش شدند.

در آزمایشات تنش رطوبتی شدید تحمل بهتر خردل در مقایسه با سایر گونه های جنس براسیکا تایید گردیده است (Wright *et al*., 1996, Iqubal *et al*., 2008). اما در شرایط رطوبتی مطلوب تا نسبتا مطلوب کلزا نسبت به گونه های دیگر برتر بوده است. نیک نام و همکاران (Niknam *et al*., 2003) گزارش نمودند که ژنوتیپ های با تنظیم اسمزی پایین در خردل تحت شرایط تنش آبی نسبت به ژنوتیپ هایی از کلزا که تنظیم اسمزی بالا داشتند،کاهش عملکردی بیش از ۴۰ درصد داشتند. جونسکرا و همکاران (Gunasekera *et al*., 2003) گزارش نمودند که در تنش رطوبتی شدید، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی در پایان فصل رشد در ژنوتیپ ها ی خردل نسبت به کلزا بطور معنی داری افت سریع تری داشته است. ماده خشک و عملکرد دانه در کلزا در شرایط تنش ملایم و عدم تنش بالا بوده است. همچنین زودرسی باعث شد که زمان گلدهی و پرشدن دانه به شرایط نامساعد آخر فصل برخورد کمتری داشته باشد که یک سازوکار مطلوب در بهبود عملکرد دانه است.

در یک آزمایش جونسکرا و همکاران (Gunasekera *et al*., 2006) نشان دادندکه خردل با وجود تولید ماده خشک بیشتر نسبت به کلزا، از عملکرد دانه بالایی برخوردار نبود، آنها علت این موضوع را به کارایی پایین آن در تبدیل و انتقال ماده خشک به دانه و شاخص برداشت پایین منتسب دانستند. اما اقبال و همکاران (Iqubal *et al*., 2008) در نتایج خود عملکرد و اجزای عملکرد بالاتر و درصد روغن پایین تری برای ژنوتیپ های خردل نسبت به ژنوتیپ های کلزا گزارش کردند. آل بارک (Albarrak, 2006) و سینکی و همکاران (Sinaki *et al*., 2007) کاهش معنی دار عملکرد دانه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه و عملکرد روغن را درکلزا تحت تاثیر تنش گزارش کردند .

بررسی های اخیر نشان می دهد که در ۶۰ درصد خاکهای زراعی محدودیت رشد بدلیل کمبود عناصر

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

غذایی معدنی می باشد (Cakmak, 2002). گزارش شده است که افزایش کارایی مصرف آب در گیاه به میزان ۲۵ تا ۴۰ درصد از طریق مدیریت خاک ورزی و ۱۵ تا ۲۵ درصد از طریق مدیریت تغذیه امکان پذیر می باشد (Hatfield *et al.*, 2001). پتاسیم با وجود اینکه در ساختمان بافت ها شرکت ندارد اما نقش های مهمی را در بسیاری از فرایند های فیزیولوژیک از قبیل فتوسنتز، انتقال مواد پرورده به مخازن ، حفظ آماس، هدایت روزنه ای ، تنظیم اسمزی ، فعالیت آنزیمی، توسعه سلولی، خنثی سازی یون‌های دارای بار منفی غیر قابل انتشار و قطبی نمودن غشاء، ایفا می‌کند (Salardini and Mojtahedi, 1989, Marschner,1995 and Mengel and Kikbery, 2000)

پتاسیم نقش ویژه ای در حیات و بقاء گیاهان تحت شرایط تنش محیطی بازی می کند. در شرایط کمبود پتاسیم، حساسیت گیاهان به تنش های محیطی افزایش می یابد (Cakmak, 2002) بطوریکه در شرایط تنش، تولید رادیکال های فعال اکسیژن در گیاهان به شدت تحریک می شود (Cakmak, 2005)، وی نیاز به پتاسیم بالا را در شرایط تنش به نقش بازدارندگی پتاسیم در مقابل تولید رادیکال های فعال اکسیژن در طی فتوسنتز و اکسیده شدن NADPH نسبت داد. گزارش شده است که مصرف پتاسیم عملکرد کلزا را تحت شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی ۲۵- ۱۵ درصد افزایش داد (Sharma, 2002). شهید (Shahid, 2006) افزایش و بهبود عملکرد دانه، ماده خشک و شاخص برداشت را با مصرف مقادیر بالاتر پتاسیم تحت شرایط تنش رطوبتی در خردل و سورگوم گزارش نمود. آزمایشات مزرعه‌ای در مصر نیز نشان داد که از کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود آب، با مصرف پتاسیم می توان جلوگیری کرد (Elhadi *et al.*, 1997).

اندرسن و همکاران (Andersen *et al.*, 1992) نیز تعدیل اثرات منفی خشکی را بر رشد گیاه از طریق حفظ فشار آماس، کاهش تعرق و افزایش کارایی مصرف آب بواسطه مصرف پتاسیم گزارش کردند. مندل و همکاران (Mendal *et al.*, 2006) برهمکنش قوی را بین آبیاری و کاربرد عناصر غذایی بر عملکرد دانه وماده خشک گزارش کردند. این محققان بیشترین عملکرد دانه را با انجام سه نوبت آبیاری همراه با مصرف ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی NPK بعلاوه کود حیوانی بدست آوردند. اطلاعات قابل دسترس کمی ازترکیب آبیاری ومصرف پتاسیم بر رشد این گیاه در کشور و منطقه سیستان موجود می باشد. بر اساس بررسی های انجام شده، بیش از ۷۰ درصد اراضی منطقه سیستان میزان پتاس آنها پایین‌تر از حد بحرانی قابل توصیه می باشد (Palavan *et al.*, 2007). چنین شرایطی از جهت فقر وعدم توازن عناصر معدنی در اراضی منطقه باعث شده تا اثرات تنش های محیطی بویژه کم آبی در قیاس با سایر مناطق تشدید شود. در حالیکه بدلیل محدودیت آب، صرفه جویی و استفاده بهینه از آن ضروری است. لذا این تحقیق با هدف بررسی تاثیر پتاسیم در جبران کاهش عملکرد ناشی از اثرات سوء تنش کمبود آب، افزایش کارآئی مصرف آب و همچنین استفاده بهینه از کود پتاس در شرایط کفایت یا کمبود آب در منطقه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آز مایش به منظور بررسی اثر کود پتاسیم بر کاهش اثرات خشکی بر دو گونه کلزا و خردل هندی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان طی سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ اجرا شد. این ایستگاه در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل و با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا قرار گرفته ومتوسط بارندگی سالیانه آن۵۳ میلی متر است. جهت تعیین میزان پتاسیم خاک و دیگر خصوصیات نمونه برداری انجام گرفت که نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجراء گردید. فاکتورهای آزمایش شامل

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

گونـه (فـاکتورA) در دو سـطح شـامل: کلـزا هیبریـد Hayola401 و خـردل رقـم بـومی، تیمـار هـای آبیـاری (فـاکتورB) در سـه سـطح شـامل شـاهد آبیـاری در ۵۰ درصد (S_1)، آبیاری در ۷۰ درصـد (S_2)، آبیـاری در ۹۰ درصد تخلیه رطـوبتی (S_3) وکـود پتاسـیم در سـه سـطح (فاکتورC) شامل عدم مصرف پتاسیم (K_0)، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم(K_1) و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم پتاسـیم در هکتار(K_2) از منبع سولفات پتاسیم بودند. کاشت بـذر بـا دسـتگاه پـلات کـار وینتراشـتایگر مخـصوص کـشت آزمایـشات، درتـاریخ ۸۶/۸/۲ انجـام گرفـت. هرکـرت شامل دوازده ردیف بـه طـول سـه و نـیم متـر بـا فواصـل خطـوط ۲۰ سـانتی متـر و مـساحت کـرت هـا ۸/۴ متر مربع بود. جهت جلـوگیری از نـشت رطوبـت فاصـله بین تکرار ها ۳ متر و فاصله بین کرت ها ۱/۵ متر در نظـر گرفته شد. براساس آزمـون خـاک، ۱۵۰کیلـوگرم P_2O_5 در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپـل همزمـان بـا آمـاده سازی زمین به خاک افزوده شد. ۳۸۰کیلوگرم در هکتار اوره به نسبت های ۴۰، ۳۰ و ۳۰ درصد بـه ترتیـب قبـل از کاشت، خروج بوتـه هـا از مرحلـه روزت و شـروع گـل دهـی بـه خـاک داده شـد. قبـل از کاشـت بـذر مقـادیر مختلـف کـود پتاسـیم از منبـع سـولفات پتاسـیم پـس از تـسطیح نهـایی و پیـاده نمـودن نقـشه کاشـت در زمـین بـا نیـروی کـارگری پخـش و بـا خـاک مخلوط گردید. زمان آبیاری بر اساس تیمارهـای آبـی بـا توجـه بـه منحنـی رطـوبتی خـاک و اسـتفاده از دسـتگاه رطوبت سنج (TDR) مدل تریم تعیین شد. حجـم آب در هر نوبت آبیاری برای هر کرت بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید (Alizadeh, 2004).

