

## اثر نیتروژن و شوری آب آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب کلزا در سطوح مختلف رطوبت خاک

مهرداد چاخارلو<sup>۱</sup>، سینا بشارت<sup>۲\*</sup>، وحید رضا وردی نژاد<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۹

### چکیده

بحران آب از یک طرف و شوری شدن اراضی از طرف دیگر، بخش کشاورزی را با چالش‌های جدی روبرو ساخته است. هدف این تحقیق، بررسی اثرهای سطوح کود نیتروژن بر عملکرد و بهره‌وری آب کلزای پاییزه (*Brassica Napus*) و رقم اکاپی در شرایط تنش خشکی و شوری در حوزه دریاچه ارومیه می‌باشد. این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه اجرا شد. آبیاری به عنوان فاکتور اول در سه سطح، آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه‌ای، ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای، شوری در سه سطح، بدون تنش شوری، آبیاری با آب ۷ و ۱۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر و نیتروژن در سه سطح به ترتیب با مقادیر ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، اعمال گردید. بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری تا ظرفیت مزرعه، نیتروژن ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و بدون تنش شوری و کمترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری تا ۵۰٪ ظرفیت زراعی، ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۱۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر شوری به ترتیب با مقادیر ۴/۴۵ و ۰/۵۹ تن در هکتار بدست آمد. بیشترین مقدار این شاخص در تیمار آبیاری تا ظرفیت مزرعه، نیتروژن ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و بدون تنش شوری، و کمترین آن در تیمار آبیاری تا ۵۰٪ ظرفیت زراعی، ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۱۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر شوری به ترتیب برابر با ۸/۵ و ۱/۲ تن در هکتار حاصل شد. بر اساس نتایج، استفاده از کود نیتروژن می‌تواند اثرهای سوء تنش شوری را تا حد زیادی جبران نماید. در بین صفات اندازه‌گیری شده در این تحقیق، ارتفاع بوته، کمترین تغییر معنی‌دار را در برابر انواع تنش‌های آبی و شوری از خود نشان داد. افزایش غلظت نمک در آب، سبب، کاهش بهره‌وری آب گردید.

**واژه‌های کلیدی:** راندمان آب، کارایی مصرف آب، کم‌آبی، نمک، کود

چاخارلو م.، بشارت س.، رضا وردی نژاد و. ۱۳۹۹. اثر نیتروژن و شوری آب آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب کلزا در سطوح مختلف رطوبت خاک. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۸، شماره ۴. صفحه: ۱۱۶-۱۳۰.

۱- دانشجوی دکتری گروه آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار گروه علوم مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)

۳- استاد گروه علوم مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

\* پست الکترونیک: [s.besharat@urmia.ac.ir](mailto:s.besharat@urmia.ac.ir)

## مقدمه

از آنجا که بیش از ۹۰٪ روغن مصرفی در ایران از طریق واردات و تنها کمتر از ۱۰٪ از تولید داخلی تامین می‌شود، تولید دانه‌های روغنی در سالهای اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (Shabani *et al.*, 2010). کلزا پس از نخل روغنی و سویا، سومین گیاه روغنی یکساله جهان است که به خاطر روغن خوراکی آن کشت شده و به راحتی در تناوب با غلات قرار می‌گیرد (FAO, 2013; Tunçtürk *et al.*, 2011; Shekari *et al.*, 2015). در شرایط تنش خشکی، مقدار اسید چرب اشباع دانه کاهش می‌یابد (Sun *et al.*, 2013). هونار و همکاران (Honar *et al.*, 2012) نشان دادند که تیمارهای دیم و تنش، در مرحله رسیدگی دانه با عملکردهای ۷۵۰ و ۳۰۵۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد محصول کلزا به شمار آمدند. تنش در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین، کمترین اثر را بر وزن خشک داشت. گئورگ و همکاران (George *et al.*, 2018) نشان دادند که با استفاده از روش‌های مدیریت زراعی ایده‌آل، آب مورد نیاز برای دستیابی به مقادیر قابل قبول اقتصادی کانولا در کالیفرنیا، تقریباً ۴۰۰ میلی‌متر خواهد بود. جهان‌دیده و همکاران (۱۳۹۹) تأثیر کاربرد همزمان اسید هیومیک و کود فسفر بر شاخصهای رشد رویشی و فراهمی فسفر در کلزا را بررسی کرده و نشان دادند کاربرد اسید هیومیک میتواند باعث افزایش شاخصهای رشد رویشی و فراهمی فسفر در گیاه کلزا شود (جهان‌دیده و همکاران، ۱۳۹۹). خادم مقدم و همکاران (۱۳۹۴) تأثیر تیمارهای کودی پتاسیم را در جذب عناصر مختلف روی کلزا در شرایط تنش شوری را بررسی کرده و نشان دادند رقم ساری گل نسبت به رقم لیکورد مکانیسم متفاوتی را در برابر تنش شوری از خود نشان می‌دهد و گونه مقاومتری می‌باشد. گئورگ و همکاران (George *et al.*, 2018) در یافتند که نتایج حاصل از مصرف آب توسط کلزا که با داده‌برداری میدانی اندازه‌گیری شده بود، با نتایج شبیه‌سازی شده توسط *APSIM* اختلاف معنی‌داری نداشته است و این نشان از دقت بالای مدل *APSIM* در برآورد میزان آب مصرفی این گیاه دارد. وایت و همکاران (White *et al.*, 2019) نشان دادند که مشاهدات رطوبت خاک حاصل از ماهواره‌های میکروویو منفعل مانند *SMOS* ممکن است

نشانگر موثر عملکرد محصول، به ویژه در مناطق دارای شرایط رطوبت بیش از حد باشد. در تحقیق دیگری باتاچاری نمود که مسئله آب برای پایداری زیست محیطی کشاورزی بسیار مهم است. چرا که ۶۰ درصد از کشاورزی در مناطق نیمه‌خالی قرار دارد و برنامه‌های آبرسانی منظم برای تکمیل چرخه رشد محصولات ضروری است (Bhattachary, 2019). فرهنگی آبریز و همکاران (Farhangi-Abriz *et al.*, 2018) نشان دادند که شوری، وزن، قطر ریشه، تراکم، وزن خشک ساقه، نسبت ساقه به ریشه و رطوبت ریشه را کاهش داد، اما طول ریشه و وزن ریشه را افزایش داد (Farhangi-Abriz *et al.*, 2018). صفوی فرد و همکاران (Safavi Fard *et al.*, 2018) نشان دادند که رقم هیبرید هایولا ۴۰۱ برای دوره‌هایی با تنش خشکی طولانی مدت بسیار مقاوم می‌باشد. ناصری و همکاران (Nasari *et al.*, 2012) نشان دادند که صفات مطالعاتی تغییرات قابل توجهی با شوری داشتند. بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی، طول ریشه اصلی و طول ساقه اولیه به دست آمده به ترتیب در تیمارهای شاهد و ۱۲ میلی‌موس بر سانتیمتر بدست آمدند. وایت و همکاران (White *et al.*, 2019) نشان دادند که با تغییر *CLL*، *KL* و *XF* در مدل آفتابگردان *APSIM*، آفتابگردان *SY* و *DM* می‌تواند برای خاک‌های شوری شبیه‌سازی شده و تغییر *KL* به شیوه شبیه‌سازی باشد. تانچ‌تورک و همکاران (Tunçtürk *et al.*, 2011) نشان دادند که شوری موجب کاهش وزن قطعات سبز شد و بالاترین غلظت یون سدیم و کلر، در نمونه برگ و شاخه مشاهده شد. تحت شرایط شوری، ارقام *Regent* و *Lirawell* بالاترین میزان پتاسیم و کلسیم را با توجه به مقدار پتاسیم، در برگ‌های خود ذخیره نمودند. تیمار سدیم کلرید روی رشد ارقام کلزا قابل توجه نبود. یوسفی و همکاران (Yusefi *et al.*, 2018) نشان دادند که در شرایط آبیاری نرمال، با افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه نیز افزایش یافت. الهویتی و آسفور (El-Howeity & Asfour, 2012) نشان دادند با افزایش مقدار کود نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا افزایش می‌یابد. النخلای و باخاشوین (Bakhashwain, 2009 & El-Nakhlawy) بیان کردند که کاربرد کود نیتروژن میزان ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، وزن هزاردانه، وزن دانه بر گیاه و

در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ روی گیاه کلزا رقم اکاپی انجام شد. استان آذربایجان غربی با احتساب دریاچه ارومیه، حدود ۴۳۶۶۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. این استان که در شمال غرب ایران است، ۲/۶۵ درصد از مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد و بین ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی (از خط استوا) و ۴۴ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی (از نصف‌النهار گرینویچ) و با ارتفاع ۱۲۶۷ متر از سطح دریا قرار گرفته است (Neshati Rad *et al.*, 2014).