$$d = \frac{(Fc-\theta)\times \rho b \times D}{100} \qquad (۱)$$

d: عمق آب آبیاری (mm)

F.C: درصـد رطوبـت وزنـی خـاک در حـد ظرفیـت زراعی

θ: درصد رطوبت وزنی قبل ازآبیاری

Pb: وزن مخصوص ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$)

D: حداکثر عمق توسعه ریشه گیاه (mm)

عمـق توسـعه ریـشه بـا نمونـه بـرداری تـصادفی از کرت ها، قبل از آبیاری تعیین وآبیـاری پـس از محاسـبه آب مورد نیاز از طریق تانکری که در پشت آن کنتـوری نصب گردیده بود، بـصورت کـاملا کنتـرل شـده، انجـام گرفت. تعداد دفعات آبیاری برای تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد تخلیه رطوبتی ۴، ۳ و ۲ نوبـت بودکـه در مجمـوع میزان آب مصرفی برای تیمـار شـاهد ۴۲۸۶ مترمکعـب ، برای تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطـوبتی ۳۵۷۱ مترمکعـب و برای تیمار ۹۰ درصد تخلیه رطوبتی ۲۶۱۹ مترمکعـب در هکتـار بـود (جـدول۳). بـرای تـشریح مراحـل رشـد و نمو از آخرین روش کدگذاری انجمـن کلـزای کانـادا (Canola Council of Canada) کـه مراحـل رشـد بـه شـش مرحلـه اصـلی جوانـه زنـی، گیاهچـه، روزت، غنچـه دهـی، گـل دهـی و مرحلـه رسـیدگی بـا کـدهای صـفر تـا پـنج تقـسیم شـده اسـت، استفاده شد (Shirani Rad and Deshiri, 2004). در پایان فصل رشد ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوتـه و تعـداد خورجین‌های سـقط شـده در بوتـه بـا انتخـاب پـنج بوتـه تصادفی از هر کرت یاداشت برداری شد. تعـداد دانـه در خورجین، با انتخاب تصادفی ۲۰ خـورجین از هـر کـرت تعیین گردید. وزن هزار دانه با تـوزین چهـار نمونـه ۲۵۰ تایی با ترازوی حساس ۰/۰۱گرم اندازه‌گیری شـد. پـس از تغییر رنگ ۴۰ درصـد بـذور در خـورجین هـای سـاقه اصـلی و حـذف اثـرات حاشـیه ای ، برداشـت ازخطـوط میـانی هـر کـرت از سـطح دو مترمربـع انجـام و پـس از خشک شدن کامـل خـورجین هـا بـر روی بوتـه هـا وزن خشک کل آنها اندازه گیری و سپس عملیات کوبیدن و جداسازی دانه ها انجام شـد. از تقـسیم عملکـرد دانـه بـر عملکرد بیولوژیک ، شاخص برداشت وکارایی مـصرف نیز از تقسیم عملکرد دانه در هکتار بر میزان آب مصرفی در هکتار محاسبه شد. تجزیه واریانس داده ها با اسـتفاده از نـرم افـزار آمـاری MSTAT-C ، رسـم نمودارهـا بـا نـرم افـزار Excel و مقایـسات میـانگین بـه روش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

جدول۱- اطلاعات هواشناسی دوره رشدگیاهی در سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۶

Table 1. Meteorological data of crop growth period in growth season of 2007 -2008

Months	ماه‌ها	حداقل دما Min. Temp (ºC)	حداکثر دما Max. Temp (ºC)	میانگین دما Mean. Temp (ºC)	تعداد روزهای یخبندان No. of Freez. days	بارندگی Precipitation (mm)	رطوبت نسبی RH (%)
		Metrological Parameters			متغیرهای هواشناسی		
Oct.	مهر	14.1	29.1	21.6	0	0	20
Nov.	آبان	9.2	27.1	18.02	0	0	30
Dec.	آذر	5.4	20.2	12.8	1	4.3	49
Jan.	دی	-4.2	7.6	1.7	17	13.5	60
Feb.	بهمن	-0.7	13.1	6.2	19	0.3	42
Mar.	اسفند	8.3	26.1	17.2	0	0	32
Apr.	فروردین	14.95	33.5	24.26	0	0	33.65
May	اردیبهشت	22.79	36.31	29.55	0	0	22.89

جدول۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table2. Physical and chemical characteristics of soil in experimental site

عمق (سانتیمتر) Depth (Cm)	جرم مخصوص ظاهری خاک Bulk Density ($g.cm^{-3}$)	درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی Soil moistuer in F.C (%)	درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی Soil moistuer in P.W.P (%)	درصد اجزای بافت خاک Components soil textuer			فسفر قابل جذب P (available) ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب K (available) ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته عصاره اشباع pH	کربن آلی O.C (%)
				رس Sand	سیلت Clay	شن Silt				
0-30	1.34	13.1	5.3	13	33	54	9.2	125	7.9	0.44
30-60							6	115	8	0.35

جدول۳- مقدار، تعداد دفعات و زمان های آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری

Table3. Number of irrigations and total irrigation water in different irrigation treatments

Irrigation treatments	تیمارهای آبیاری	تعداد دفعات آبیاری No. of Irrigations	مقدار آب آبیاری Total Irrigation water ($m^3. ha^{-1}$)	Plant growth stage	مرحله رشدی گیاه
S1: Irrigation after 50 % Depletion of water	آبیاری پس از ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی (شاهد)	4	4286	Rosette Stage GS.2-7	روزت
				Budding Stage GS.3-1	غنچه دهی
S2: Irrigation after 70 % Depletion of water	آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی	3	3571	Flowering Stage GS.4-2	گلدهی
				Repining Stage GS.5-2	رسیدگی
S3: Irrigation after 90 % Depletion of water	آبیاری پس از ۹۰ درصد تخلیه رطوبتی	2	2619	Complete Rosette Stage GS.2-12	روزت کامل
				Flowering Stage GS.4-1	گلدهی
				Repining Stage GS.5-3	رسیدگی
				Budding Stage GS.3-2	غنچه دهی
				Repining Stage GS.5-3	رسیدگی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که عملکرد دانه تحت تاثیر گونه، رژیم آبیاری، کود پتاسیم و اثرات متقابل تیمارها قرار گرفته و از لحاظ آماری در عملکرد دانه تغییرات معنی‌داری وجود داشت (جدول۴). مقایسه میانگین عملکرد دانه نیز نشان داد که هیبرید Hyola401 کلزا با میانگین ۲۹۲۴ کیلوگرم نسبت به رقم بومی خردل با میانگین ۲۴۰۹ کیلوگرم درهکتار، ۱۷درصد برتری داشت (جدول۶). به نظر می رسدکه علاوه بر اختلاف ژنتیکی که بین ارقام در کارائی آنها برای تولید و تبدیل ماده خشک به عملکرد اقتصادی وجود دارد، تغییرات دمایی، وقوع سرما و یخبندان طولانی مدت در ابتدای فصل رشد و مقاومت کمتر خردل نسبت به کلزا در این برتری موثر باشد (جدول ۱). رودی (Roodi, 2005) و نصیری (Nasiri, 2005) نیز افت عملکرد در رقم بومی خردل نسبت به هیبرید Hyola401 را در شرایط مطلوب و نامطلوب دمایی گزارش نمودند. در بین رژیم های آبیاری، بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۳۷۰۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد وکمترین آن با میانگین ۲۲۴۰ کیلوگرم درهکتار در تیمار ۹۰ درصد بدست آمد. میزان عملکرد نسبی دانه (عملکرد تحت شرایط محدودیت رطوبت نسبت به عملکرد در شرایط کفایت رطوبت) درتیمارهای آبیاری ۷۰ و ۹۰ درصد به ترتیب ۸۷ و۷۳ درصد عملکرد در تیمار آبیاری شاهد بود که نشان دهنده افزایش شدت تنش در این تیمارها می باشد. کاهش معنی دار عملکرد دانه در شرایط کمبود آب بواسطه کاهش اجزای عملکرد، نظیر تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه نسبت به شرایط عدم تنش مشهود است (جدول ۵). نتایج بدست آمده از این تحقیق با نتایج پاسبان اسلام و همکاران (PasbanEslam *et al.*, 2001)، جنسن و همکاران (Jensen *et al.*, 1996)، آل بارک (Albarrak, 2006) و سینکی و همکاران (Sinaki *et al.*, 2007) که کاهش عملکرد دانه را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند، مطابقت دارد. تحت شرایط تنش خشکی، کاهش شاخص سطح برگ، تعداد شاخه در گیاه، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه (Singh *et al.*, 1991, Albarrak, 2006, Sinaki *et al.*, 2007) گزارش شده است. افزایش سقط جنین و کاهش تعداد بذر و خورجین بواسطه کاهش فراهمی موادپرورده از دلایل مهم کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی ذکرگردیده است (Diepenbrock, 2000).

افزایش مصرف پتاسیم با افزایش عملکرد دانه همراه بود (جدول۶). در بین تیمارهای کودی مصرف شده بالاترین عملکرد دانه به تیمار ۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم با میانگین ۲۹۷۶ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت که نسبت به تیمارهای عدم مصرف و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۲۱ درصد و ۱۲ درصد برتری داشت. جیانوی و همکاران (Jianwei *et al.*, 2007) طی آزمایشی در باره تاثیرمصرف پتاسیم بر عملکرد وکارایی مصرف عناصر غذایی کلزا گزارش کردند عملکرد دانه بطور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت، بطوریکه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف پتاسیم) تیمارهایی که ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم دریافت کرده بودند به ترتیب ۱۷/۵ و ۳۱/۷ درصد عملکرد بالاتری داشتند. مقایسه میانگین عملکرد دانه برای برهمکنش گونه و تیمارآبیاری نشان داد که گونه کلزا در تیمار شاهد و ۷۰ درصد با بالاترین عملکرد دانه به (ترتیب ۳۴۲۸ و ۳۱۱۰ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی داری با سایر تیمارها داشت (جدول۵). جونسکرا و همکاران (Gunasekera *et al.*, 2003) نیز کاهش ۲۵ درصدی عملکرد دانه در خردل را نسبت به کلزا در شرایط تنش ملایم و عدم تنش اعلام داشتند. رقم بومی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

خردل با وجود کاهش معنی دار عملکرد، نسبت به هیبرید Hyola401 عکس العمل بهتری تحت کمبود شدیدآب داشت (جدول ۵)، بطوریکه کاهش عملکرد در کلزا با افزایش کمبود آب از تیمار ۷۰ به ۹۰ درصد، ۸۷۸کیلوگرم بوده است، در حالیکه در تیمار مشابه در رقم بومی خردل کاهش عملکرد ناچیز بود. اقبال و همکاران (Iqubal *et al.*, 2008) و نیک نام و همکاران (Niknam *et al.*, 2003) گزارش کرده اند که تحت شرایط محدودیت رطوبت، ژنوتیپ های خردل کاهش عملکرد کمتری نسبت به لاین های کلزا نشان می دهند که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد.

معنی دار شدن برهمکنش تیمار آبیاری و کود پتاسیم نشان می دهد که روند اختلاف عملکرد در تیمارهای مختلف آبیاری در همه سطوح کود یکسان نبوده است (جدول۴). عکس العمل مثبت عملکرد دانه به مقدار پتاسیم با تشدید وضعیت رطوبتی خاک در شکل یک نشان داده شده است. در تیمار آبیاری ۹۰درصد، اختلاف بین کمترین عملکرد در تیمارعدم مصرف سولفات پتاسیم و بیشترین عملکرد در تیمار ۲۵۰ کیلو گرم در هکتار، ۷۷۹ کیلوگرم بود، در حالیکه اختلاف کمترین و بیشترین عملکرد حاصل از سطوح مختلف کود پتاسیم در تیمار های آبیاری شاهد و ۷۰ درصد به ترتیب ۳۷۲ و۷۲۳ کیلوگرم بود که به نظر می‌رسد در شرایط این آزمایش، بالا بودن رطوبت خاک ناشی از افزایش تعداد آبیاری در تیمار شاهد (عدم تنش) سبب رقیق شدن پتاسیم (ا ثر رقت)گردیده و مانع از تاثیر مثبت آن بر گیاه در فراهمی بالای رطوبت شده باشد. شهید (Shahid, 2006) نیز به تاثیر کمتر مقادیر بالای پتاسیم در شرایط رطوبت بالا اشاره کرده است. چنانکه در جدول ۲ ملاحظه می شود، بافت نسبتا سنگین خاک و بالا بودن ظرفیت نگهداری بعنوان خصوصیات مناسب در حفظ طولانی مدت رطوبت، می‌توانند در تضمین فراهمی رطوبت در مراحل حساس رشدگیاه نقش موثری داشته باشند. چنین وضعیتی درتیمارهای کمبود آب این آزمایش می تواند رخ داده باشد که مشاهدات ظاهری مبنی بر شادابی در طول دوره رشد نیزحاکی از این موضوع بود. با توجه به نتایج می توان استنباط کرد که با کم شدن محتوی آب خاک، جبران افت عملکرد تنها با مصرف پتاسیم امکان‌پذیر می‌باشد، بطوریکه درتیمارکمبود شدید رطوبتی، مصرف ۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم عملکردی بیشتر ازعدم مصرف کود درتیمارکمبود ملایم و عملکردی معادل مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در تیمارکمبود متوسط (۷۰ درصد) به دست آمد که با نتایج (Elhadi,1997, Sharma, 2002, Cakmak, 2002) مطابقت دارد. مصرف مقادیر بالایی ازکود پتاس (۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم) باعث می‌شود تا در خاک خشک غلظت محلول خاک در اطراف ریشه بالا باقی بماند و ضریب انتشاری کمتر آن در خاک خشک با کاهش بیشتر غلظت یون پتاسیم در سطح ریشه جبران شود. بنابراین یک شیب غلظتی بزرگتر برقرار شده و انتقال یون پتاسیم به سمت ریشه بدون تاثیر خشکی خاک تداوم می یابد (Seiffert *et al.*, 1995). علاوه براین با کاهش مقدار رطوبت خاک، تهویه آن افزایش یافته و اکسیژن بیشتری نیز در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد. محققان فراهمی اکسیژن در خاک دارای غلظت بالای یون پتاسیم را دلیل دیگری بر جذب بهتر یون پتاسیم در این خاک ها می دانند (Azizi *et al.*, 1999).