#### آمار اقلیمی

طبق آمار هواشناسی سازمان هواشناسی استان آذربایجان غربی، مقدار بارش ماهانه بر حسب میلی‌متر و متوسط دمای هوا بر حسب درجه سانتی‌گراد در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ که از مهر ماه سال ۹۵ شروع و در تیرماه ۱۳۹۶ به پایان رسید، در جدول ۱ آورده شده است (Neshati Rad, 2013).

مقدار پروتئین را افزایش می‌دهد. با توجه به کاهش منابع آب و نیز شور شدن اراضی کشاورزی در حوزه دریاچه ارومیه، امکان کاشت محصولات زراعی کمتر و کمتر می‌گردد. برای اینکه بتوان مشکلات ناشی از این عوامل را مدیریت نمود، شناخت محصولات سازگار با این شرایط و نیز کشف راه‌های بهره‌وری حداکثر این محصولات لازم است. لذا هدف تحقیق حاضر، بررسی اثرهای سطوح کود نیتروژن روی عملکرد و بهره‌وری آب کلزای پاییزه در شرایط تنش خشکی و شوری در حوزه دریاچه ارومیه می‌باشد. لذا تحقیق حاضر سعی بر این دارد که راه‌های بهره‌وری حداکثر کلزا که یکی از پر مصرف‌ترین محصولات زراعی پس از آفتابگردان از نظر تولید دانه‌های روغنی می‌باشد را در شرایط کم‌آبی حوزه معرفی کند.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

آزمایش در استان آذربایجان غربی و در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه و

جدول ۱- مقادیر بارش و میانگین دمای ماهانه در ایستگاه تحقیقاتی نازلو در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵

Table 1. Mean values of precipitation and monthly temperature at Nazloo Research Station in 2015-2016

Month	August	September	October	January	February	March	April	May	June	July
Rain (mm)	12.6	71.8	62.6	11.8	51.5	21.2	21	35.2	29.9	0
Av. Temp °C	16.1	10	3.57	-1.42	3.77	6.15	11.1	13.5	18.8	23.1

#### عملیات کاشت و داشت

بعد از انجام آزمایش‌های مربوطه، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم و دیسک انجام گرفته و زمین آماده کاشت شد. با توجه به نیاز کودی گیاه، مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات‌هیدرات جهت غنی‌سازی خاک، به مزرعه اضافه گردید (Al-Barrak., 2006). بلوک بندی زمین مورد نظر با اندازه کرت‌های برابر با ۲×۲ در نظر گرفته شد و داخل هر کرت ردیف‌هایی با فواصل ۰/۵ متر ایجاد گردید. به منظور از بین بردن حرکت آب و املاح از تیمارهای مجاور، فاصله کرت‌ها ۱ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۲/۵ متر از هم در نظر گرفته شد.

#### آزمایش‌های خاک مزرعه

قبل از شروع عملیات کاشت، از سه نقطه در مزرعه و سه عمق مختلف نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده جهت تعیین بافت خاک، جرم مخصوص ظاهری (روش استوانه)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دستگاه EC متر)، رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای<sup>۱</sup> و رطوبت نقطه پژمردگی<sup>۲</sup> (دستگاه صف‌خات فشاری)، تهیه گردید (Majnooni Heris & Mahtabi Shiraz, 2013). نتایج حاصل در جدول ۲ آورده شده است. این مقادیر متوسط اعداد بدست آمده از اعماق مختلف خاک می‌باشد (Robertson & Holland., 2004).

3. Field capacity moisture  
4. Permanent wilting point

1. Bulk density  
2. Electrical conductivity of the saturation extract

جدول ۲- برخی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 2. Selected physicochemical properties of soil in tested field

Soil depth	Soil texture	Average bulk density	Average EC		Average volumetric moisture content		Soil Analysis		
			Irrigation water	Saturated Soil Extract	Field capacity	Permanent wilting point	O.C	Av. P	Av. K
cm		gr cm <sup>-3</sup>	ds m <sup>-1</sup>				%		
0-30	Clay	1.48±0.15	1.5	3.5	39±2	18±3	1.07	5.97	442
30-60	Clay loam	1.53±0.15	1.5	3.7	37±2	15±3	0.27	2.8	300
60-90	Loam	1.62±0.15	1.5	3.3	36±2	18±3	0.13	1.5	60

گیاه، عملیات تنک بصورت سبک روی گیاه صورت گرفت. تراکم برای این تحقیق ۸۰ بوته در متر مربع بود. اعمال تیمارها و تنش‌ها پس از خروج از حالت رزت و تقریباً در حالت ۸ برگگی گیاه صورت گرفت. روند اعمال تیمارها تا زمان برداشت ادامه پیدا کرد.

#### اعمال تیمارها

آزمایش مورد نظر بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. تیمارها بر اساس ترکیبی از مقدار آب، سطوح کود نیتروژن و تنش شوری اعمال گردید. تیمارها در زمان پس از خروج از خواب زمستانی و آماده شدن گیاه برای رشد کامل رویشی و زایشی، اعمال گردید. سه تیمار آب، کود و شوری مطابق با جدول ۳ در هر واحد آزمایشی ترکیب گردید.

بذر کلزا از رقم اکاچی استفاده شد که یک رقم محلی بوده و حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد از کشت منطقه با این رقم صورت می‌گیرد. بذرها بصورت ردیفی در عمق حدود ۲ سانتی‌متری کشت گردید. جهت سهولت در امر جوانه‌زنی، روی بذرها با ماسه بادی پوشانده شد. بلافاصله پس از کاشت، جهت استقرار کامل بذرها و ایجاد شرایط مناسب برای خاک جهت جوانه‌زنی، یک نوبت آبیاری سبک صورت پذیرفت. لازم به ذکر است که برخی از دوره‌های آبیاری به دلیل اینکه بارندگی رطوبت مورد نظر را تأمین می‌کرد، حذف گردید. با توجه به تخلیه رطوبتی خاک و تحقیقات مشابه انجام شده در منطقه، دور آبیاری ۱۴ روز انتخاب گردید (Neshati Rad, 2013). این روند تا مشاهده جوانه‌ها و همچنین چند برگگی شدن ادامه پیدا کرد. پس از اینکه گیاه کلزا در مزرعه به حالت ۵ تا ۶ برگگی رسید، جهت ایجاد شرایط مناسب برای رشد

جدول ۳- شمای کلی تیمارها و ترکیب آنها در داخل کرت‌ها برای یک تکرار

Table 3. Schematic view of the treatments and their composition within the plots for one replicate

I <sub>1</sub> : Irrigation at field capacity	I <sub>2</sub> N <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	I <sub>1</sub> N <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	I <sub>3</sub> N <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
I <sub>2</sub> : Irrigation up to 75% of field capacity	I <sub>3</sub> N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	I <sub>2</sub> N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	I <sub>1</sub> N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>
I <sub>3</sub> : Irrigation up to 50% of field capacity	I <sub>2</sub> N <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	I <sub>3</sub> N <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	I <sub>2</sub> N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>
N <sub>1</sub> : 60 kg of pure nitrogen per hectare	I <sub>2</sub> N <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	I <sub>1</sub> N <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	I <sub>2</sub> N <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
N <sub>2</sub> : 120 kg of pure nitrogen per hectare	I <sub>1</sub> N <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	I <sub>1</sub> N <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	I <sub>1</sub> N <sub>2</sub> S <sub>2</sub>
N <sub>3</sub> : 180 kg of pure nitrogen per hectare	I <sub>3</sub> N <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	I <sub>2</sub> N <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	I <sub>1</sub> N <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
S <sub>1</sub> : No salinity stress	I <sub>2</sub> N <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	I <sub>3</sub> N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	I <sub>1</sub> N <sub>3</sub> S <sub>1</sub>
S <sub>2</sub> : Salinity with water (7 mmhos cm <sup>-1</sup> )	I <sub>1</sub> N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	I <sub>3</sub> N <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	I <sub>3</sub> N <sub>2</sub> S <sub>2</sub>
S <sub>3</sub> : Salinity with water (14 mmhos cm <sup>-1</sup> )	I <sub>2</sub> N <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	I <sub>3</sub> N <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	I <sub>3</sub> N <sub>3</sub> S <sub>1</sub>

تحقیق، بصورت سطحی بود که با استفاده از کمتر حجمی وارد کرتها گردید. تیمار آبیاری در سه سطح آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه‌ای به عنوان تیمار شاهد (I<sub>1</sub>)، آبیاری زمین تا رسیدن به حد ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای (I<sub>2</sub>) و آبیاری تا حد ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای (I<sub>3</sub>) اعمال شد (Farhangi-Abriz et al., Al-Barrak 2006).