تأثیر تیمارهای آبیاری، گونه و کود پتاسیم بر تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین معنی دار بود (جدول ۴). رقم بومی خردل با میانگین ۱۵۱ خورجین نسبت به هیبرید Hyola401 کلزا از تعداد خورجین بیشتری برخوردار بود (جدول۶)، اما تعداد دانه در خورجین آن کمتر بود. بیشتر بودن تعداد خورجین در خردل بدلیل افزایش تعداد شاخه در بوته آن بود. بیشتر بودن تعداد دانه در خورجین کلزا نیز به علت طویل تر بودن خورجین ها است. ویژگی های مزبور تا حد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

زیادی به ژنتیک ارقام مربوط می باشد. نتایج این تحقیق با نتایج رودی (Roodi, 2005) و نصیری (Nasiri, 2005) نیز که کمتر بودن دانه در خورجین را در خردل گزارش کردند، مطابقت دارد. معنی دارنشدن برهمکنش های عوامل مورد بررسی بر تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین می تواند این موضوع را تقویت نماید که روند تغییرات این صفات مستقل از اثر برهمکنش عوامل در شرایط آزمایش حاضر بوده است (جدول۴). مقایسه میانگین صفات فوق در رژیم آبیاری و کود پتاسیم نشان داد که با افزایش شدت کمبود رطوبتی وافزایش دور آبیاری، از تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین کاسته شد(جدول۵). در آزمایش حاضر پایین بودن تعدادخورجین در بوته در شرایط تیمار ۹۰ درصد بدلیل افزایش شدت و مدت کمبود آب نسبت به تیمارهای دیگر بود، بطوریکه مراحل فنولوژیکی مانند غنچه دهی، گلدهی و نمو خورجین‌ها که در ایجاد خورجین و دانه نقش مهمی دارند، در این تیمار تحت تاثیر محدودیت آب قرارگرفتند. در نتایج پاسبان اسلام و همکاران (Pasban Eslam *et al.*, 2001)، سینکی و همکاران (Sinaki *et al.*, 2007)، رایت و همکاران (Wright *et al.*, 1996) و آل بارک (Albarrak, 2006) به تأثیر منفی محدودیت آب در مراحل غنچه دهی ،گلدهی و خورجین دهی بر تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین اشاره شده است. تشکیل و رشد خورجین به تداوم فراهمی مواد پرورده وابسته است و هرگونه تنشی که فراهمی مواد پرورده را کاهش دهد منجر به کاهش عملکرد از طریق افزایش سقط گلچه، بذر و خورجین می‌شود (Diepenbrok, 2000).

کاهش تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین در تیمار عدم مصرف سولفات پتاسیم نسبت به تیمارهای مصرف پتاسیم قابل توجه بود، بطوریکه این کاهش به ترتیب نسبت به ۲۵۰ کیلوگرم درهکتار ۲۹ و۲۷ درصد و نسبت به ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار، ۲۲ و ۲۰ درصد بود (جدول۵). در توجیه اثرات منفی کمبود پتاسیم در خاک بر اجزای عملکرد کلزا باید به نقش مهم یون پتاسیم در انتقال مواد پرورده حاصل ازفتوسنتز جاری و مواد پرورده ذخیره ای در اندام‌های گیاهی طی انتقال مجدد در شرایط تنش اشاره کرد. هرگاه مقدار یون پتاسیم در گیاه زیاد باشد، احتمالا تولید ATP که برای بارگیری آوندهای آبکش با مواد فتوسنتزی ضرورت دارد، افزایش می‌یابد (Salardini and Mojtahedi, 1989). رستو و همکاران (Rosseto *et al.*, 1998) مشاهده کردند که مصرف پتاسیم تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه نداشت ولی باعث حفظ خورجین های تشکیل شده گردید. معنی‌دار شدن برهمکنش گونه و تیمار های آبیاری وابستگی این دو عامل را در تأثیر بر تعداد دانه در خورجین نشان می‌دهد (جدول۴). یکی ازاجزای عملکرد دانه، تعداد خورجین تشکیل شده در واحد سطح می باشد. تغییرات در تعداد خورجین تشکیل شده تحت تأثیر تیمار های آبیاری،گونه، کود پتاسیم، برهمکنش تیمار های آبیاری وکود پتاسیم قرار گرفته و معنی دار شده است (جدول۴). میانگین تعداد خورجین سقط شده در تیمارهای مختلف رطوبتی نشان می دهد که بیشترین سقط خورجین درتیمار۹۰و۷۰ درصد اتفاق افتادکه نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۴۳ و۳۲ درصد بیشتر بود (جدول ۵). دوره گلدهی و مراحل اولیه نمو خورجین ها یعنی زمان تعیین تعداد خورجین و دانه از نظر نیاز آبی، بعنوان مراحل بحرانی مشخص شده اند، با تامین آب کافی در این مراحل، تعداد خورجین در واحد سطح و تعداد دانه در خورجین افزایش می یابد (Pasban Eslam *et al.*, 2001 and Sinaki *et al.*, 2007). به نظر می رسد که در تیمارهای ۹۰ و۷۰ درصد این مراحل تا حد زیادی تحت تاثیر محدویت رطوبت قرار گرفتند. در تیمار کمبود شدید (۹۰درصد) از ابتدای کاشت تا مرحله غنچه دهی و به ساقه رفتن آبیاری

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

صورت نگرفت. محدودیت رطوبتی در این مراحل منجر به تمایز کمتر تعداد شاخه و تعداد خورجین در شاخه ها شده، همچنین محدودیت آبیاری در مراحلی از گل دهی و خورجین دهی این تیمارها باعث گردید تا تعدادی از خورجین های تمایز یافته در مرحله رویشی به مرحله باروری نرسند و درصد ریزش گل و سقط خورجین در شرایط کمبود رطوبتی افزایش یابد. رائو و مندهام (Rao and Mendham, 1991)گزارش کردند که آبیاری کلزا قبل از گلدهی در مرحله رویشی باعث طولانی شدن دوره گل دهی و افزایش تعداد خورجین‌ها می‌شود که دلیل این موضوع می تواند وجود سطح برگ بیشتر در دوره گلدهی و عرضه بیشتر مواد فتوسنتزی باشد. مقایسه میانگین ها نشان دادکه با مصرف بیشترکود پتاسیم درصد سقط خورجین کاهش یافت (جدول ۵)، بطوریکه در شرایط عدم مصرف پتاسیم نسبت به مصرف بالای پتاسیم (۲۵۰ کیلوگرم درهکتار)، سقط خورجین‌ها۳۵ درصد بیشتر بود. مصرف کود پتاسیم بدلیل اثرگذاری مثبت آن در جهت حفظ رطوبت در گیاه وافزایش طول مدت فتوسنتز بواسطه تدوام سطح سبز برگ در مرحله زایشی، توانسته تا مواد پرورده بیشتری را دراختیار تعداد بیشتری از گلچه‌ها قرار دهد که تاثیرآن در بالا بردن درصد باروری گل و خورجین نسبت به عدم مصرف کود کاملاً مشهود می‌باشد. بر اساس گزارش دوبرمن (Doberman, 2004) در شرایط تنش خشکی، مصرف پتاسیم با بهبود بخشیدن فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و افزایش سرعت تثبیت نیترات در گیاه، باعث افزایش محتوی کلروفیل برگ گردیده ودر نتیجه فرایند فتوسنتز، افزایش دوام سطح برگ و تولید ماده خشک بیشتر تداوم یابد. معنی‌دار شدن اثر متقابل تیمارهای آبیاری × کود پتاسیم نشان از اثر برهمکنش آنها در تأثیر گذاری بر این صفت داشت (شکل۳). نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که تیمارهای آبیاری، گونه و برهمکنش تیمار آبیاری و گونه بر وزن هزار دانه معنی دار بودند (جدول۴). هیبرید کلزا با میانگین ۳/۳۳ گرم نسبت به رقم بومی خردل با میانگین ۲/۷۸ گرم، برتری داشت (جدول۵). تفاوت بین گونه‌ها علاوه بر عوامل ژنتیکی، تابع شرایط مراحل رشدی آخر فصل نیز می تواند باشد. در خردل با توجه به افت در سبزینگی برگ در اواخر فصل رشد نسبت به کلزا ، طول دوره پرشدن دانه کوتاه بوده و فرصت محدودتری برای پرشدن دانه فراهم شده استکه اثر آن در کاهش وزن دانه کاملاً مشهود می باشد. رودی (Roodi, 2005) و نصیری (Nasiri, 2005) نیز وزن هزار دانه کمتری را برای رقم بومی خردل نسبت به هیبرید Hyola401 کلزا گزارش کردند که با نتیجه این آزمایش مطابقت داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در شرایط عدم تنش با میانگین ۳/۳۳ گرم و کمترین آن با ۲/۸۲ گرم در تیمار کمبود ملایم (۷۰ درصد) که با تیمارکمبودشدید (۹۰ درصد) در یک گروه قرار داشت، بدست آمد (جدول۵). بطور کلی وزن دانه تابعی از سرعت و طول دوره پرشدن آن است که از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین می‌شودکه به نظر می رسد در تیمارهای آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ درصد تخلیه رطوبتی، این مولفه ها از سرعت و مدت کمتری نسبت به شرایط عدم تنش برخوردار بودند. سینکی و همکاران (Sinaki *et al.*, 2007) گزارش کردندکه بیشترین کاهش عملکرد دانه تحت تأثیر تنش آبی در مراحل طویل شدن ساقه، گل دهی و نمو خورجین تا حد زیادی به دلیل کاهش تعداد خورجین ها در گیاه و در طی نمو دانه بواسطه کاهش اندازه دانه ایجاد می شود و جبران کمی از طریق وزن دانه وقتی تنش آبی قبل از گلدهی اتفاق افتاد، صورت می گیرد. جونسکرا و همکاران (Gunasekera *et al.*, 2006)، اقبال و همکاران (Iqubal *et al.*, 2008) جنسن و همکاران (Jensen *et al.*, 1996) و رایت و همکاران (Right *et al.*, 1996) در آزمایش های جداگانه

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

نیزکاهش وزن هزار دانه را با افزایش شدت تنش رطوبتی گزارش کرده‌اند. مصرف کود پتاسیم از لحاظ آماری بر وزن هزار دانه تاثیر معنی داری نداشت (جدول۴). مشاهده روند افزایشی در وزن هزار دانه با افزایش مصرف کود پتاسیم (جدول۵) می تواند نشانه وجود پتانسیل افزایش وزن دانه تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی باشد.

کارایی مصرف آب

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری، گونه، کود پتاسیم، برهمکنش گونه و تیمارهای آبیاری و اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کود پتاسیم بطور بسیار معنی‌داری بر کارایی مصرف آب موثر بودند (جدول۴). کارایی مصرف آب با افزایش شدت کمبود آب روند افزایشی داشت، بطوریکه بالاترین کارایی مصرف آب در تیمار ۹۰ درصد با میانگین ۰/۸۶ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد که در قیاس با تیمار شاهد و کمبود ملایم (۷۰ درصد) به ترتیب ۱۶ و ۱۳ درصد افزایش داشت (جدول۶). میزان مصرف آب در تیمارهای آبیاری پس از ۷۰،۵۰ و ۹۰ درصد تخلیه رطوبتی به ترتیب ۴۲۸۶ ، ۳۵۷۱ ، ۲۶۱۹ متر مکعب بود که تفاوت بین آنها معنی‌دار بود (جدول۳). نتایج نشان داد که با کاهش مصرف آب در تیمارهای کمبود آب، عملکرد دانه کاهش اما کارایی استفاده از آب افزایش یافت، بطوریکه میزان صرفه جویی در آب در تیمارهای ۹۰ و ۷۰ درصد به ترتیب ۳۹ و ۱۷ درصد بود. به نظر می‌رسدکه شرایط محدودیت آب بخصوص در ابتدای فصل رویش، می‌تواند در تحریک و گسترش بیشتر سیستم ریشه‌ای موثر باشد، بطوریکه در جذب و استفاده از آب و مواد غذایی طی مراحل بعدی رشد به مراتب نسبت به شرایط عدم تنش و آبیاری زیاد، کارایی بیشتری داشته باشد. آل بارک (Albarak, 2006) و عزیزی و همکاران (Azizi *et al.*, 1999) کاهش کارائی مصرف آب را با افزایش شدت تنش درآزمایش های خود گزارش کردند که با نتایج بدست آمده از این آزمایش مطابقت نداشت. گونه های مختلف از جهت کارایی مصرف آب واکنش متفاوتی داشتند که به نظر می‌رسد این تفاوت بین گونه‌ها حاکی از اختلاف ژنتیکی آنها باشد.کلزا با میانگین ۰/۸۴ کیلوگرم بر متر مکعب نسبت به خردل با میانگین ۰/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب در یک گروه بالاتر قرار داشت (جدول ۵). گزارشات مبنی بر اینکه خردل تحت شرایط دشوار بهتر از کلزا بوده (Iqbal *et al.*, 2008 و Wright *et al.*, 1996) اما تحت شرایط مناسب رطوبتی برتری نسبت به کلزا ندارد (Niknam *et al.*, 2003)، می تواند با استناد به اختلافات ژنتیکی و محیط کشت قابل تفسیر باشد. رودی (Roodi, 2005) و نصیری (Nasiri, 2005) نتیجه مشابهی را برای رقم بومی خردل نسبت به هیبرید Hyola401 کلزا گزارش کردند. جونسکرا و همکاران Gunasekera (*et al.*, 2006) نیز کارایی پایینی را در تبدیل ماده خشک به عملکرد دانه برای خردل گزارش کردند. در این آزمایش با مصرف بیشتر پتاسیم، کارایی مصرف آب افزایش یافت (جدول۵). کارایی مصرف آب در سطح ۲۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم نسبت به تیمار شاهد و ۱۵۰کیلوگرم در هکتارسولفات پتاسیم، به ترتیب ۲۲ و ۱۰ درصد افزایش داشت. یکی از نقش‌های عنصر پتاسیم، تسریع انتقال مواد پرورده فتوسنتزی از منابع به مخازن و اندام های در حال رشد می باشد (Salardini and Mojtahedi, 1990 and Marschner, 1995) بطوریکه سودمندی این انتقال علاوه بر اندام های هوایی به اندام های زیر زمینی نیز تعلق خواهد داشت و تأثیر مثبت آن بر ریشه در شرایط تنش می‌تواند،گسترش بیشتر ریشه باشد که در تیمار شاهد چنین وضعیتی ممکن است بصورت کم و یا ضعیف اتفاق افتاده باشد.

هاتفیلد و همکاران (Hatfield *et al.*, 2001) افزایش کارایی مصرف آب در گیاه را از طریق مدیریت تغذیه

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

جدول۴- تجزیه واریانس صفات گیاهی در دو گونه کلزا و خردل هندی درتیمارهای آبیاری و کود پتاسیم

Table 4. Analysis of variance for plant characteristics of canola and Indian mustard in irrigation and potassium fertilizer treatments

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	تعدادخورجین در بوته Silique. Plant^{-1}	تعداددانه در خورجین Grain. silique^{-1}	وزن هزاردانه 1000 grain weight	تعداد خورجین سقط شده در بوته Aborted silique. Plant^{-1}	شاخص برداشت HI	کارایی مصرف آب Water use efficiency
Replication	تکرار	2	58746.7 ^{ns}	182 ^{ns}	31.907 ^{ns}	0.022 ^{ns}	21.63 ^{ns}	1.144 ^{ns}	0.005 ^{ns}
Species (S)	گونه	1	3572302.2**	2446.96 *	136.963**	4.16 **	25.352 *	194.560**	0.229**
Irrigation (I)	آبیاری	2	3163698.6**	7393.55 **	165.852**	1.18 **	420.130**	6.616**	0.089**
S × I	گونه× آبیاری	2	971865.3**	524.52 ^{ns}	11.630**	0.562 *	3.574 ns	46.116**	0.07**
Potassium (P)	پتاسیم	2	1756151**	11058.16 **	176.074**	0.442 ns	239.130**	14.782**	0.170**
S × P	گونه× پتاسیم	2	24322.7^{ns}	119.907 ^{ns}	0.963 ^{ns}	0.127 ^{ns}	0.907 ^{ns}	1.282 ^{ns}	0.002 ^{ns}
I × P	آبیاری× پتاسیم	4	78027.5*	405.972 ^{ns}	1.463 ^{ns}	0.203 ^{ns}	44.269**	1.449 ^{ns}	0.017**
I × P× S	آبیاری× پتاسیم×گونه	4	12180.6^{ns}	543.380 ^{ns}	1.463 ^{ns}	0.113 ^{ns}	0.546^{ns}	1.671 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Error	خطا	34	28874.1	359.255	1.221	0.181	4.885	0.889	0.003
C.V (%)	ضریب تغییرات (درصد)		6.37	13.15	5.69	13.94	11.92	3.76	6.69

ns: Non-significant

ns: غیرمعنی دار

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

*و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

جدول۵- مقایسه میانگین‌های صفات گیاهی دو گونه کلزا و خردل هندی درتیمارهای آبیاری و کود پتاسیم