#### تیمار آبیاری، تیمار کود و تیمار شوری

همه تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق بر اساس نیاز منطقه و مقالات معتبر که در رفرنسها اشاره شده است و نیز تحقیقات مشابه انجام گرفته در منطقه، انتخاب گردیده است. روش آبیاری اعمال شده در این

تنش شوری نیز در سه سطح اعمال گردید. سطح اول یا شاهد ( $S_1$ ) بدون اعمال تنش شوری و با شوری آب آبیاری که در حدود ۱/۵ میلی موس بر سانتی‌متر بود. دو سطح دیگر شامل ۷ میلی موس بر سانتی‌متر ( $S_2$ ) و ۱۴ میلی موس بر سانتی‌متر ( $S_3$ ) با حل کردن نمک تهیه شده از دریاچه ارومیه در مخزن آب آبیاری اعمال گردید؛ بطوریکه حجم مورد نظر آبیاری در هر تیمار مشخص گردید و مقدار نمک مورد نیاز جهت رساندن شوری به تیمار مورد نظر، مشخص شد و پس از وزن کردن، در آب آبیاری حل و به روش معمول آبیاری وارد مزرعه گردید.

پس از اتمام دوره رشد و اعمال تیمارها طبق موارد ذکر شده، برداشت و اندازه‌گیری‌های نهایی انجام گردید. برداشت زمانی صورت پذیرفت تا گیاه حالت تر و سبز بودن خود را از دست بدهد و خورجین و ساقه‌ها کاملاً زرد رنگ و خشک گردد. در طی عملیات برداشت، عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین بهره‌وری آب کلزا مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفت. برای اینکه بتوان نتایج حاصل را در واحدهای مرسوم بیان نمود و نیز برای افزایش دقت اندازه‌گیری‌ها، نمونه‌برداری از بوته‌ها بصورت مجموع بوته‌های داخل  $0.5 \times 0.5$  متر مربع داخل هر کرت آزمایشی صورت پذیرفت.

#### محاسبه بهره‌وری آب آبیاری

مقدار بهره‌وری آب آبیاری برای دو صفت عملکرد دانه و مقدار ماده خشک، مورد محاسبه قرار گرفت. مقدار این صفت از طریق معادلات ۲ و ۳ محاسبه شد. مقدار آب مصرفی شامل کل آب استفاده شده در آبیاری و بارش در طول فصل زراعی که توسط داده‌های هواشناسی تعیین شده است، می‌باشد (Kar et al., Grewal, 2010; 2007).

$$SIUE = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{کل مقدار آب مصرفی}} \quad (2)$$

مقدار این بهره‌وری نیز برای مقدار ماده خشک با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

$$MIUE = \frac{\text{مقدار ماده خشک}}{\text{کل مقدار آب مصرفی}} \quad (3)$$

بهره‌وری آب در دو حالت برای مقدار ماده خشک و عملکرد دانه محاسبه شد. در حالت اول با استفاده از

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک در عمقهای مختلف، از دستگاه رطوبت سنج PR2 استفاده شد. این دستگاه با استفاده از اندازه‌گیری حجمی رطوبت در عمقهای مختلف خاک، به صورت نمونه‌گیری مستقیم از خاک و اعمال اصلاحات، واسنجی شد. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک مزرعه، تعداد ۱۵ عدد لوله PR2 در ابتدا، وسط و انتهای مزرعه کار گذاشته شد و مقدار میانگین آنها جهت محاسبات حجم آب در نظر گرفته شد. قبل از هر آبیاری، رطوبت خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج PR2 در عمقهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۶ و یک متر، قبل از آبیاری قرائت شد. در هر آبیاری، مقدار کمبود آب خاک و بر اساس آن، آب مورد نیاز تیمارهایی که آب آبیاری کامل دریافت می‌کردند، با استفاده از معادله ۱ تعیین شد.

$$d = \sum_{i=1}^n (\theta_{fi} - \theta_i) \Delta z \quad (1)$$

که در آن  $n$  تعداد لایه‌ها تا عمق ریشه،  $i$  شماره هر لایه،  $d$  عمق آب آبیاری بر حسب  $m$ ،  $\theta_{fi}$  و  $\theta_i$  به ترتیب رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و رطوبت موجود در خاک قبل از آبیاری حسب  $m^{-3}$  در لایه  $i$  و  $\Delta z$  ضخامت لایه حسب  $m$  می‌باشند. با توجه به متوسط مقدار آب مورد نیاز برای تیمارهای I1، حجم آب سایر تیمارها با در نظر گرفتن ۲۵٪ و ۵۰٪ کاهش، تعیین گردید. حجم آب مورد نیاز هر تیمار با استفاده از یک کنتور در حین آبیاری تحویل داده شد. دور آبیاری کلزا در این تحقیق طبق دور آبیاری نرمال منطقه ۱۴ روز در نظر گرفته شد (Al-Barrak 2006).

جهت اعمال مقادیر کود نیتروژن، از منبع اوره استفاده گردید (Al-Barrak 2006). تیمارهای کود که در جدول ۳ معرفی شده است نیز در سه سطح ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و در دو زمان به مزرعه اضافه گردید. نصف مقادیر کود یعنی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بلافاصله پس از خروج گیاه از حالت خواب زمستانی اعمال گردید. ۵۰ درصد مابقی نیز در هنگام گلدهی به کرت‌ها اضافه گردید. نحوه اعمال کود به صورت سرک و با تقسیم متوازن مقدار کود بین فاروها صورت گرفت. مقادیر کود پس از آبیاری و خروج زه‌آب، به زمین اضافه گردید تا از شستشوی آن جلوگیری گردد.

تیمارهایی که مقادیر آب و کود ثابت است، با افزایش میزان شوری، عملکرد دانه به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد (شکل ۱). کمترین عملکرد دانه در تیمارهای ترکیبی، با ۸۸٪ درصد کاهش با مقدار ۰/۵۹ تن در هکتار که از ترکیب آبیاری در حد ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای (I<sub>3</sub>)، حداقل مقدار کود یعنی ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (N<sub>1</sub>)، و بیشترین تنش شوری یعنی ۱۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر (S<sub>3</sub>) در تیمار I<sub>3</sub>N<sub>1</sub>S<sub>3</sub> حاصل شد (شکل ۱).

با افزایش مقدار کود، کاهش عملکرد دانه در اثر اعمال تنش‌های آب و شوری تا حدود زیادی جبران شده است. به عنوان مثال، تیمارهای I<sub>1</sub>N<sub>1</sub>S<sub>1</sub>، I<sub>1</sub>N<sub>2</sub>S<sub>1</sub> و I<sub>2</sub>N<sub>3</sub>S<sub>1</sub> از نظر آماری در سطوح نزدیک به هم قرار گرفته‌اند. در تحقیق مشابه، مقدار عملکرد دانه حداقل ۱ و حداکثر ۵/۳ تن در هکتار اعلام شده است (Hamzei et al., 2007). همچنین، ناظمی و همکاران (Nazemi et al., 2013)، بیشترین عملکرد دانه را برای کلزای بهاره در تبریز ۱/۷۸ تن در هکتار گزارش کردند. محسن آبادی و همکاران (2001) بیشترین عملکرد دانه را با آبیاری کامل گیاه کلزا با مقدار ۳/۹۸ تن در هکتار و با کاربرد مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با مقدار ۴/۳۱ تن در هکتار گزارش نمودند. النخلوی و بخشاوین (2009) بیشترین عملکرد دانه را ۱/۵۵ تن در هکتار با کاربرد ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بدست آوردند. الحاویتی و آسفور (۲۰۱۲) حداکثر عملکرد دانه را ۲/۹۳ تن در هکتار گزارش کردند. نتایج نشان می‌دهد که در تحقیق حاضر، با توجه به کاربرد توأم کود و آبیاری در کمترین شوری، بهترین عملکرد دانه به نسبت سایر تحقیقات حاصل شده است. با توجه به نتایج می‌توان گفت کاربرد کود نیتروژن توانسته است تا ۲۰٪ عملکرد دانه را نسبت به سایر تحقیقات با وجود تنش‌های شوری و خشکی جبران نماید (El-Howeity & Asfour, 2012).

#### مقدار ماده خشک

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان می‌دهد که اثر مؤلفه‌های تکرار، سطوح تنش خشکی، کود، شوری و همچنین اثر متقابل آب در سطوح کود در سطح

معادله بیلان تبخیر- تعرق واقعی گیاه کلزا تعیین گردید. با استفاده از معادله ۴ تبخیر- تعرق واقعی کلزا محاسبه گردید (معادله ۴). این تبخیر تعرق مابین دو آبیاری می‌باشد که در نهایت مجموع آنها به عنوان نیاز آبی منبع مورد استفاده قرار گرفت (Asadi, 2002 و ZandParsa et al., 2015).

$$ET = (IR - (S_2 - S_1) - DB) \times 1000 \quad (4)$$

که در آن IR مقدار آب آبیاری (m)، S<sub>2</sub> مقدار آب ذخیره شده در لایه‌های خاک قبل از آبیاری (m)، S<sub>1</sub> مقدار آب ذخیره شده در لایه‌های خاک در زمان آبیاری قبلی (m) و DB عمق آب نفوذ یافته از انتهای لایه مورد نظر بعد از آبیاری (m) می‌باشد. عمق ریشه نسبت به زمان تغییر می‌کند و برای جلوگیری از خطا در تعیین S، اندازه‌گیری رطوبت خاک تا قبل از رسیدن ریشه به عمق حداکثر خود، فقط در این اعماق مد نظر قرار گرفت.