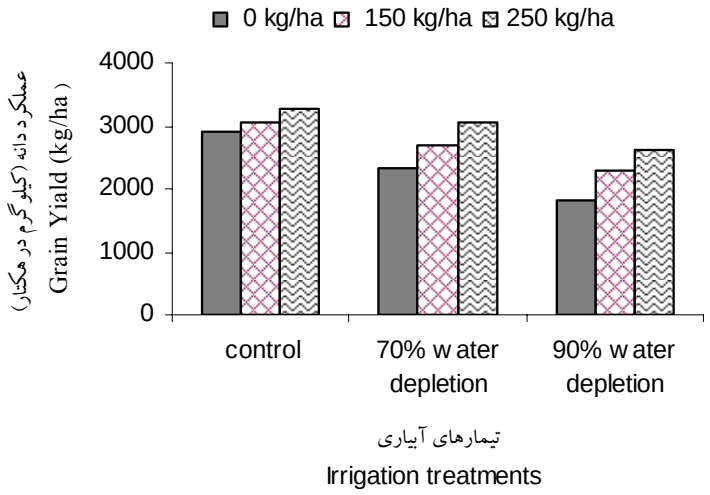
Table 5. Mean comparison of plant characteristics of canola and Indian mustard in irrigation and potassium fertilizer tretments

Treatment	تیمار	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	تعدادخورجین در بوته Silique. $Plant^{-1}$	تعداددانه در خورجین Grain. $Silique^{-1}$	وزن هزاردانه 1000 grain weight (g)	تعداد خورجین سقط شده در بوته Aborted silique. $Plant^{-1}$	شاخص برداشت HI (%)	کارایی مصرف آب WUE ($kg.m^{-3}$)
Canola (C1)	کلزا	2924 a	137 b	21a	3.33 a	19 a	27 a	0.84 a
Indian mustard (C2)	خردل هندی	2409 b	151 a	18b	2.78 b	18 b	23 b	0.71 b
Irrigation	آبیاری							
Control	شاهد(S1)	3078 a	161a	23 a	3.33 a	13 c	26 a	0.72 b
70 % Depletion (S2)	۷۰ درصد تخلیه	2682 b	149a	19 b	2.82 b	19 b	25 a	0.75 b
90 % Depletion (S3)	۹۰ درصد تخلیه	2240 c	122b	17 c	3 c	23 a	24 b	0.85 a
Potassium	پتاسیم							
Control (K0)	شاهد	2351 c	117c	16 c	2.89 a	23 a	24 b	0.68 c
150 $kg.ha^{-1}$ (K1)	۱۵۰کیلوگرم در هکتار	2673 b	150b	20 b	3.09 a	18 b	25 a	0.78 b
250 $kg.ha^{-1}$ (K2)	۲۵۰کیلوگرم در هکتار	2975 a	166a	22 a	3.2 a	15c	26 a	0.87 a
Interaction effect	اثر متقابل							
C1* S1		3428 a	161 a	25 a	3.42 a	14 a	28 a	0.80 b
C1* S2		3111 b	138 a	21 b	3.27 a	20 a	28 a	0.87 ab
C1* S3		2233 d	114 a	18 c	3.31 a	24 a	24 b	0.85 ab
C2* S1		2728 c	162 a	21 b	3.24 a	13 a	23 c	0.64 c
C2* S2		2253 d	161 a	16 d	2.39 b	18 a	22 c	0.63c
C2* S3		2247 d	129 a	16 d	2.7 b	22 a	24 b	0.86 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار آماری ندارند

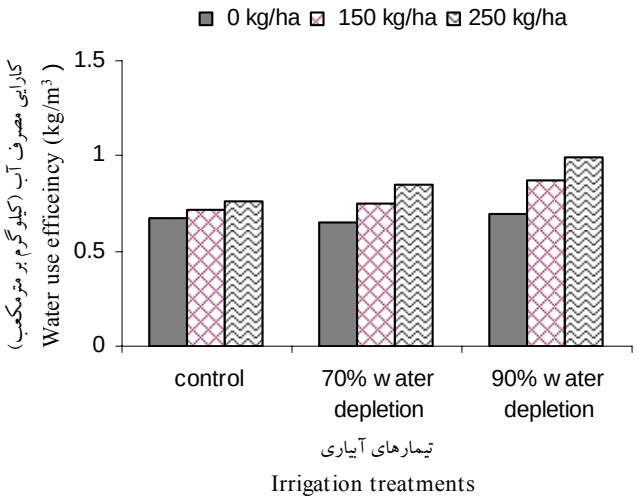
Means in each column followed by the similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]



شکل۱- اثر متقابل تیمار های آبیاری و کود پتاسیم بر عملکرد دانه کلزا وخردل هندی

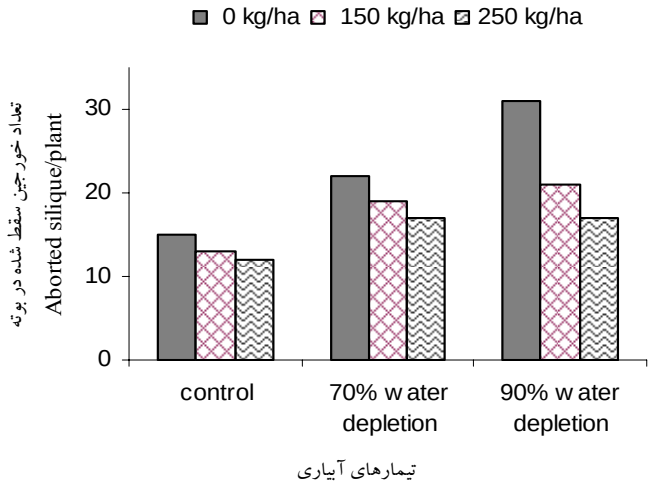
Fig 1. Interaction effect of irrigation treatments and potassium fertilizer on grain yield of canola and Indian mustard



شکل۲- اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کود پتاسیم بر کارایی مصرف آب کلزا وخردل هندی

Fig.2. Interaction effect of irrigation treatments and potassium fertilizer on water use efficiency of canola and Indian mustard

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]



شکل۳- اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کود پتاسیم بر تعداد خورجین سقط شده در بوته درکلزا وخردل هندی

Fig.3. Interaction effect of irrigation treatments and potassium fertilizer on aborted siliques. plant^{-1} in canola and Indian mustard

امکان پذیردانستند. مقایسه میانگین برای برهمکنش گونه و رژیم آبیاری نشان داد که بالاترین کارایی مصرف با میانگین ۰/۸۶ کیلوگرم بر متر مکعب به تیمارهای کلزا در تنش رطوبتی ملایم (۷۰ درصد) و خردل در تنش شدید (۹۰ درصد) بدست آمد (جدول۵). نتایج مبین آن است که بین گونه ها و شدت کمبود آب همبستگی وجود دارد، بطوریکه با افزایش شدت کمبود آب، خردل در بهره برداری واستفاده بهینه از نهاده آب نسبت به کلزا کارآمدتر می باشد (Wright *et al.*, 1996 and Iqubal *et al.*, 2008)، اما پتانسیل ژنتیکی خردل در تولید دانه نسبت به کلزا پایین‌تر می‌باشد (Gunasekera *et al.*, 2006). برهمکنش تیمارهای آبیاری و کود پتاسیم نشان دهنده وابستگی این دو عامل درجهت تعدیل اثر تنش و استفاده بهتر از نهاده ها بخصوص رطوبت بوده، بطوریکه افزایش کارایی مصرف آب در شرایط کمبود شدید (۹۰ درصد) و مصرف کود پتاسیم بالا (۲۵۰کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۰/۹۹ کیلوگرم بر متر مکعب، تاییدکننده این موضوع است (شکل۲). با افزایش مصرف پتاسیم، از میزان آب لازم برای تولید هر کیلوگرم دانه کاسته شد. حداکثر و حداقل تاثیر پتاسیم بر کارایی مصرف آب به ترتیب در تیمار های آبیاری ۹۰ درصد و شاهد وجود داشت. استفاده از سطح پتاسیم بالا ، کارائی مصرف آب را در رژیم های آبیاری شاهد،۷۰، ۹۰ درصد به ترتیب ۱۱/۲ ، ۲۶ و ۳۰ درصد بهبود بخشید که نشان دهنده تاثیر بارز موجودی پتاسیم خاک برکارایی مصرف آب می باشد. نتایج بدست آمده از این تحقیق با یافته‌های مندل و همکاران (Mendal *et al.*, 2006) و اندرسن و همکاران (Andersen *et al.*, 2000) که گزارش کردند، مصرف عناصر غذایی می‌تواند یک نقش مهم را برای افزایش کارایی مصرف آب گیاهان ایفاء نماید، مطابقت دارد. در شرایط کمبود پتاسیم، گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی بسیار حساس می گردند (Cakmak, 2002).

شاخص برداشت

نتایج نشان داد شاخص برداشت تحت تاثیرتیمار آبیاری، گونه، کود پتاسیم و اثر متقابل آنها قرار داشت و در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. (جدول۴)، به طوری که با شدت گرفتن کمبود آب، شاخص برداشت روند کاهشی نشان داد (جدول۵) و

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

بالاترین مقدار آن در تیمار شاهد با ۲۶ درصد به دست آمد. به نظر می‌رسد که محدودیت رطوبتی ایجاد شده در شرایط آزمایش به گونه‌ای بوده که رشد اندام رویشی و عملکرد دانه را به یک نسبت تحت تاثیر قرار داده است. والتون و همکاران (Walton *et al.*, 1999) کاهش شاخص برداشت را تحت تاثیر شرایط تنش خشکی ناشی از تشکیل ضعیف خورجین دانستند.

گزارشات سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 1991) نیز حاکی از کاهش شاخص برداشت تحت تنش رطوبتی بود. بین دو گونه کلزا وخردل از جهت شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جداول۴و۵). شاخص برداشت تا حدزیادی به قابلیت گیاه در تبدیل و اختصاص ماده خشک به اندام اقتصادی (دانه) مرتبط می باشد که کلزا از این جهت نسبت به خردل برتری داشت. جونسکرا و همکاران (Gunasekera *et al.*, 2006) گزارش کردند که خردل در مقایسه با کلزا، علیرغم تولید ماده خشک بیشتر، ازکارایی پایینی در تبدیل ماده خشک به دانه برخوردار بود، بطوریکه شاخص برداشت پایینی نسبت به کلزا داشت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف پتاسیم تا۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، شاخص برداشت نیز افزایش یافت (جدول۶) ، بطوریکه نسبت به عدم مصرف پتاسیم هشت درصد افزایش نشان داد. میانگین برهمکنش گونه وتیمارهای آبیاری بر شاخص برداشت نشان داد که بالاترین شاخص برداشت با میانگین ۲۸ درصد در کلزا و درشرایط عدم تنش وکمبود ملایم و کمترین مقدار آن با میانگین ۲۲ درصد در خردل وکمبود ملایم به دست آمد (جدول۵).

نتیجه گیری

در روش کم آبیاری (وارد کردن تنش‌های آبی مناسب) با کاهش آب مصرفی و تعیین حد بهینه آن، به ظاهر ممکن است عملکرد در واحد سطح کاهش یابد، اما با تامین آب در مواقع بحرانی و کاهش هزینه های استحصال، انتقال، و توزیع آب سود خالص بیشتری عاید خواهد شد. علاوه بر آن، با استفاده از آب صرفه جویی شده می‌توان اراضی بیشتری را زیر کشت برد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که افزایش مصرف پتاسیم تا ۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار در سطوح مختلف رطوبتی در هر دوگونه گیاهی باعث افزایش عملکرد دانه شد، امامیزان افزایش عملکرد دانه در شرایط تامین رطوبت، با افزایش کود پتاسیم از شیب نسبتا ملایمی برخوردار بود، بطوریکه در شرایط تنش، اثر پتاسیم در افزایش عملکرد وکاهش اثرات منفی تنش به مراتب نسبت به شرایط مساعد رطوبتی بالاتر بود. علیرغم معنی دار نبودن برتری خردل در شرایط این آزمایش که تا حد زیادی به پایین بودن پتانسیل ژنتیکی تولید آن نسبت به کلزا بر می‌گردد، میزان افت عملکرد آن در شرایط تنش نسبت به کلزا کمتر بود که می‌تواند بعنوان گزینه‌ای مناسب برای شرایط با محدودیت رطوبتی مدنظر قرار گیرد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در شرایط آبی و خاکی منطقه سیستان که تحت تاثیر تنش‌های غیر زنده محیطی بویژه خشکی می‌باشد، مصرف کود پتاسیم در تعدیل خسارات ناشی از تنش خشکی بر گیاه کلزا بسیار موثر خواهد بود.

سپاسگزاری

از مدیریت محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان و همکاران بخش تحقیقات خاک و آب ، اصلاح و تهیه نهال و بذر و آزمایشگاه گروه زراعت دانشگاه زابل که نهایت همکاری را در انجام این تحقیق به عمل آوردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

References منابع مورد استفاده

Alizadeh, A. 2004. Plant, soil and water relation.The Jiehad University Press of Mashhad. pp.55 (In Persian).

Albarrak, Kh. M. 2006. Irrigation Interval and nitrogen level effects on growth and yield of Canola (*Brassica napus* L.). Sci. J. King Faisal University. 7: 87-99.

Andersen, M. N., C.R. Jensen and R. Losch. 1992.. The interaction effects of potassium and drought in field-grown barley. I. Yield, water-use efficiency and growth. Soil Plant Sci. 42: 34-44.

Azizi, M., A. Soltani and S. Khavari. 2000. Canola, production and physiology. The Jiehad Daneshghahi Mashhad Press. pp: 73 (In Persian).

Azizi, M., M. H. Rashedmohasel, A. Kocheky, A. Rahimian and M. R. Ahmady. 1999. Effect of different irrigation regimes and potassium fertilizer on Agronomy, Physiological and Biochemical Characteristics of Soybean. Ph.D. thesis. Ferdowsi University of Mashhad. pp .85.

Brey, E. A. 1997. Plant response to water deficit. Trend in Plant Sci. 2:48-54.

Bray, E. A., J. Baileyserres and E. Weretilnyk. 2000. Responses to abiotic stresses, in Buchanan, B., Gruissem, W., Jones, R.: Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Am. Soc. of Plant Physiol. pp.1158-1203.

Burton, W. A., S.J. Pymer, P.A. Salisbury, J.T.O. Kirk and R. N. Oram. 1999. Performance of Australian canola quality *Brassica juncea* breeding lines. In: N. Wratten and P.A. Salisbury, Editors, 10th International Rapeseed Congress. pp. 113-115.

Cakmak, I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant Soil. pp.3-24.

Cakmak, I. 2005. K alleviates detrimental effects of abiotic stresses in plants J. Plant Nutr. 168: 521-530.

Carmody, O. 2001. Why grow canola in the central grain belt. Bulliten 4492, Agricultural Western Australia, South Perth, Australia.

Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape. Field Crops Res. 67: 35-49

Doberman, A. 2004. Crop potassium nutrition implications for fertilizer recommendations. Department of Agronomy and Horticulture, University of Nebraska, Lincoln, NE. pp:1-12.

Downey, R. K. 1990. Canola: A quality brassica oilseed. J. Agric. Res.15: 211-215.

Elhadi, H., K. M. Ismail and M. A. Akahawy. 1997. Effect of potassium on the drought resistance of crops in Egyptian conditions. In: Food Security in the WANA Region, the essential need for balanced fertilization. International Potash Institute, Basel. pp. 328-336.