#### نتایج و بحث

##### عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴)، نشان داد که اثرهای تکرار، تنش خشکی، سطوح کود، تنش شوری و اثر متقابل تنش خشکی در سطوح کود روی عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار است. اثرهای متقابل کود در شوری، تنش خشکی در تنش شوری و آب در کود در شوری، روی این صفت اثر معنی‌داری ندارد. با توجه به نتایج برهم‌کنش، آب و کود مؤلفه بسیار مهم برای عملکرد دانه می‌باشند. همچنین، تغییر در مکان تکرارها برای تکرار آزمایش روی عملکرد دانه اثر معنی‌دار داشته است که می‌تواند به دلیل تغییر در برخی خصوصیات فیزیکی یا شیمیایی خاک در مزرعه باشد. با توجه به مقایسه مقادیر میانگین، عملکرد دانه با کاهش مقدار آب، افزایش میزان کود و کاهش شوری افزایش می‌یابد. بیشترین عملکرد دانه در بین تیمارهای ترکیب شده، با آبیاری در حد ظرفیت مزرعه‌ای خاک (I<sub>1</sub>)، کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N<sub>3</sub>) و عدم اعمال نمک در آب آبیاری (S<sub>1</sub>) با مقدار ۴/۴۵ تن در هکتار و در تیمار I<sub>1</sub>N<sub>3</sub>S<sub>1</sub> با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها بدست آمد. همانطور که در شکل‌ها نیز مشخص است، در

در تیمارهای ترکیب شده نیز بیشترین مقدار ماده خشک تولید شده در تیمار I1N3S1 با مقدار ۸/۵ تن در هکتار حاصل شد.

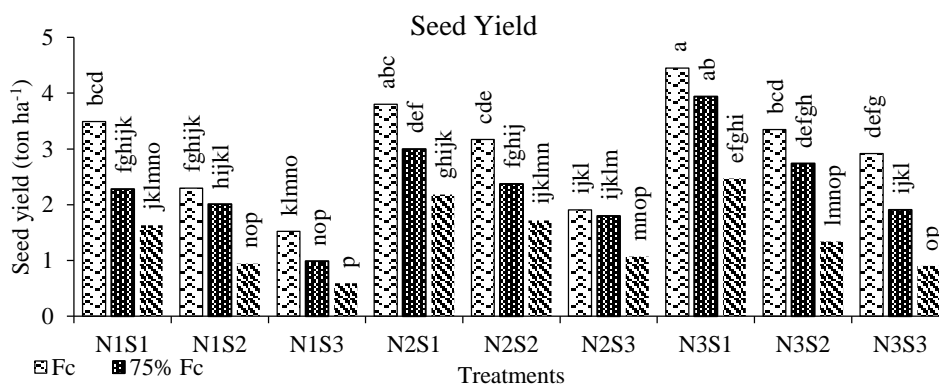
۱/۱، روی مقدار ماده خشک معنی دار است. همچنین، اثر متقابل آب×کود×شوری نیز روی این صفت در سطح ۵٪ معنی دار است. اثر متقابل کود در شوری و آب در شوری روی مقدار ماده خشک اثر معنی داری ندارد (جدول ۵).

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 4. Variance analysis of yield and yield components of rapeseed

Sources of changes	df	Mean squares							
		Seed yield	Dry matter	1000-seed Weight	Plant height	Stem diameter	Branch in stem	Number of pods per plant	Number of seeds in the pod
Block	2	2.55 **	1.91 **	0.19 **	0.16**	0.16**	4.01**	1115**	7.18**
Water stress	2	16.67**	20.86**	0.7**	0.04**	0.5**	25.71**	13680**	64.52**
Fertilizer levels	2	5.85**	16.59**	0.62**	0.04**	0.09**	2.67**	3290**	24.25**
Salinity stress	2	15.48**	31.4**	0.48**	0.19**	0.43**	11.41**	11072**	106.7**
Water×fertilizer	4	0.39**	0.37**	0.005 ns	0.006 ns	0.05**	1.16**	134 ns	15.26**
Fertilizer×salinity	4	0.2 ns	0.04 ns	0.001 ns	0.0006 ns	0.006 ns	0.08 ns	204 ns	1.19 ns
Saline×water	4	0.2 ns	0.15 ns	0.002 ns	0.003 ns	0.002 ns	1.01*	180 ns	2.25 ns
Water×fertilizer×salinity	8	0.15 ns	0.16*	0.001 ns	0.003 ns	0.004 ns	0.81*	206 ns	0.89 ns
Error	52	0.08	0.07	0.002	0.004	0.004	0.29	164	1.11
C.V		13.01	5.1	1.75	6.42	6.8	12.81	14.33	5.96

\*and \*\* significant at 5% and 1%, respectively, ns non-significant at Duncan's multiple range test



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه و مقدار ماده خشک در تیمارهای مختلف

Figure 1. Comparison of averages of grain yield and dry matter content in different treatments

هکتار و با کاهش حدود ۷/۳ تن از بیشترین حالت ممکن، بدست آمد. تیمارهای I2N3S1 و I1N3S2 از نظر آماری در یک سطح قرار داشته و اختلاف معنی داری بین آنها وجود ندارد. این مسئله به وضوح نشان می‌دهد که کاربرد کود نیتروژن بیشتر توانسته است اثرهای کاهنده ناشی از تنش‌های آب و شوری را تا حدودی در تولید مقدار ماده خشک جبران نماید. در

در این تیمار، آبیاری در حد ظرفیت مزرعای و در حالت بدون شوری صورت پذیرفته است و از مقدار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار استفاده شده است (شکل ۲). کمترین مقدار ماده خشک هم در تیمار I3N1S3 که در آن آبیاری در حد ۵۰٪ ظرفیت مزرعای، شوری خاک ۱۴ میلی موس بر سانتی‌متر و مقدار کود نیتروژن ۶۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد، با مقدار حدود ۱/۲ تن در

حاصل که به تفکیک سطوح آبیاری رسم شده است، این گفته را به وضوح اثبات می‌نماید. کاهش معنی‌دار عملکرد ماده خشک کلزا در اثر شوری توسط ارزانش و همکاران (Arzansh *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است.

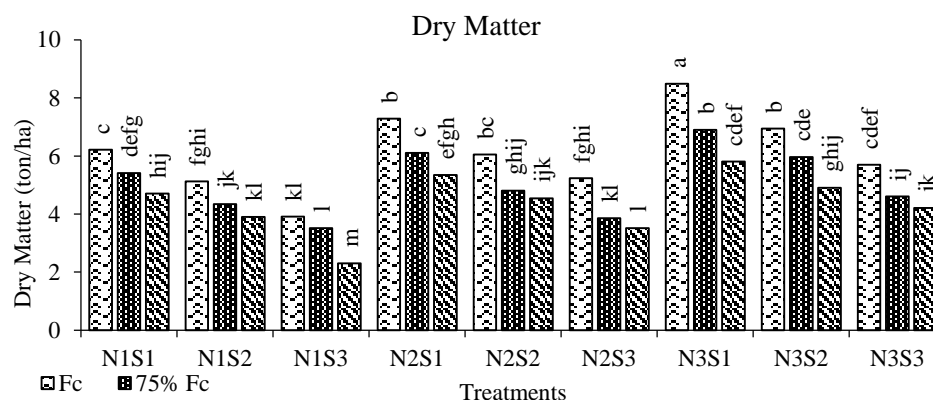
برخی از تیمارها نیز کاربرد آب توانسته است نه تنها اثرهای ناشی از وجود تنش شوری را با شستشوی نمک از محدوده رشد ریشه گیاه خنثی نماید، بلکه عملکرد تولید را نیز بهبود بخشیده است. مقایسه نمودارهای

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس بهره‌وری آب و ماده خشک

Table 5. Variance analysis of water use efficiency and dry matter

Sources of changes	df	Mean squares	
		SIUE	MIUE
Block	2	0.04**	0.03**
Water stress	2	0.11**	0.01**
Fertilizer levels	2	0.1*	0.29**
Salinity stress	2	0.27**	0.56**
Water × fertilizer	4	0.005**	0.002 <sup>ns</sup>
Fertilizer × salinity	4	0.003*	0.0008 <sup>ns</sup>
Saline × water	4	0.0007 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>
Water × fertilizer × salinity	8	0.002 <sup>ns</sup>	0.003*
Error	52	0.001	0.003
C.V		13.17	5.33

\* and \*\* significant at 5% and 1%, respectively, ns non-significant at Duncan's multiple range test



شکل ۲- مقایسه مقادیر میانگین‌های مقدار ماده خشک در تیمارهای مختلف

Figure 2. Comparison of mean amounts of dry matter in different treatments

ترکیب شده، حداکثر وزن هزاردانه را با مقدار ۳/۴ گرم و با آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه‌ای ( $I_1$ ) بدون اعمال شوری ( $S_1$ ) و کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ( $N_3$ ), در تیمار  $I_1N_3S_1$  تولید کرد. همچنین، کمترین مقدار این صفت نیز در تیمار  $I_3N_1S_3$  که تنش‌های آب و شوری در شدیدترین حالت (آبیاری در حد ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای و شوری ۱۴ میلی موس بر سانتی‌متر) و مقدار کود در کمترین مقدار بود (۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، با مقدار ۲/۴۸ گرم، حاصل شد. کاربرد مقدار کود در تیمارهایی که مقدار تنش شوری افزایش یافته است، توانسته است اثرهای کاهنده تنش شوری را روی وزن هزاردانه جبران نماید. به عنوان مثال، قرار گرفتن

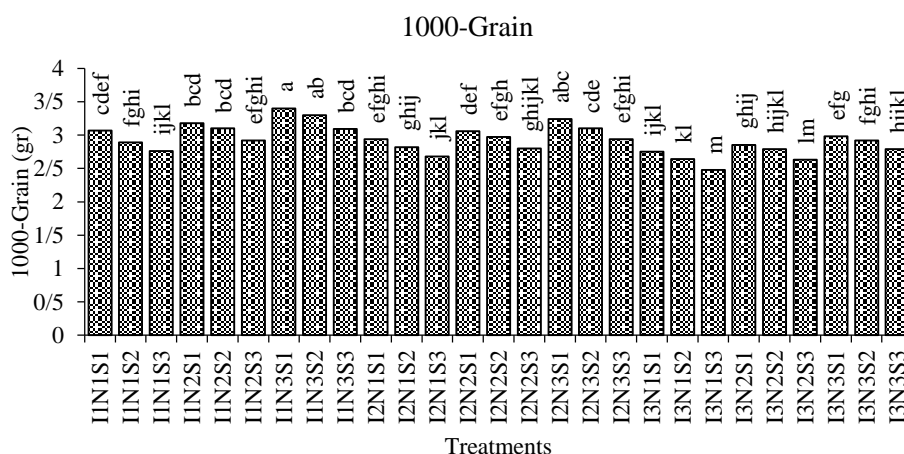
#### وزن هزاردانه

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن هزاردانه نشان داد که اثر تکرار، تنش خشکی، سطوح کود نیتروژن و تنش شوری روی این صفت در سطح ۱٪ معنی‌دار است. همچنین، هیچ کدام از اثرهای متقابل دوگانه و سه‌گانه روی این صفت اثر معنی‌داری نداشته است. این بدان معنی است که برهم‌کنش عوامل روی هم، یا اثرهای یکدیگر را خنثی کرده‌اند و یا اینکه در سطوح آب که برش‌دهی روی آنها صورت می‌گیرد، به صورت یکسان عمل نموده و در هر سه سطح کاهش یا افزایش به یک میزان صورت پذیرفته است. (جدول ۳). ترکیب مقادیر آب، کود و شوری به عنوان تیمارهای



می‌گیرد، اثر شوری را از بین ببرد (شکل ۳). النخلای و بخشاوین (۲۰۰۹) بیشترین وزن هزاردانه را با کاربرد ۱۸۴ کیلوگرم در هکتار، ۳/۰۳ گرم اعلام نمودند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. استفاده از آب آبیاری بدون اعمال تنش شوری ( $S_1$ ) بیشترین وزن هزاردانه را با مقدار ۳/۰۵ گرم در بین سطوح تنش شوری تولید نموده است. در حالیکه اعمال ۱۴ میلی موس بر سانتی‌متر شوری در آب آبیاری ( $S_3$ )، کمترین وزن هزاردانه را به مقدار ۲/۷۹ گرم تولید نموده است (El-Nakhlawy & Bakhshwain, 2009). شعبانی و همکاران (2010) نیز حداکثر وزن هزاردانه را ۳/۴ گرم گزارش نمودند.

تیمارهای  $I_1N_2S_2$ ،  $I_1N_3S_3$  و  $I_2N_3S_2$  در یک سطح آماری موارد مذکور را تأیید می‌نمایند. علاوه بر این، کاربرد کود بیشتر، اثرهای کاهنده تنش خشکی را نیز در میزان وزن هزاردانه جبران می‌نمایند. تیمارهای  $I_1N_2S_3$ ،  $I_2N_1S_1$  و  $I_2N_3S_3$  با هم و تیمارهای  $I_2N_2S_3$ ،  $I_3N_2S_2$  و  $I_3N_3S_3$  با هم در یک سطح آماری قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. با توجه به نتایج حاصل، به وضوح مشاهده می‌شود که اولاً در هم‌کنش آب و کود می‌تواند حداکثر وزن هزار دانه را تولید نماید و ثانیاً کاربرد مقدار آب یا کود بیشتر می‌تواند تقابل کاهنده تنش شوری را برای این صفت جبران نموده و با شستشوی مقدار نمک از محدوده ریشه که توسط آب صورت می‌گیرد، و یا با جبران عملکرد که توسط کود به همراه آب صورت



شکل ۳- مقایسه مقادیر میانگین‌های وزن هزاردانه در تیمارهای مختلف

Figure 3. Comparison of mean values of 1000-seed weight in different treatments

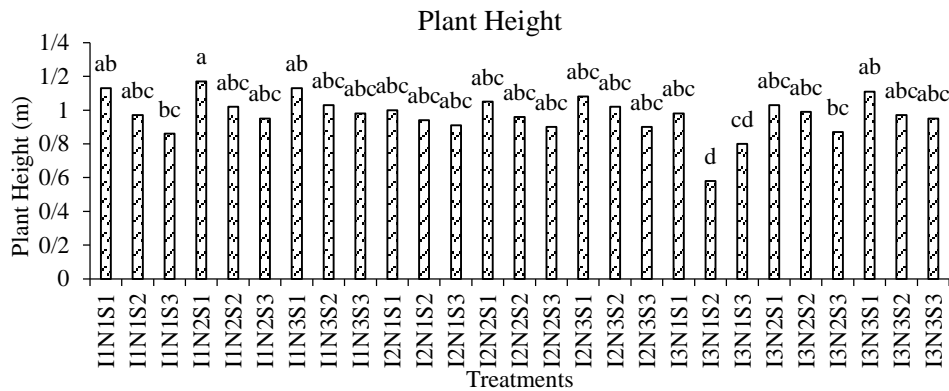
بوته تأثیر معنی‌داری نداشته است. این مسئله به دلیل تأثیر یکنواخت فاکتورهای مذکور در سطوح مختلف و یا خنثی نمودن اثر همدیگر می‌باشد (جدول ۳). ترکیب سطوح آبیاری، مقادیر کود و تنش‌های شوری با یکدیگر، بالاترین ارتفاع بوته به میزان ۱/۱۷ متر حاصل نمود. این ارتفاع بوته در تیمار  $I_1N_2S_1$  بدست آمد. در این تیمار تنش‌های آب و شوری حداقل مقدار را دارد و کود به میزان ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مصرف شده است. تیمارهای  $I_1N_1S_1$  و  $I_1N_3S_1$  نیز به ترتیب با ارتفاع بوته ۱/۱۴ و ۱/۱۳ متر در یک سطح آماری قرار گرفته و با حداکثر ارتفاع بوته، در سطوح نزدیک به هم قرار گرفتند (شکل ۴). در کل با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت ارتفاع بوته نسبت به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی و شوری و مقادیر کود، از جمله

#### ارتفاع بوته

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) روی صفت ارتفاع بوته نشان داد که اثر تکرار روی این صفت در سطح ۱٪ معنی‌دار است. تفاوت در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در قسمت‌های مختلف مزرعه به دلیل عدم شخم، کشت و در نهایت میزان کود مصرفی در بخش‌های کشت شده در سال زراعی قبلی، باعث ایجاد چنین شرایطی در مزرعه و تغییرات ارتفاع بوته شده است. همچنین، اثرهای سطوح آبیاری، کود و تنش شوری نیز روی این صفت در سطح ۱٪ معنی‌دار است. اعمال هر یک از مؤلفه‌ها روی ارتفاع بوته بصورت جداگانه معنی‌دار بوده است. برهم‌کنش این مؤلفه‌ها، یعنی اثر متقابل آب در کود، کود در تنش شوری، آب در تنش شوری و نیز اثر متقابل این سه فاکتور روی ارتفاع

نتایج با نتایج محققانی چون گئورگ، وایت و همکاران (George et al., و White et al., 2019) نیز مطابقت دارد (2018).

صفات مقاوم به شمار می‌رود (شکل ۴). الحاقیتی و آسفور (۲۰۱۲) بیشترین ارتفاع بوته را ۱/۳۶ متر اعلام نمودند (El-Howeity & Asfour, 2012). همچنین این

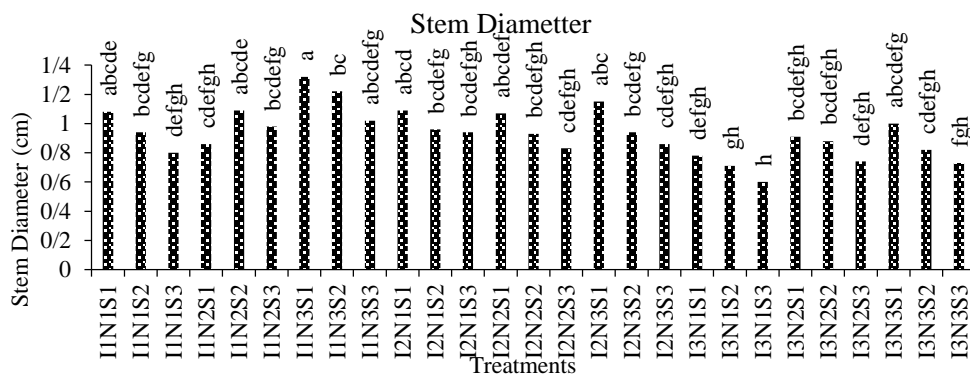


شکل ۴- مقادیر میانگین‌های ارتفاع بوته در سطوح مختلف آبیاری  
Figure 4. Mean values of plant height at different irrigation levels

میزان شوری، بیشترین قطر ساقه را به میزان ۱/۳۳ سانتی‌متر حاصل نمود (I<sub>1</sub>N<sub>3</sub>S<sub>1</sub>). کمترین قطر ساقه به میزان ۰/۶ سانتی‌متر در تیمار آبیاری در حد ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای (I<sub>3</sub>)، کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N<sub>1</sub>) و اعمال ۱۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر (S<sub>3</sub>) یعنی تیمار I<sub>3</sub>N<sub>1</sub>S<sub>3</sub> به میزان ۰/۷ سانتی‌متر بدست آمد (شکل ۵). البراک (۲۰۰۶) بیشترین قطر ساقه را ۲/۵ سانتی‌متر گزارش کرد. با توجه به مقادیر بدست آمده و نیز سطوح آماری استخراج شده فوق، می‌توان گفت که حساسیت قطر ساقه برای هر سه فاکتور اعمال شده آب، کود و شوری به یک میزان می‌باشد. کاهش ۵۰ درصدی قطر ساقه در این تحقیق به نسبت تحقیقاتی چون البراک (۲۰۰۶) اولاً به نوع رقم مورد استفاده و ثانیاً ادغام هر سه تیمار آب، کود و شوری مربوط می‌گردد (Al-Barrak, 2006).

#### قطر ساقه

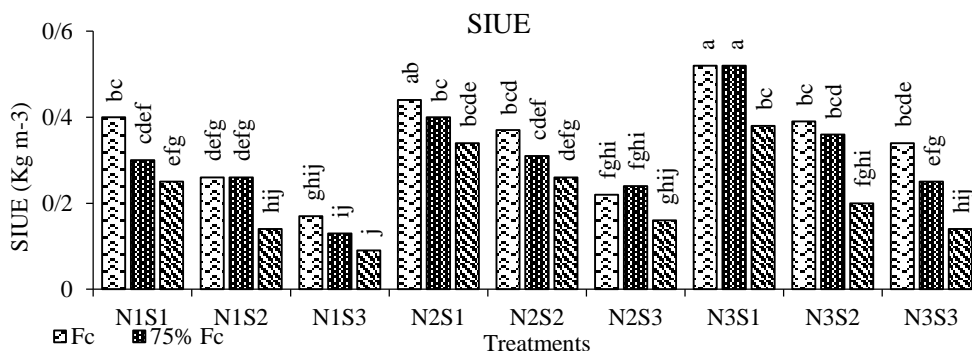
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تکرار روی قطر ساقه در سطح ۰/۱٪ معنی‌دار است. تغییر در برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در طول مزرعه روی این صفت نیز اثرگذار بوده است. اثر مقدار آبیاری، سطوح کود نیتروژن و نیز تنش شوری در سطح ۵٪ معنی‌دار است. نتایج نشان می‌دهد در بین اثرهای متقابل، تنها اثر متقابل آب×کود در سطح ۰/۱٪ روی قطر ساقه معنی‌دار است (شکل ۵). تأثیر همزمان میزان آبیاری، مقادیر کود نیتروژن و تنش شوری روی قطر ساقه، نشان داد با کاهش میزان کود، آبیاری و افزایش تنش شوری، قطر ساقه کاهش می‌یابد. به عنوان مثال، می‌توان سه تیمار I<sub>1</sub>N<sub>3</sub>S<sub>3</sub>، I<sub>2</sub>N<sub>3</sub>S<sub>3</sub> و I<sub>3</sub>N<sub>3</sub>S<sub>3</sub> را نام برد که در آن اثر مقدار آب روی میزان شوری نشان داده شده است. برهم‌کنش حداکثر مقدار آب و کود با کمترین



شکل ۵- مقادیر میانگین‌های قطر ساقه در تیمارهای مختلف  
Figure 5. Mean values of stem diameter in different Treatments

کود در کمترین مقدار می‌باشد، بهره‌وری آب آبیاری به شدت دچار کاهش شده است. در بین مؤلفه‌های دخیل، تنش شوری عامل مهم و تعیین کننده است. بی‌شترین بهره‌وری آب آبیاری در این تیمارها در تیمارهای  $I_2N_3S_1$  و  $I_1N_3S_1$  به ترتیب با مقادیر ۰/۵۳ و ۰/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد. این دو مقدار از نظر آماری فاقد اختلاف معنی‌دار نسبت به هم هستند. کمترین بهره‌وری آب آبیاری برای عملکرد دانه نیز در تیمار  $I_3N_1S_3$  به میزان ۰/۰۹ کیلوگرم بر متر مکعب حاصل شد (شکل ۶). نتایج تحقیق با محققانی چون باتاچاری و همکاران در راستای کاربرد مقادیر آب و کود جه افزایش کارایی اجزای عملکردی گیاه کلزا مطابقت کامل دارد (Bhattachary., 2019). این تحقیقات با تیمارهای محدودتری انجام شده است، اما تحقیق حاضر با کاربرد توام سه فاکتور مهم نتایج کاربردی‌تری را حاصل نموده است.

**بهره‌وری آب آبیاری روی عملکرد دانه (SIUE)**  
مقایسه نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر تکرار، تنش خشکی، تنش شوری و همچنین اثر متقابل آب×کود روی بهره‌وری آب آبیاری کلزا، در سطح ۱٪ معنی‌دار است. همچنین، نتایج نشان می‌دهد اثر سطوح کود و اثر متقابل کود×شوری روی این شاخص در سطح ۱٪ معنی‌دار است. سایر اثرهای متقابل، تأثیر معنی‌داری نداشته‌اند. (جدول ۵). با توجه به نتایج حاصل از مقادیر میانگین بهره‌وری آب آبیاری برای عملکرد دانه در تیمارهای ترکیب شده، به وضوح می‌توان ملاحظه کرد که با افزایش تنش شوری، میزان کارایی به شدت کاهش یافته است. از طرف دیگر، افزایش مقدار کود نیز در تیمارهایی که مقدار آب آبیاری ثابت است، باعث افزایش این بهره‌وری می‌گردد. از طرف دیگر، ملاحظه می‌گردد کاهش مقدار آب آبیاری، باعث کاهش بهره‌وری شده و در تیمارهایی که تنش شوری حداکثر و سطوح

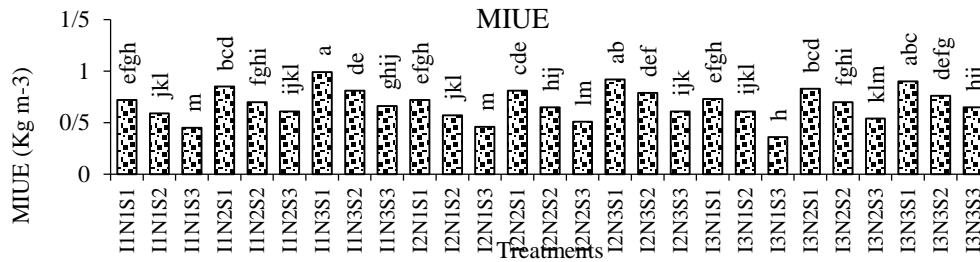


شکل ۶- مقادیر بهره‌وری آب برای عملکرد دانه در تیمارهای مختلف

Figure 6. Water use efficiency values for seed yield in the combined treatments

معنی‌داری بین دو سطح آخر از نظر بهره‌وری آب آبیاری برای مقدار ماده خشک وجود ندارد. بالاترین بهره‌وری آب آبیاری برای مقدار ماده خشک در این تیمارها با آبیاری در حد ظرفیت مزرعه‌ای ( $I_1$ )، کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ( $N_3$ ) و بدون اعمال تنش شوری ( $S_1$ ) در تیمار  $I_1N_3S_1$  به میزان ۰/۹۹ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد. کمترین میزان بهره‌وری آب آبیاری برای مقدار ماده خشک نیز با آبیاری در حد ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای ( $I_3$ )، کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ( $N_1$ ) و اعمال ۱۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر شوری ( $S_3$ ) در آب آبیاری (تیمار  $I_3N_1S_3$ ) به میزان ۰/۳۶ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد (شکل ۷).

**بهره‌وری آب آبیاری برای ماده خشک (MIUE)**  
بررسی نتایج تجزیه واریانس روی بهره‌وری آب آبیاری برای ماده خشک نشان داد اثر تکرار، آب، کود و شوری روی این شاخص در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. در بین اثرهای متقابل، تنها اثر متقابل آب×کود×شوری در سطح ۵٪ معنی‌دار است. نتایج فوق حاکی از این مسئله می‌باشد که اثرهای متقابل متضاد از قبیل آب با شوری و کود با شوری در مورد این شاخص، تقابل خنثی کننده داشته‌اند. در حالی که اثر متقابل آب و کود به صورت یکنواخت عمل کرده و این اثر متقابل خروجی معنی‌داری نداشته است (جدول ۵). نتایج حاصل از مقادیر میانگین در تیمارهای ترکیب شده نشان می‌دهد که هیچ تفاوت



شکل ۷- مقایسه مقادیر میانگین بهره‌وری آب آبیاری مقدار ماده خشک در تیمارهای مختلف

Figure 7. Comparison of the average values of irrigation water use efficiency of dry matter at irrigation levels

سه عامل وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته بیشترین تأثیر را روی عملکرد دانه دارند. همچنین، مؤلفه‌های قطر ساقه و وزن هزار دانه نیز روی مقدار ماده خشک تأثیر زیادی دارند. با توجه به نتایج فوق، می‌توان گفت عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در ارتباط با یکدیگر می‌باشند. جهت تولید حداکثر مقدار محصول و افزایش بهره‌وری آب، بایستی ترکیب مناسبی از مقدار آب، کود و شوری را تنظیم نمود.

### نتیجه‌گیری کلی

کاربرد کود نیتروژن تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار توانسته است اندام هوایی گیاه و رشد رویشی کلزا را افزایش دهد. کاربرد کود در این تحقیق در سطح ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار را می‌توان دلیل افزایش وزن هزار دانه دانست. جهت از بین بردن تنش شوری، علاوه بر اعمال مقدار کود، می‌توان فاصله آبیاری را نیز کوتاهتر در نظر گرفت. این امر می‌تواند مصرف مقدار کود را نیز به حداقل برساند. در برخی از تیمارها نیز استفاده از آب کافی با شستشوی نمک از خاک، اثرهای کاهنده این تنش را تا حدودی جبران نمود. در بین صفات اندازه‌گیری شده، عملکرد دانه، مقدار ماده خشک، ارتفاع بوته و تعداد دانه در غلاف نسبت به تنش شوری حساسیت بیشتری در مقابل آب و کود از خود نشان دادند. تعداد انشعاب در ساقه و غلاف در بوته نیز به کمبود آب حساستر بودند. با توجه به کمبود مقدار آب در حوزه دریاچه ارومیه، می‌توان روی نوسان مقدار کود، توجه بیشتری به خرج داد. با توجه به نتایج همبستگی، کلیه صفات روی یکدیگر اثر مثبت و معنی‌داری دارند. به عبارت دیگر با افزایش رشد در قسمت‌های هوایی گیاه، عملکرد بیشتری تولید می‌گردد (Neshati Rad *et al.*, 2014). در این تحقیق نیز مشاهده می‌گردد که افزایش مقدار نیتروژن

### همبستگی بین صفات

همبستگی مابین ۱۰ صفت و شاخص، مطابق جدول ۶ اندازه‌گیری و محاسبه گردید. همبستگی بین صفات می‌تواند مثبت یا منفی باشد. همبستگی مثبت نشان می‌دهد که با افزایش یک صفت، صفت دیگر نیز افزایش می‌یابد. همبستگی منفی بین دو صفت نشان می‌دهد که با افزایش یک صفت، صفت دیگر کاهش می‌یابد. کلیه همبستگی‌ها در این تحقیق مثبت است و این امر نشان می‌دهد تمام صفات و بهره‌وری‌ها اثر کاهنده روی یکدیگر ندارند. نتایج نشان می‌دهد که همه همبستگی‌ها در سطح بالایی قرار دارند. با توجه به نتایج، می‌توان گفت هر عاملی که بتواند عملکرد و اجزای عملکرد کلزا را افزایش دهد، می‌تواند بهره‌وری مقدار آب را که فاکتور اصلی در کشاورزی می‌باشد، افزایش دهد. افزایش ارتفاع بوته، تعداد انشعاب در ساقه، قطر ساقه و تعداد غلاف در بوته از طریق اثر روی مقدار ماده خشک و وزن هزار دانه و تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در گیاه از طریق اثر گذاری روی عملکرد دانه، می‌تواند بهره‌وری آب را افزایش دهد. پس، با تکیه بر آنالیز آماری روی صفات، از طریق برهم‌کنش آب، کود و شوری و شناخت حالت‌هایی که می‌تواند عملکرد و اجزای عملکرد را افزایش دهد و همچنین تفسیر مناسب همبستگی بین مؤلفه‌ها، بهره‌وری آب را افزایش داده و مقدار مصرف آب را بهینه نمود. بیشترین مقدار همبستگی بین عملکرد دانه و بهره‌وری آب برای عملکرد دانه حاصل از آبیاری و بارش به میزان ۰/۹۷ می‌باشد. این همبستگی به دلیل این امر است که هر دو کارایی مربوط به عملکرد دانه می‌باشد. کمترین مقدار همبستگی بین بهره‌وری آب برای مقدار ماده خشک و تعداد انشعاب در ساقه به مقدار ۰/۵۸ می‌باشد. این مسئله نشان می‌دهد که هیچ نوع ارتباطی بین این دو شاخص وجود ندارد. در بین همبستگی‌ها،

می‌تواند در تیمارهایی که دارای شوری هستند، شاخص‌های رشدی و حتی عملکرد کلزا را بهبود بخشد و اثرات سوء شوری را تا حد بسیار زیادی جبران نماید.

توانسته است مقدار ماده خشک را به صورت معنی‌داری تغییر دهد و در تمامی فاکتورهای رشد مورد نظر، این نتیجه به وضوح مشاهده می‌گردد. آبیاری کلزا در حد ظرفیت مزرعه‌ای به همراه استفاده از کود نیتروژن

جدول ۶- جدول همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد و بهره‌وری آب

Table 6. Correlation between yield and yield components and water use efficiency

	Seed yield	Dry matter	1000-seed Weight	Plant height	Stem diameter	Branch in stem	Number of pods per plant	Number of seeds in the pod	SIUE	MIUE
Seed yield	1									
Dry matter	0.94**	1								
1000-seed Weight	0.94**	0.96**	1							
Plant height	0.85**	0.89**	0.81**	1						
Stem diameter	0.92**	0.91**	0.89**	0.84**	1					
Branch in stem	0.84**	0.81**	0.84**	0.63**	0.84**	1				
Number of pods per plant	0.95**	0.88**	0.89**	0.81**	0.89**	0.87**	1			
Number of seeds in the pod	0.92**	0.88**	0.84**	0.83**	0.86**	0.77**	0.83**	1		
SIUE	0.97**	0.93**	0.91**	0.89**	0.87**	0.8**	0.93**	0.91**	1	
MIUE	0.75**	0.88**	0.79**	0.87**	0.72**	0.58**	0.7**	0.75**	0.85**	1

## Reference

- Al-Barrak K. M., 2006. Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of Canola (*Brassica Napus L.*). *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*. 7(1427H): 87-103.
- Arzansh M.H., Benny A. N., Ghorbanly M.L., and Shahbazi M. 2012. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth parameters and levels of micronutrient on rapeseed cultivars under salinity stress. *Soil Management for Sustainable Agriculture*. 2(2): 153-163.
- Asadi A. 2002. Evaluation of evapotranspiration rate of forage maize using lysimeter and comparison with different models of estimation of evapotranspiration in Karakaj area of Tabriz. Master of Science Degree in Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Tabriz University. (In Persian)
- Bhattachary A. 2019. Water-use efficiency under changing climatic conditions. *Changing Climate and Resource Use Efficiency in Plants*. pp 111-180.
- El-Howeity M.A., and Asfour M.M. 2012. Response of some varieties of canola plant (*Brassica napus L.*) cultivated in a newly reclaimed desert to plant growth promoting rhizobacteria and mineral nitrogen fertilizer. *Annals of Agricultural Science*. 57 (2): 129–136.
- El-Nakhlawy F. S., and Bakhashwain A. A. 2009. Performance of Canola (*Brassica napus L.*) Seed Yield, Yield Components and Seed Quality under the Effects of Four Genotypes and Nitrogen Fertilizer Rate. *JKAU: Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Sciences*. 20 (2): 33-47.
- FAO. 2013. Foodoutlook. Global Market Analysis. <http://www.fao.foodoutlook.com>.
- Farhangi-Abriz S., Tahereh A., Alireza T. 2018. Salicylic acid but not jasmonic acid improved canola root response to salinity stress, *Rhizosphere*, <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.11.009>.
- George N., Sally E., Thompson H., Hollingsworth S. O., Stephen K. 2018. Measurement and simulation of water-use by canola and camelina under cool-season conditions in California. *Agricultural Water Management* 196: 15–23.
- Grewal H.S. 2010. Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on a sodic vertisol with variable subsoil NaCl salinity. *Agricultural Water Management*. 97: 148–156.
- Hamzei J., Nasab A.D.M., Khoie F.R., Javanshir A., and Moghaddam M. 2007. Critical period weed control in three winter oilseed rape (*Brassica napus L.*) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 31:83-90.

- Jahandideh A., Barani Motlagh M., Dordipour E., Reza Ghorbani Nasrabadi R., Nazari T. 2020. The effects of co-application of humic acid and phosphorous fertilizer on vegetative growth indices and phosphorous availability in canola. *Applied Soil Research*. 8(1): 68-78.
- Kar G., Kumar A., and Martha M. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. *Agriculture Water Management*. 87: 73– 82.
- Khadem Moghadam N., Motesharezadeh B., Savaghebi G. R., Maali Amiri R. 2015. Effects of potassium and zinc fertilizer treatments on potassium, calcium, magnesium, zinc uptake and K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio and some physiological responses of two cultivars of Canola under salinity stress. *Applied Soil Research*. 3(1): 14-24.
- Majnoni Heris A., Mahtabi Shiraz Gh. 2013. *Laboratory of Soil and Water*. University of Tabriz Publications. first round.
- Mohsen Abadi, GR, Khodabandeh N., Arashi Y., Peyghambari SA. 2001. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and irrigation on yield and yield components of two autumn rapeseed cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 32 (4): 772-765. (In Persian)
- Naseri R., Mirzaei A., Emami T., Vafa P. 2012. Effect of salinity on germination stage of rapeseed cultivars (*Brassica Napus L.*). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. IJACS. 4. 13: 918-922.
- Nazemi A. H., Sadraddini A. A., Mojnooni-Heris A. Tuzel I. H. 2013. Effect of water stress on the yield and water use efficiency of Canola. *The Journal of EGE university faculty of agriculture, Special Issue*. 1:121-126.
- Neshati Rad, M. 2013. Effect of Water Stress; Salinity and Nitrogen Levels on Water Use Efficiency in Autumn Canola in Urmia Lake Basin. *Master of Science in Irrigation and Drainage*. Urmia University College of Agriculture, Department of Water Engineering. 1392.
- Neshati Rad, M., Besharat. S., Mojnooni-Heris. A. 2014. The effects of water deficit and nitrogen levels on yield and yield components of winter canola in Urmia, Iran. *Agriculture Science Developments. Agric. Sci. Dev.*, 3(4): 146-151.
- Robertson M.J., and Holland J.F. 2004. Production risk of canola in the semi-arid subtropics of Australia. *Australian Journal Agriculture Research*. 55: 525-538.
- Safavi Fard N. H., Heidari Sharif Abad A.H., Shirani Rad E., and Majidi Heravana J. 2018. Effect of drought stress on qualitative characteristics of canola cultivars in winter cultivation. *Industrial Crops & Products*. 114: 87– 92.
- Shabani A., Kamgar Haghighi A.F., Thanksgiving AR, Imam Y., Honar, T. 2010. Effect of water stress on physiological characteristics of rapeseed. *Soil and water sciences (agricultural science and technology and natural resources)*. Thirteenth Year, 49: 42-31. (In Persian)
- Shekari F., Soltaniband V., Javanmard A., and Abbasi A. 2015. The impact of drought stress at different stages of development on water relations, stomatal density and quality changes of rapeseed (*Brassica napus L.*). *Iran Agriculture Research*. 34 (2): 81–90.
- Sun X.P., Yan H.L., Kang X.Y., and Ma F.W. 2013. Growth, gas exchange, and water-use efficiency response of two young apple cultivars to drought stress in two scion-one rootstock grafting system. *Photosynthetica* 51 (3): 404-410.
- Tunçtürk M., Tunçtürk R., Yildirim B., Çiftçi V. 2011. Effect of salinity stress on plant fresh weight and nutrient composition of some Canola (*Brassica Napus L.*) cultivars. *African Journal of Biotechnology*. 10 (10):1827-1832,
- White J., Aaron A. Berg., Catherine C., Jon W., and Yinsuo Z. 2019. Canola yield sensitivity to climate indicators and passive microwave-derived soil moisture estimates in Saskatchewan, Canada. *Agricultural and Forest Meteorology*. 268: 354–362.
- Yusefi M., Daneshian J., Shirani Rad A., Woldabadi S., Seifzadeh SA. 2018. Yield and efficiency of nitrogen application of rapeseed (*Brassica Napus L.*) under nitrogen and irrigation regimes. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*. 28 (3): 29-41. (In Persian)
- Zand Parsa Sh., Mahmoudian Shooshtari M., Majnoui Herris, A. 2015. Measurement of standard evapotranspiration of maize by water balance method and variable root depth in a dry and semi-arid region. *Journal of Soil and Water Science*. 25 (1/4): 169-180. (In Persian)

## Effect of Nitrogen and Salinity on Irrigation Water Yield and Productivity at Different Soil Moisture Levels

Mehrdad Chakherloo<sup>1</sup>, Sina Besharat<sup>2\*</sup>, Vahid Reza Verdinejad<sup>3</sup>

(Received: September 2019 Accepted: December 2019)

### Abstract

The water crisis coupling with the soil salinization have made the agricultural sector facing serious challenges. This study aims to investigate the effects of nitrogen fertilizer levels on yield and water use efficiency of autumn Canola (*Brassica Napus*) under drought and salinity stress conditions in Lake Urmia basin. This research has been conducted as factorial based on randomized complete blocks design with three replications at the research farm of Department of Water Engineering, Urmia University. Irrigation as first factor have been applied at three levels including 50%, 75% and 100% of field capacity, salinity stress as second factor have been applied at three levels including irrigation without salinity, with 7 and 14 dS/m saline water, and nitrogen as third factor have been applied in 60, 120 and 180 kg/hectare. The highest grain yield (4.45 tons/hectare) have been achieved in field capacity irrigation, nitrogen 180 kg/hectare without salinity stress treatments and the lowest rain yield (0.59 tons/hectare) have been achieved in up to 50% of field capacity irrigation, 60 kg/hectare pure nitrogen and 14 dS/m salinity treatments. The highest value of this index (8.5 tons/hectare) have been achieved in field capacity irrigation, nitrogen 180 kg/hectare without salinity stress treatments and the lowest rain yield (1.2 tons/hectare) have been achieved in up to 50% of field capacity irrigation, 60 kg/hectare pure nitrogen and 14 dS/m salinity treatments According to the results, the use of nitrogen fertilizer lead to greatly amend the effects of salinity stress. Among the measured parameters, plant height is the most resistant trait with the least variation in stress conditions. Increasing salinity leads to reduce the water use efficiency.

**Keywords:** Fertilizer, Salt, Water Deficit, Water efficiency, Water use efficiency

Chacherloo M., Besharat S., Reza Verdi Nejad V. 2021. Effect of nitrogen and salinity on irrigation water yield and productivity at different soil moisture levels. *Applied Soil Research*, 8(4): 116-130.

1. PhD. Student, Department of Water engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University

2. Associate Professor, Department of Water engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University

3. Professor, Department of Water engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University

\* Corresponding Author Email: [s.besharat@urmia.ac.ir](mailto:s.besharat@urmia.ac.ir)