Gunasekera, C. P., L. D. Martin, R. J. French, K. H. M. siddique and G .Walton. 2003. Effects of water stress on water relations and yield of Indian mustard (*Brassica juncea*. L.)and canola (*Brassican nupus*. L). 11th

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

Australian Agronomy Conference.Sydney, Australia.

Gunasekera, C. P., L. D. Martin, K. H. M. Siddique and G. H. Walton .2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (Brassica. napus L.) in Mediterranean-type environments: 1. Crop growth and seed yield. European J. of Agron. 25: 1-12.

Hatfield, J. L., J. S. Thomas and H. P. John. 2001. Managing soil to achieve greater water use efficiency: A review, Agron. J. 93: 271–280.

Iqubal, M., N. Akhtar, S. Zafar and I. Ali. 2008. Genotypes responses for yield and seed oil quality brassica species under semi-arid environmental conditions. South African J. of Bot. 74:567-571

Jensen, C. R., V. O. Mogensen, J. K. fieldsen and J. H. Thage. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field-grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Res. 47: 93-105.

Jianwei , L., J. Zou and F. Chen. 2007. Effect of phosphorus and potassium application on rapeseed yield and nutrients use efficiency. Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress. Wuhan, China. pp: 202-205

Marschner, H . 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press San Diego, USA.

Mandal, K. G., K. M. Hatia, A. K. Misraa and K. K. Bandyopadhyay. 2006. Assessment of irrigation and nutrient effects on growth, yield and water use efficiency of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) in central India. Agric. Water Manage. pp: 279-286.

Mengel, K., E. A. and M. Kirkby. 2000. Principles of plant nutrition. 5th ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Nasiri, B. 2005. The results of rapeseed agronomic research. Oilseed Reserch Department. Seed and Plant Improvement Institute. pp: 28 (In Persian).

Niknam, S. R., Q. Ma and D. W. Turner. 2003. Osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and Brassica juncea genotypes in a water-limited environment in south-western Australia. Aust. J. Exp. Agric. 43:1127-1135.

Nielsen, D.C., 1997. Water use and yield of canola under dry land conditions in the centeral great planins. Agriculture.10: 307-313.

Palavan, M. R., A.Forghani and GH. A. Kiekha . 2006. Preparation of Sistan plain fertility numerical map .Annual report project of Agricultural and natural resources research center of Sistan. pp:1-20 (In Persian).

Passban Eslam, B., M. R. Shkiba, M. R. Neishabori, M. Moghaddam, and M. R. Ahmadi. 2000 . Effects of water stress on quality and quantity characteristics of rapeseed. Iranian J. Agric. Sci. 10: 75-85 (In Persian with English abstract).

Rao, M. S., and N.J. Mendham. 1991. Comparison of *Brassica campestris* and *Brassica napus* oilseed rape using

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

different growth regulators, plant population densities and irrigation treatments. J. Agri. Sci.117: 177-187.

Reddy, A. R., K. V. Chaitanya, and M. Vivekanandanb. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J. Plant Physiol. 161: 1189–1202.

Roodi, D. 2005. The results research agronomic of rapeseed . Oilseed Reserch Department. Seed and Plant Improvement Institute Press. pp: 8 (In Persian).

Rosseto, C. A. V., J . Nakagawa and C. A. Rosolem . 1998. Rapeseed yield as affects by potassium fertilization and harvest time. Revista Brasileira De-Ciencia-Do-Solo. 22: 87-94.

Sallardini, A. and M. Mojtahedi. 1989. Principals of plant nutrition. Tehran University Press Center. pp: 58 (In Persian)

Seifferts S., J. Kieslowski , and N. Classen. 1995. Observed and calculated potassium uptake by maize as affected by soil water content and bulk density. Agron. J. 87:1070-1077.

Shahid, U. 2006. Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application. Pak. J. Bot., 38: 1373-1380.

Sharma, H. C. 2002. More potash is needed for high yield and quality of oilseeds crops in India. Indian J. Agric. Sci. 60: 205-210.

Sinaki, J. M, E, Majidi Heravan, A. H. Shirani Rad, Gh. Noormohammadi and Gh. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 2: 417- 422.

Singh, P. K., A. K. Mishra and M. Imtiyaz. 1991. Moisture stress and the water use efficiency of mustard. Agric.Water Manage. 20: 245–253.

Shirani Rad, A. H and A. Deshiri. 2002. Planting giued , preserveing and harvesting of Canola. Agricultural Education Press. pp: 25 (In Persian).

Wright, P. R., J. M. Morgan and R. S. Jessop. 1996. Comparative adaptation of canola (Brassica napus) and Indian mustard (B.juncea) to soil water deficits: plant water relations and growth. Field Crops Res. pp. 51–64.

Walton, G., N. Mendham, M. Robertson, and T. Potter.1999. Phenology, Physiology and Agronomy.
10th International Rapeseed Congress. Canaberra. Australia.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0]

Effect of potassium fertilizer and irrigation levels on grain yield and water use efficiency of rapeseed (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) species

Fanaei[1], H. R., M. Galavi[2], M. Kafi[3], A. Ghanbari Bonjar[4], and A. H.Shirani-Rad[5]

ABSTRACT

Fanaei , H. R., M. Galavi, M. Kafi, A. Ghanbari Bonjar, and A. H.Shirani-Rad 2009. Effect of potassium fertilizer and irrigation levels on grain yield and water use efficiency of rapeseed (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) species. **Iranian Journal of Crop Sciences. 11 (3): 271-289 (in Persian).**

To study the effect of potassium fertilizer under different irrigation levels on grain yield and water use efficiency of two rapeseed (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) a field experiment was conducted in a factorial experiment using randomized complete block with three replications at Zahak field station, Agricultural and Natural Resources Research Center of Sistan in 2007-2008 cropping season. Three irrigation levels including (S_1=irrigation after 50 percentage depletion of soil water (control), S_2 =irrigation after 70 percentage depletion of soil water and S_3 =irrigation after 90 percentage depletion of soil water), two Brassica species (Hyola401 Hybrid and a landrace of Indian mustard) and three levels of potassium fertilizer (K_0=0 ,K_1=150 and K_2= 250 kg.ha^{-1} K_2SO_4) comprised the experimental factors. Results showed that the effects of irrigation levels, Brassica species and potassium fertilizer on grain yield, number of silique.plant^{-1}, number of grain.silique^{-1}, number of aborted silique. Plant^{-1}, 1000 grain weight and water use efficiency was significant. Considering grain yield and water use efficiency Hyola401 performed better than Indian mustard landrace by 17% and 15%, respectively. Production efficiency of rapeseed was higher in this experimental condition. With increasing stress intensity, grain yield reduced and water use efficiency increased significantly. Grain yield in severe water stress treatment (S_3) was 27% lower than the control (S_1), however, water use efficiency increased by 16%. Increasing water use efficiency reduced water used in S2 and S3 treatments by 7% and 39% as compared with control (S1). With increasing potassium application rate, negative effect of water stress on grain yield was ameliorated and grain yield improved. Application of 250 kg.ha^{-1} of potassium increased grain yield and water use efficiency by 21% and 22%, respectively. Interaction of irrigation × potassium application was significant for grain yield, water use efficiency and number of aborted silique.plant^{-1}, but not for the other traits. The results also showed that in S_3 treatment differences between lowest grain yield at K_0 and highest grain yield at K_2 was 779 kg.ha^{-1} which was 52% greater than the control. Results of this study showed that potassium application can positively affect grain yield and water use efficiency of rapeseed in severe and mild stress conditions. It is concluded that potassium application was effective on plant growth and formation of economic yield in conditions of Sistan region by ameliorating damages caused due to water stress.

Key words: Grain yield, Indian mustard, Potassium fertilizer, Rapeseed and Water Use Efficiency.

Received: August, 2007

1- Ph.D. Student, Zabol University and Faculty member of Agriculture and Natural Resources Research Center of Sistan, Zabol, Iran (Corresponding author)

2- Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran

3- Prof., Ferdowsi University, Mashhad, Iran

4- Associate Prof., Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran

5- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran