نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دهم، شماره اول، بهار ۹۶
۵۷-۷۳
http://ejcp.gau.ac.ir

ارزیابی برهمکنش نیتروژن و آب شورطبیعی بر تعرق تجمعی و کارآیی مصرف آب در کلزا

یعقوب حسینی[۱]، *مهدی همایی[۲] و صفورا اسدی کپورچال[۳]

[۱]استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران، [۲]استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، [۳]استادیار گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۰/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: امروزه توسعه کشاورزی پایدار با محدودیت منابع آب‌های شیرین روبرو است. منابع آب‌های شور و لب‌شور پتانسیل عظیمی برای تأمین غذای جمعیت در آینده به حساب می‌آید. بر پایه‌ی تجارب جهانی، گزینه مدیریت به‌کارگیری آب‌های شور از گزینه توسعه منابع آب شیرین جدید مناسب‌تر است. از دیگر سو، قابلیت استفاده برخی از عناصر ضروری همچون نیتروژن برای گیاه در خاک‌های شور به دلایل مختلف اندک است، غلظت عناصر دیگری مانند کلر در این خاک‌ها زیاد و گاه در حد سمیّت می‌باشد. کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است. در بسیاری از مناطق جهان یکی از مشکلات توسعه کشت کلزا، تنش‌های محیطی است. در ایران نیز در سال‌های اخیر توجه زیادی به توسعه دانه‌های روغنی و از جمله کلزا شده است. لیکن هنوز اطلاعاتی اندک از کارآیی این گیاه در شرایط متغیر محیطی در ایران منتشر شده است. به‌نظر می‌رسد مطالعه کارآیی مصرف منابع و نهاده‌ها در شرایط تنش‌های محیطی از جمله شوری که همواره در شرایط خشک و نیمه خشک کشور حاکم است از ضرورت برخوردار می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر شوری و نیتروژن بر تعرق تجمعی و کارآیی مصرف آب در تولید دانه کلزا بود.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر به‌منظور بررسی برهمکنش شوری و نیتروژن، به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با فاکتورهای شوری شامل آب غیرشور (۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر)، و آب‌های شور طبیعی (آبی که به صورت مصنوعی شور نشده و به طور مستقیم از منابع آب شور موجود

*مسئول مکاتبه: mhomaee@modares.ac.ir

در طبیعت تهیه شده است) با شوری‌های ۳، ٦، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و عنصر نیتروژن در چهار سطح صفر (N_1)، ۷۵ (N_2)، ۱۵۰ (N_3) و ۳۰۰ (N_4) میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌صورت نیترات آمونیوم، بر روی گیاه کلزا اجرا شد. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار Mstat C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد با افزایش شوری، عملکرد نسبی دانه کلزا کاهش و با افزودن نیتروژن به خاک عملکرد افزایش یافت. با افزایش نیتروژن کاربردی، تعرق گیاه و سطوح تعرق‌کننده آن افزایش یافت. افزایش تعرق گیاه باعث افزایش جذب نیتروژن به‌وسیله دانه گردید. با کاربرد نیتروژن تا سطح ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کارآیی مصرف آب افزایش یافت. لیکن کاربرد بیشتر نیتروژن، کارآیی مصرف آب را کاهش داد. با افزایش شوری تا سطح ٦ دسی‌زیمنس بر متر، کارآیی مصرف آب افزایش و پس از آن کاهش یافت. در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، کاربرد نیتروژن به مقدار ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، کارآیی مصرف آب را افزایش داد. دلیل این امر مربوط به کاهش شدید سطوح تعرق کننده در این شوری می‌باشد. لیکن کاربرد این مقادیر نیتروژن در شوری‌های کمتر، موجب کاهش کارآیی مصرف آب شد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی کاربرد مقادیر بهینه‌ی نیتروژن به هنگام استفاده از آب‌های شور در زراعت کلزا می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و ارتقا کارآیی مصرف آب شود.

واژه‌های کلیدی: تنش اسمزی، عملکرد، نیاز آبی گیاه، نیتروژن

مقدمه

تقاضای جهانی برای غذا با افزایش جهانی سطح زیر کشت همخوانی ندارد. از دیگر سو، مشکل تأمین آب برای رفع احتیاجات بشر چالشی مهم در امر توسعه کشاورزی به‌شمار می‌آید. بنابراین کشاورزی جهانی ملزم به افزایش عملکرد در واحد سطح و استفاده بهینه از منابع محدود آب و خاک و بهره‌گیری از همه توان طبیعی برای کشاورزی خواهد بود (۳۸). در این میان، منابع آب‌های شور و لب‌شور پتانسیل عظیمی برای تأمین غذای جمعیت در آینده به حساب می‌آید (۳٤، ۳۵). بر پایه تجارب جهانی، گزینه مدیریت به‌کار گیری آب‌های شور از گزینه توسعه منابع آب شیرین جدید مناسب‌تر است (۲). با توجه به این‌که بخش وسیعی از زمین‌های کشور به‌دلیل شرایط خاص آب و هوایی، طبیعت مواد مادری و کیفیت نامناسب آب آبیاری شور بوده یا روند آن‌ها به سمت شور شدن هر چه بیشتر می‌باشد، طبیعی است که کشت گیاهان در این شرایط با مشکل مواجه بوده و لازم است تا حد امکان تدابیر لازم جهت جلوگیری از کاهش عملکرد گیاهان به عمل آید (۲۸، ۲۹، ۳۰). در این راستا افزون‌بر رعایت موارد و مبانی مدیریتی، تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاهان ضرورت دارد، بدین معنا که با عرضه منظم عناصر غذایی همچون نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌توان تنش‌های ناشی از مشکل شوری را به حداقل رساند (۲۳، ۲۵). از دیگر سو، قابلیت استفاده برخی از عناصر ضروری همچون نیتروژن برای گیاه در خاک‌های شور به دلایل مختلف اندک است، غلظت عناصر دیگری مانند کلر در این خاک‌ها زیاد و گاه در حد سمیّت می‌باشد (۳۱، ٤۱، ٤۳). در خاک‌های شور، اثرات متقابل شوری و حاصلخیزی خاک از نقطه نظر تولید بهینه اهمیت فراوان دارد (۱، ۱۱، ۱۳). پژوهش‌هایی چند در ارتباط با پاسخ برخی گیاهان به اثرات متقابل شوری و کم‌آبی صورت گرفته است (۱٦، ۱۷، ۱۸، ۱۹)، لیکن در اکثر این پژوهش‌ها عملکرد گیاهان تحت تنش در حد بهینه‌ای از عناصر غذایی مورد بررسی قرار گرفته است (۱٤، ۱۵، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲٤). بدین ترتیب در اغلب پژوهش‌های مرتبط با شوری موضوع عدم تعادل تغذیه‌ای ناشی از شوری در مدل‌های ایجاد شده، لحاظ شده است.

در بیشتر خاک‌های شور و غیر شور نیتروژن به‌عنوان یکی از عناصر محدود کننده برای رشد گیاهان مطرح است. در خاک‌های شور به‌علت کاهش تراوایی ریشه، کاهش فعالیت میکروبی خاک و به دنبال آن کاهش معدنی شدن ترکیبات آلی جذب عناصر غذایی کم است (۳٦). افزون بر این‌ها کاهش تعداد ریزجانداران تثبیت کننده نیتروژن در خانواده بقولات، کاهش جذب نیترات بر اثر عرضه زیاد آنیون کلر در محیط ریشه، کاهش نیترات‌زایی (نیتریفیکاسیون) در خاک، کمبود ماده آلی در

خاک‌های شور و هدررفت نیترات در خاک‌های شور به دلیل آبشویی از مهم‌ترین عوامل جذب کم عناصر غذایی در خاک‌های شور می‌باشند (۹، ۲٦، ٤۲). زیادی یون کلر در خاک‌های شور، از طریق رقابت بر سر جایگاه‌های جذب در ریشه گیاه، سبب کاهش جذب یون نیترات می‌شود. در آزمایشی بر روی گیاه ارزن پادزهری، مصرف یک مترمکعب آب آبیاری با شوری ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب تولید ۸/۳٤۵، ۸/۳۲۷، ۵/۱۷۱ و ٤/۹۱۹ تن در هکتار در برداشت اول و ۵/۹۹۷، ٦/۱۱٤، ۳/۷۱۸ و ۳/٦۳۸ تن در هکتار در برداشت دوم را در پی داشت. مصرف هر مترمکعب آب آبیاری با قابلیت هدایت الکتریکی ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش ۳۹ درصدی تولید را نشان داد (۸). برخی پژوهشگران نشان دادند که واکنش مثبت عملکرد گیاه به‌دنبال مصرف کودهای نیتروژنی در خاک‌های شور، ممکن است به‌علت جذب بیشتر یون نیترات باشد که جانشین یون کلر در گیاه شده و موجب افزایش غلظت آنیون‌های آلی در گیاه می‌شود (٤۸). شوری خاک به سبب عرضه فراوان یون کلر، موجب کاهش تولید آنیون‌های آلی در گیاه می‌شود که این امر می‌تواند کاهش رشد گیاه را به‌دنبال داشته باشد. کاربرد کودهای نیتراتی و به‌دنبال آن کاهش جذب کلر می‌تواند تا حدود زیادی این مشکل را برطرف کند (٤۹). اسماعیلی و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن در سطوح کم تا متوسط شوری، وزن خشک سورگوم را افزایش می‌دهد. افزودن کود نیتروژن به تیمارهای آب شور باعث کاهش غلظت Na^+ و Cl^-و افزایش غلظت پتاسیم گیاه شد (۱۰). در آزمایشی دیگر، بوتلا و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که تأثیر شوری بر جذب نیتروژن به منبع نیتروژن کاربردی بستگی دارد. به‌گونه‌ای‌که شوری، جذب کل نیتروژن را هنگامی‌که منبع نیتروژن از نوع نیتراتی و یا نیتراتی به همراه منبع آمونیومی بود، کاهش داد. لیکن هنگامی‌که نیتروژن تنها از منبع آمونیومی تأمین شد، تأثیر شوری بر جذب آن اندک بود. به‌طور کلی، بهترین منبع نیتروژن به‌ویژه در خاک‌های شور، مخلوط نیتراتی و آمونیومی می‌باشد (۵). در آزمایشی بر روی خربزه نشان داده شد که استفاده از آب لب شور عملکرد را حدود ۱۷ درصد نسبت به آب شیرین کاهش داد در حالی‌که استفاده از آب شور نسبت به آب لب شور عملکرد را حدود ۱۰ درصد کاهش داد و تفاوت معنی‌داری نداشتند (۳). بار و همکاران (۱۹۹۷) مشاهده کردند که تجمع کلر در برگ مرکبات و آواکادو باعث ریزش برگ‌ها شد، اما با کاربرد نیتروژن از نوع نیتراتی (NO_3^-) ریزش برگ‌ها و نیز اثرات مضر کلر کاهش یافت. غلظت بالای نیترات در گیاه، کاهش غلظت فسفر گیاه و کلروزه شدن برگ را به دنبال داشته است. نیترات افزون‌بر کاهش تجمع کلر، باعث کاهش بور در برگ‌ها نیز

شده است. این پژوهشگران پیشنهاد کردند که در آب‌های حاوی غلظت‌های بالای یون کلرید، به میزان نصف غلظت Cl^- در آب، نیترات به آب اضافه شود (٤). در پژوهشی دیگر نشان داده شد که یون کلرید با افزایش سطوح نیترات (NO_3^-) کاهش پیدا کرد لیکن کاربرد $H_2PO_4^-$ اثر ناچیزی در کاهش غلظت Cl^- داشت (۳۳).

کلزا (*Brassicanapus*L.) یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است. در بسیاری از مناطق جهان یکی از مشکلات توسعه کشت کلزا، تنش‌های محیطی است (٤۰، ٤٦). در ایران در مجموع، ٦/۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور دارای خاک‌های مبتلا به درجات مختلف شوری هستند. از این مقدار حدود ٤/۳ میلیون هکتار جزو آن‌دسته از اراضی هستند که به غیر از شوری محدودیت دیگری ندارند (۳۷). در سال‌های اخیر توجه زیادی به توسعه دانه‌های روغنی و از جمله کلزا در کشور شده است. لیکن هنوز اطلاعاتی اندک از کارآیی این گیاه در شرایط متغیر محیطی در ایران منتشر شده است. به‌نظر می‌رسد مطالعه کارآیی مصرف منابع و نهاده‌ها در شرایط تنش‌های محیطی از جمله شوری که همواره در شرایط خشک و نیمه‌خشک کشور حاکم است از ضرورت برخوردار می‌باشد. از طرف دیگر، در بیشتر پژوهش‌های انجام شده پیشین، آب مورد استفاده از یک منبع شور طبیعی برداشت نشده و بیشتر از ترکیب ساختگی $NaCl+CaCl_2$ استفاده شده است که مطابق با شرایط واقعی منابع آب شور نمی‌باشد. به همین دلیل، به‌واسطه نزدیک‌تر شدن به شرایط واقعی، در این آزمایش از آب شور طبیعی استفاده شد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر آب شور طبیعی و نیتروژن بر تعرق تجمعی و کارآیی مصرف آب در تولید دانه کلزا بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی برهمکنش شوری و نیتروژن، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با فاکتورهای شوری و عنصر نیتروژن، بر روی گیاه کلزا به اجرا در آمد. تیمارهای شوری شامل آب غیرشور (۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر)، و آب‌های شور طبیعی (منظور آب شوری است که به‌صورت مصنوعی درست نشده و به‌طور مستقیم از منابع آب شور که در طبیعت وجود دارد تهیه شده است) با شوری‌های ۳، ٦، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. آب شور موردنیاز از دریاچه حوض سلطان استان قم با شوری ۱۹٦ دسی‌زیمنس بر متر تهیه شد. تیمارهای آب شور از رقیق کردن این آب با آب شرب (EC=۰/۳) تا رسیدن به شوری‌های ۳، ٦، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر

تهیه شد. جدول ۱ برخی ویژگی‌های شیمیایی آب شور طبیعی را نشان می‌دهد. عنصر غذایی نیتروژن اضافه شده به خاک نیز دارای چهار سطح صفر (N_1)، ۷۵ (N_2)، ۱۵۰ (N_3) و ۳۰۰ (N_4) میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌صورت نیترات آمونیوم بود.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب شور طبیعی اولیه.

Table 1. Some chemical characteristics of natural saline water.

واکنش	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	سولفات	بی‌کربنات	کربنات	کلر	پتاسیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	بور
pH	EC ($dS.m^{-1}$)	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Cl^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	B
		میلی‌مول در لیتر ($mmol.L^{-1}$)								
8.15	196.00	176.00	54.00	5.50	1388.00	2.90	1313.00	142.00	128.00	20.00

این پژوهش در یک خاک با بافت لوم شنی دارای شوری کم (کمتر از ٤ دسی‌زیمنس بر متر) و مقادیر اندک نیتروژن (۰/۰۲ درصد) انجام شد. برای گزینش خاک موردنظر، نخست با مراجعه به گزارش‌ها و نقشه‌های خاکشناسی، مناطقی که امکان وجود خاک‌هایی با مشخصات پیش گفته در آن‌ها وجود داشت انتخاب شدند. سپس چندین نمونه خاک از استان‌های قزوین، قم، مرکزی و چند نقطه از استان تهران برداشت و به‌منظور انجام تجزیه‌های موردنظر به آزمایشگاه منتقل شدند. با توجه به نتایج آزمایشگاه، خاک منطقه قمرود استان قم با نام علمی Coarse-loamy, mixed thermic Calcic Haplosalids برای انجام این پژوهش مناسب تشخیص داده شد. انتخاب بافت سبک به‌این دلیل بود تا بتوان شوری کل نیمرخ خاک را با جزء آبشویی[1] (LF) نسبتاً زیاد، حتی‌الامکان یکنواخت کرد. در این صورت می‌توان جزء آبشویی موردنیاز را که حداکثر برابر ۰/۵ است، اعمال کرد. دلیل دیگر برای این انتخاب، نگهداشت یکنواخت توزیع رطوبت در محیط ریشه برای همه تیمارها بود. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده شامل بافت، رطوبت ظرفیت زراعی (FC)، عناصر پرمصرف، کربن آلی، pH خاک و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شده که در جدول ۲ ارائه گردید (۳۹).

1- Leaching fraction

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شور طبیعی مورد استفاده در آزمایش.

Table 2. Some physical and chemical characteristics of the studied natural saline soils.

واکنش عصاره اشباع pH_e	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC_e (dS.m^{-1})	سولفات محلول (میلی گرم در کیلوگرم) SO_4^{2-} (Soluble in water) (mg.kg^{-1})	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	فسفرقابل دسترس گیاه (میلی‌گرم در کیلوگرم) P available (mg.kg^{-1})	کلر محلول (میلی‌گرم در لیتر) Cl^- (Soluble in water) (mg.L^{-1})	پتاسیم قابل دسترس گیاه (میلی‌گرم در کیلوگرم) K available (mg.kg^{-1})	سدیم محلول + تبادلی (میلی‌گرم در لیتر) Na^+ (soluble + exchangeable) (mg.L^{-1})	بور قابل استخراج توسط آب (میلی‌گرم در کیلوگرم) B extracted by water (mg.kg^{-1})	بافت خاک Soil texture	ظرفیت زراعی (درصد) (FC) (٪)
7.91	2.99	64.00	0.23	5.32	216.00	189.00	409.00	1.20	SL	21.7

برای انجام آزمایش، لایسیمترهایی به ارتفاع ٢٤ سانتی‌متر و قطر ٢٢ سانتی‌متر انتخاب شدند تا ریشه‌های کلزا از لحاظ گسترش و نفوذ و نیز جذب آب و مواد غذایی با محدودیتی روبرو نشوند. شکل لایسیمترها نیز به‌صورت استوانه‌ای در نظر گرفته شد تا هنگام اعمال جزء آبشویی[1] بر ستون قائم خاک مشکلی پیش نیاید. در قسمت زیرین لایسیمترها خروجی‌هایی ایجاد شد تا آب از آن‌ها خارج و از تجمع نمک جلوگیری شود. سپس یک لایه توری پلاستیکی متناسب با شکل و اندازه کف لایسیمترها تهیه و در کف آن‌ها قرار داده شد. مقدار ۸۰۰ گرم زهکش از جنس ماسه متوسط به قطر ۲-۱ سانتی‌متر روی لایه توری قرار داده شد و روی این لایه زهکش نیز یک لایه توری دیگر قرار گرفت تا حتی‌الامکان از مخلوط شدن خاک و زهکش جلوگیری شود. سپس ۸ کیلوگرم خاک در هر لایسیمتر ریخته شد. مقدار نیتروژن هر تیمار پس از محاسبه، در طول دوره رشد گیاه در ۱۰ قسط مساوی به همراه آب آبیاری (همراه اعمال تیمارهای شوری) اضافه شد. عناصر غذایی دیگر (فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس) نیز طبق توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب (۳۲)، همان ابتدا به مقدار مساوی به همه تیمارها داده شد.

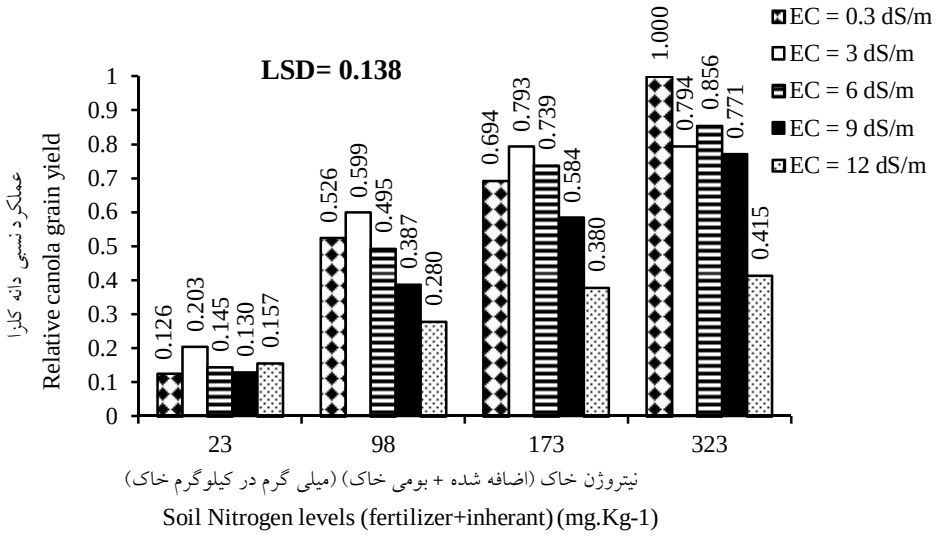
سپس، ده عدد بذر کلزا رقم (Hyola401 یکی از ارقام رایج کشت کلزا در ایران) در هر لایسیمتر کاشته شد و تا زمان استقرار (دو هفته پس از کاشت) با آب غیر شور آبیاری شدند. پس از آن، تعداد

1- Leaching Fraction

چهار بوته قوی و یکسان در هر لایسیمتر نگهداری و بقیه بوته‌ها حذف شدند. در همین زمان تیمارهای آب شور نیز اعمال شدند و از این زمان به بعد هر تیمار با در نظر گرفتن جزء آبشویی (LF) برابر با ۰/۵ و با وزن کردن هر لایسیمتر و تعیین اختلاف وزنی آن با هنگامی‌که خاک لایسیمتر در حالت ظرفیت زراعی است، با مقدار معینی از آب شور (دارای EC متناسب با هر تیمار) آبیاری شدند. با اعمال این جزء آبشویی، شوری عصاره خاک تا حد امکان به شوری آب آبیاری نزدیک می‌شود. مقدار تعرق گیاه با روش اندازه‌گیری زه‌آب لایسیمترها محاسبه گردید. در طول دوره آزمایش، مراقبت‌های لازم (سم‌پاشی بر علیه آفات مانند شته و آبیاری به موقع) به عمل آمد. بوته‌ها تا مرحله عملکرد نگهداری و سپس برداشت و دانه کلزا از بوته جدا شد. پس از برداشت، گیاهان هر تیمار سه بار با آب معمولی و دو بار نیز با آب مقطر شستشو و به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای ٦٥ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. مقدار عملکرد برای هر تیمار اندازه‌گیری شد. سپس مقدار عنصر نیتروژن در دانه گیاه کلزا با استفاده ازروش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. پس از آن مقدار تعرق تجمعی و کارآیی مصرف آب محاسبه گردید. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار Mstat C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد. در نهایت با کمک نرم‌افزارهای مناسب و معادلات رگرسیونی تفسیر نتایج به‌دست آمده، صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

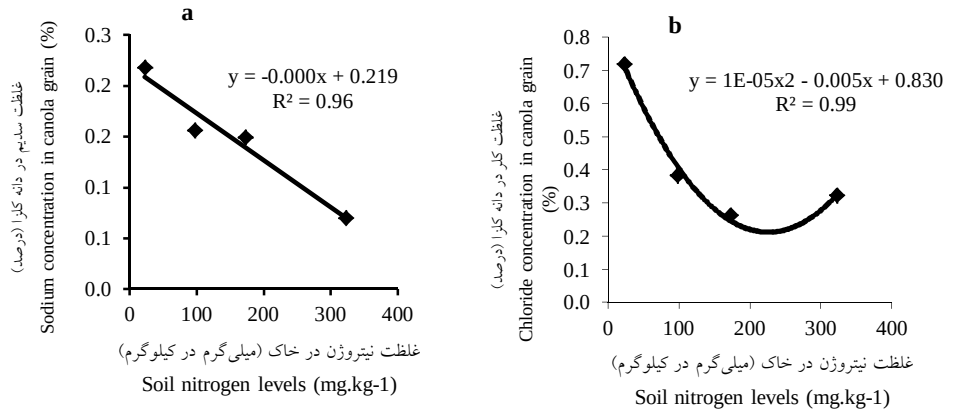
عملکرد نسبی دانه گیاه کلزا به‌عنوان تابعی از سطوح مختلف نیتروژن خاک در شوری‌های مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. به‌طور کلی با افزایش شوری، عملکرد نسبی دانه کلزا کاهش و با افزودن نیتروژن به خاک عملکرد افزایش یافت. در تیمار حداکثر شوری در این آزمایش، افزودن کود نیتروژنی تأثیری معنی‌دار بر عملکرد دانه کلزا نداشته است که نشان از چیرگی محدودیت عامل شوری نسبت به عامل عنصر غذایی نیتروژن می‌باشد. لیکن در تیمار بدون مصرف نیتروژن، عامل کمبود نیتروژن نسبت به شوری عامل تعیین‌کننده عملکرد کلزا بود.



شکل ۱- برهمکنش مقادیر مختلف نیتروژن خاک و شوری بر عملکرد نسبی دانه کلزا.

Figure 1. Interaction effect of soil nitrogen levels and salinity on relative canola grain yield.

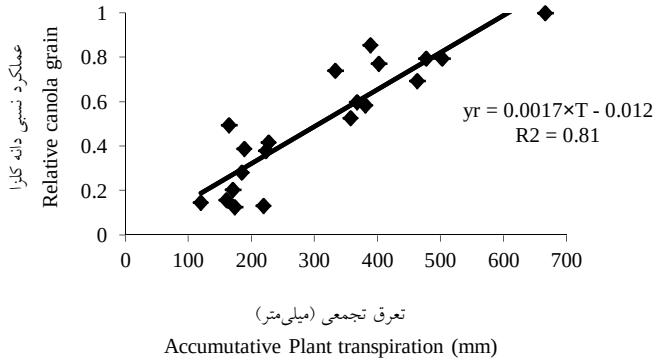
یکی از سازو کارهای مهم تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر عملکرد دانه کلزا، کاهش قابل توجه غلظت یون‌های کلر و سدیم در گیاه می‌باشد که از اجزای تشکیل دهنده شوری می‌باشند (شکل ۲ a و b). بدیهی است کاهش غلظت این دو یون در گیاه، کاهش سمیّت آن‌ها را در پی خواهد داشت و شرایط رشد گیاه و ایجاد عملکرد مطلوب حفظ خواهد شد.



شکل ۲- تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر غلظت یون‌های سدیم (a) و کلر (b) در دانه کلزا.

Figure 2. The effect of nitrogen levels on Sodium (a) and chloride (b) in canola grain.

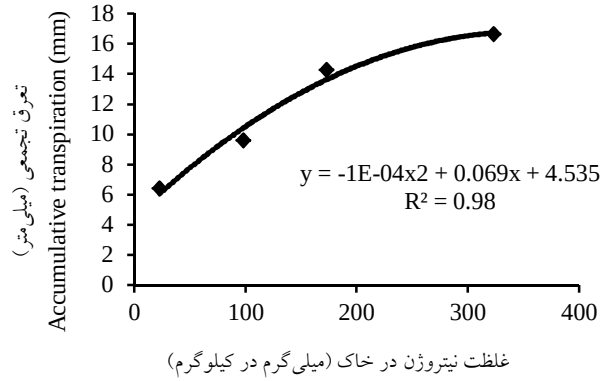
عملکرد دانه کلزا به عنوان تابعی از تعرق گیاه در شکل (۳) نشان داده شده است. با افزایش تعرق، عملکرد دانه کلزا نیز افزایش یافت. محل برخورد خط رسم شده با محور افقی نمایانگر مقدار تبخیر از سطح خاک است. رابطه مستقیم عملکرد و تعرق توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (٦، ٤٤).



شکل ۳- رابطه تعرق تجمعی (در طول دوره رشد گیاه) با عملکرد نسبی دانه گیاه کلزا.

Figure 3. Relationship between accumulative transpiration (plant growth period) with relative canola grain.

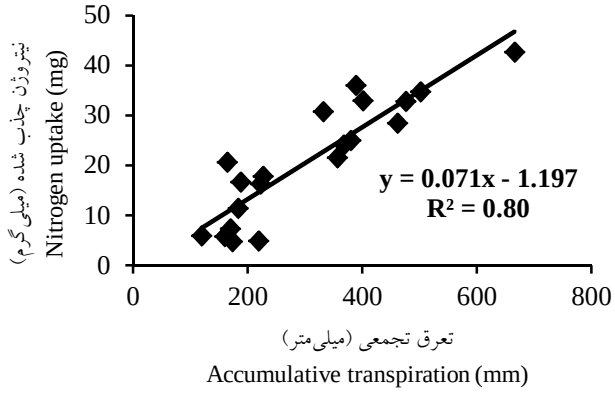
شکل (٤) تعرق گیاه کلزا را به‌عنوان تابعی از کاربرد نیتروژن نشان می‌دهد. به‌طور کلی با افزایش نیتروژن کاربردی، تعرق گیاه افزایش پیدا کرد. زیرا افزودن نیتروژن به خاک، سطوح تعرق کننده گیاه را افزایش داد.



شکل ٤- تأثیر کاربرد نیتروژن بر تعرق تجمعی گیاه کلزا.

Figure 4. The effect of nitrogen application on accumulative transpiration in canola plant.

از دیگر سو، افزایش تعرق گیاه باعث افزایش جذب نیتروژن به‌وسیله دانه گردید (شکل ۵). علت افزایش جذب نیتروژن با افزایش تعرق، سازوکار انتقال نیتروژن از خاک به طرف ریشه است. این سازوکار حرکت توده‌ای می‌باشد که عامل اصلی این انتقال حرکت و جابجایی آب می‌باشد و تعرق نیروی اصلی این حرکت است (٤٥).

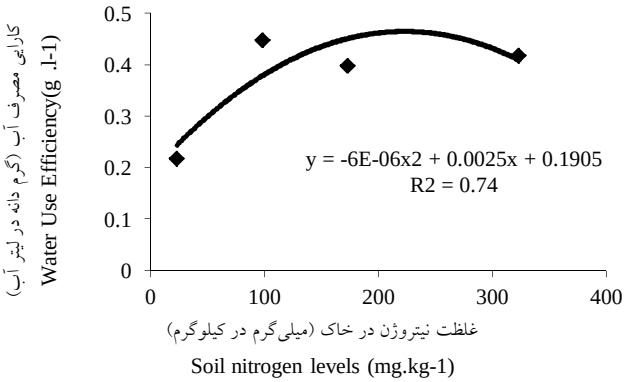


شکل ۵- تأثیر تعرق تجمعی (در طول دوره رشد گیاه) بر جذب نیتروژن در گیاه کلزا.

Figure 5. The effect of accumulative transpiration (plant growth period) on nitrogen uptake in canola plant.

شکل (٦) تأثیر نیتروژن کاربردی بر کارآیی مصرف آب (WUE) در کلزا را نشان می‌دهد. به‌طور کلی کارآیی مصرف آب در گیاه عبارت است از مقدار ماده خشک یا عملکرد تولید شده به ازاء یک واحد آب مصرف شده. بنابراین تعریف ساده دو راه برای محاسبه کارآیی مصرف آب وجود دارد. یکی این‌که مقدار ماده خشک یا عملکرد تولید شده به ازاء واحد آب تعرق شده از گیاه در نظر گرفته شود. دوم این‌که مقدار آب کاربردی برای آبیاری گیاه در محاسبات منظور شود. در محاسبات این پژوهش، کارآیی مصرف آب بر اساس دانه تولید شده به ازاء واحد آب تعرق شده از گیاه محاسبه گردید.

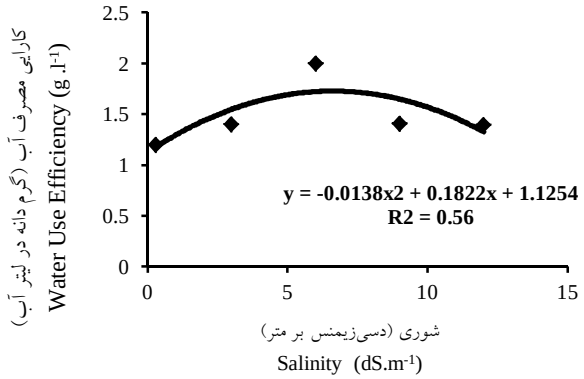
با کاربرد نیتروژن تا سطح ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کارآیی مصرف آب افزایش یافت. کاربرد بیشتر نیتروژن، کارآیی مصرف آب را کاهش داد. دلیل این امر می‌تواند افزایش شدید تعرق گیاه به‌دنبال افزایش زیاد سطوح تعرق کننده گیاه باشد به طوری‌که کاربرد این مقدار نیتروژن، سطوح تعرق‌کننده گیاه را بیش از عملکرد افزایش داد. نتایج مشابهی توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۲۷، ٤٧).



شکل ٦- تأثیر مقدار نیتروژن خاک بر کارآیی مصرف آب.

Figure 6. The effect of soil nitrogen levels on water use efficiency.

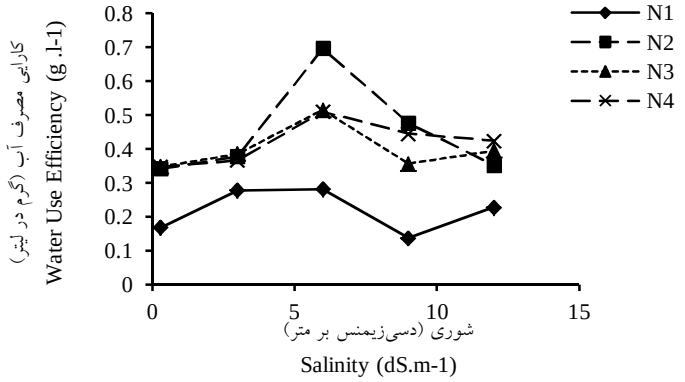
شکل (۷) رابطه بین کارآیی مصرف آب (WUE) با سطوح شوری را نشان می‌دهد. با افزایش شوری تا سطح ٦ دسی‌زیمنس بر متر کارآیی مصرف آب افزایش و پس از آن کاهش پیدا کرد. براگنولی و جورکام (۱۹۹۲) و هستر و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که در مقادیر پایین‌تر شوری، که تأثیر اسمزی ناشی از شوری بر سمیّت یونی آن غالب است، آسیب به فتوسنتز گیاه در مقایسه با تعرق کمتر می‌باشد و بنابراین با افزایش شوری، کارآیی مصرف آب افزایش می‌یابد لیکن در شوری‌های بالا، تنش ناشی از سمیّت یون‌های محلول شور نسبت به تنش اسمزی افزایش می‌یابد و در نتیجه افزایش شدید تنفس و کاهش فتوسنتز گیاه را به دنبال دارد. این امر سبب کاهش مقدار ماده آلی تولید شده گیاه و بنابراین کاهش کارآیی مصرف آب در شوری‌های بالا می‌شود (۷، ۱۲).



شکل ۷- تأثیر شوری بر کارایی مصرف آب در کلزا.

Figure 7. The effect of salinity on water use efficiency in canola.

شکل (۸) کارآیی مصرف آب آبیاری را به‌عنوان تابعی از شوری آب آبیاری در سطوح مختلف نیتروژن نشان می‌دهد. با افزایش سطوح شوری ابتدا کارآیی مصرف آب آبیاری تا شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر افزایش ولی پس از آن با افزایش شوری کاهش یافت. به طور کلی، افزودن نیتروژن به خاک تا ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک افزایش کارآیی مصرف آب را در پی داشته لیکن کاربرد بیشتر نیتروژن، آن را کاهش داده است. علی‌رغم این کاهش، کارآیی مصرف آب همچنان از تیمار بدون کاربرد نیتروژن بیشتر است.



شکل ۸- تأثیر شوری بر کارایی مصرف آب در سطوح مختلف نیتروژن کاربردی.

Figure 8. The effect on water use efficiency in applied nitrogen levels.

با افزایش شوری تا سطح ٦ دسی‌زیمنس بر متر و ایجاد اشکال در جذب آب، گیاه مدیریت مصرف آب را بهتر انجام می‌دهد و با این‌که مقداری از تعرق خود را می‌کاهد لیکن تأثیری بر تولید ماده خشک گیاه ندارد. در مقادیر شوری بیشتر از ٦ دسی‌زیمنس بر متر گیاه این توانایی را از دست می‌دهد. با افزایش سطوح نیتروژن تا سطح ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، عملکرد دانه افزایش پیدا کرده و باعث افزایش کارآیی مصرف آب می‌شود. با افزایش کاربرد بیشتر نیتروژن گرچه عملکرد دانه افزایش می‌یابد لیکن این افزایش کمتر از میزان افزایش تعرق گیاه است (به سبب کاربرد نیتروژن سطح تعرق کننده گیاه به شدت افزایش یافته است).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی با افزایش شوری، عملکرد نسبی دانه کلزا کاهش و با افزودن نیتروژن به خاک عملکرد تا سطح مشخصی از شوری افزایش یافت. توصیه می‌شود به‌منظور افزایش عملکرد و بهبود کارآیی مصرف آب مقادیر مناسب نیتروژن به هنگام استفاده از آب‌های شور برای زراعت کلزا استفاده شود.

منابع

1. Akhtari, A., Homaee, M., and Hoseini, Y. 2014. Modeling plant response to salinity and soil nitrogen deficiency. J. Water Soil Resour. Conserv., 3: 4. 33-50. (In Persian)
2. Asadi Kapourchal, S., Homaee, M., and Pazira, E. 2013. Modeling leaching requirement for desalinization of saline soils. J. Water Soil Resour. Conserv., 2: 2. 65-83. (In Persian)
3. Baghani, J., Alizadeh, A., Ansari, H., Azizi, M., and Sadr Ghaen, S.H. 2013. The Effect of Water Salinity Variation on Some of the Agronomic Traits of Late Summer Melon. Iran. J. Irrig. Drain., 2: 7. 222-230. (In Persian)
4. Bar, Y., Apelbaum, A., Kafkafi, U., and Goren, G. 1997. Relationship between chloride and nitrate and its effects on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. J. Plant Nutr., 20: 6. 715-731.
5. Botella, M.A., Martinez, V., Nieves, M., and Cerda, A. 1997. Effect of salinity on the growth and nitrogen uptake by wheat seedlings. J. Plant Nutr., 20: 6. 793-804.
6. Bresler, E. 1987. Application of conceptual model to irrigation water requirement and salt tolerance of crops. Soil Sci. Soc. Am., J. 51: 788-793.
7. Brugnoli, E., and Jorkman, B. 1992. Growth of cotton under continuous salinity stress: influence on allocation pattern, stomatal and non-stomatal components of photosynthesis and dissipation of excess light energy. Planta., 187: 335-345.
8. Eshghizadeh, H.R., Kafi, M., Nezami, A., and Khoshgoftarmanesh, A.H. 2014. Effect of water irrigation salinity on some morphological characters, yield and water use efficiency of blue panic grass (Panicum antidotale Retz). Agron. J. (Pajouhesh and Sazandegi). 101: 180-191. (In Persian)
9. Eskandari, M., Homaee, M., Asadi Kapourchal, S., and Mirnia, S.Kh. 2014. Barley seed germination in NaCl + $CaCl_2$ solution, natural saline water and saline soil. Cereal Res., 3: 4. 335-347. (In Persian)
10. Esmaili, E., Homaee, M., and Malakouti, M.J. 2005. Interactive effect of salinity and nitrogen fertilizers on growth and composition of sorghum. Iran. J. Soil Water Sci., 19: 1. 131-144. (In Persian)
11. Esmaili, E., Asadi Kapourchal, S., Malakouti, M.J., and Homaee, M. 2008. Interactive Effect of Salinity and Two Nitrogen Fertilizers on Growth and Composition of Sorghum. Plant Soil Environ., 56: 12. 537-546.
12. Hester, M.W., Mendelesoln, I.A., and Mckee, K.L. 2001. Species and Population varation to salinity stress in *Panicum hemitomon*, *Spartina patens*, and *Spartina alterniflora*: morphological and physiological constrains. Environ. Exp. Bot., 46: 277-297.
13. Homaee, M. 2002. Plant Response to Salinity. IRNCID Press, 97p. (In Persian)

14. Homaee, M., and Feddes, R.A. 1999. Water uptake under non-uniform transient salinity and water stress. P 416-427, In: J. Feyen and K. Wiyo (eds), Modeling of Transport Processes in Soils at Various Scales in Time and Space.
15. Homaee, M., and Feddes, R.A. 2001. Quantification of water extraction under salinity and drought. P 376-377, In: W.J. Horst et al. (eds), Plant Nutrition-Food Security Sustainability of Agro-ecosystems. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
16. Homaee, M., Feddes, R.A., and Dirksen, C. 2002a. A macroscopic water extraction mode for nonuniform transient salinity and water stress. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 6. 1764- 1772.
17. Homaee, M., Dirksen, C., and Feddes, R.A. 2002b. Simulation of root water uptake. I. Nonuniform transient salinity stress using different macroscopic reduction functions. Agric. Water Manage., 57: 2. 89-109.
18. Homaee, M., Feddes, R.A., and Dirksen, C. 2002c. Simulation of root water uptake. II. Nonuniform transient water stress using different reduction functions. Agric. Water Manage., 57: 2. 111-126.
19. Homaee, M., Feddes, R.A., and Dirksen, C. 2002d. Simulation of root water uptake. III. Nonuniform transient combined salinity and water stress. Agric. Water Manage., 57: 2. 127-144.
20. Homaee, M., and Feddes, R.A. 2002. Modeling the sink term under variable soil water osmotic heads. P 17-24, In: Hassanizadeh et al. (eds), developments in Water Resources 47(1); Computational methods in water resources. Elsevier Science B.V., The Netherlands.
21. Homaee, M., and Schmidhalter, U. 2008. Water integration by plants root under non-uniform soil salinity. Irrigation Sci., 27: 83-95.
22. Hosaini, Y., Homaee, M., Karimian, N.A., and Saadat, S. 2009. Modeling vegetative stage response of canola to combined salinity and Boron stress. Int. J. Plant Prod., 3: 1. 91-104.
23. Hosseini, Y., Homaee, M., Karimian, N.A., and saadat, S. 2009. Modeling of Canola Response to Combined Salinity and Nitrogen Stresses. J. Sci. Technol. Agri. Nat. Resour. (Water Soil Sci.). 12: 46. 721-735. (In Persian)
24. Hosseini, Y., Homaee, M., and Saadat, S. 2009. The Effects of Phosphorus and Salinity on Growth, Nutrient Concentrations, and Water Use Efficiency in Canola (*Brassicanapus* L.). Agr. Res. 9: 5. 1-18. (In Persian)
25. Hosseini, Y., Homaei, M., Karimian, N., and Saadat, S. 2014. Effect of salinity and boron on seed germination and emergence of canola (*Brassicanapus* L.). Environ. Stress. Crop Sci., 7: 1. 79-91. (In Persian)
26. Hosseini, S., Jalali, V.R., and Homaee, M. 2015. Macroscopic Simulation of Durum Wheat Response to Salinity on Vegetative Growth Stages. Cereal Res., 4: 4. 319-331. (In Persian)

27. Hussain, G., and Al-Jaloud, A.A. 1998. Effect of irrigation and nitrogen on yield, yield components and water use efficiency of barley in Saudi Arabia. Agric. Water Manage., 36: 55-70.
28. Jalali, V.R., Homaee, M., and Mirnia, S.Kh. 2007. Effects of different Salinity levels in the Growing Medium on Germination and seeding growth of Canola (*Brassica Napus* L.). Iran. J. Soil Waters Sci., 21: 2. 209-217. (In Persian)
29. Jalali, V.R., Homaee, M., and Mirnia, S.Kh. 2008a. Modeling Canola Response to Salinity in Productive Growth Stages. J. Sci. Technol. Agri. Nat. Resour. (Water Soil Sci.). 12: 44. 111-122. (In Persian)
30. Jalali, V.R., Homaee, M., and Mirnia, S.Kh. 2008b. Modeling Canola Response to Salinity on Vegetative Growth Stages. J. Agric. Engin. Res. 8: 4. 95-112. (In Persian)
31. Jalali, V.R., and Homaee, M. 2010. Modeling the effect of salinity application time of root zone on yield of canola (*Brassicanapus* L.). Agric. Crop Manage. 12: 1. 29-40. (In Persian)
32. Khademi, Z., Rezaee, H., and Mahajer Millani, P. 2000. Optimum Nutrition in Canola. Agricultural Ministry, Tehran, Iran. (In Persian)
33. Kafkafi, U., Valoras, N., and Letey, J. 1982. Chloride interaction with nitrate and phosphate nutrition in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). J. Plant Nutr. 5: 12. 1369-1385.
34. Kiani, A.R., Mirlatifi, M., Homaee, M., and Cheraghi, A. 2005. Water use efficiency of wheat under salinity and water stress. J. Agric. Engin. Res., 6: 24. 47-64. (In Persian)
35. Kiani, A.R., Homaee, M., and Mirlatifi, M. 2006. Evaluation yield reduction functions under salinity and water stress conditions. Iran. J. Soil Res. (Formerly Soil Water Sci.). 20: 1. 73-83. (In Persian)
36. Mostafavi Rad, M. 2013. Study of seed yield and seed macro elements content of three winter rapeseed varieties as affected by different nitrogen sources. EJCP., 6: 1. 109-123. (In Persian)
37. Moameni, A. 2009. The geographic distribution of soil salinity surfaces in Iran. Iran. J. soil Res. (Formerly Soil Water Sci.). 24: 3. 203-215. (In Persian)
38. Noroozi, A.A., Homaee, M., and Farshad, A. 2014. Estimating Topsoil Salinity from LANDST Data: A Comparison between Classic and Spatial Statistics. J. Range Watershed Manage., 66: 4. 609-620. (In Persian)
39. Pansu, M., and Gautheyrou, J. 2006. Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer Pub., 993p.
40. Rasouli, S.F., Galeshi, S., Pirdashti, H., and Zeinali, E. 2014. Evaluation of waterlogging stress effect on yield and yield components of rapeseed. EJCP., 7: 2. 23-41. (In Persian)

41. Saadat, S., Homaee, M., and Liaghat, A.M. 2005. Effect of soil solution salinity on the germination and seedling growth of sorghum plant. Iran. J. Soil Waters Sci., 19: 2. 243-254. (In Persian)
42. Saadat, S., and Homaee, M. 2015a. Modeling Sorghum Response to Salinity at Germination Stage. J. Water Res. Agric., 28: 3. 503-516. (In Persian)
43. Saadat, S., and Homaee, M. 2015b. Modeling sorghum response to irrigation water salinity at early growth stage. Agric. Water Manage., 152: 119-124.
44. Shani, U., and Dudley, L.M. 2001. Field studies of crop response to drought and salt stress. Soil Sci. Soc. Am. J., 65: 1522-1528.
45. Shenker, M., Ben-Gal, A., and Shani, U. 2003. Sweet corn response to combined nitrogen and salinity environmental stresses. Plant Soil., 256: 139-147.
46. Tahmasebi Sarvestani, Z., and Mostafavi Rad. 2012. Effect of organic and inorganic nitrogen sources on quantitative and qualitative characteristics in three winter rapeseed cultivars in Arak. EJCP., 4(4): 177-194. (In Persian)
47. Taylor, A.J., Smith, C.J., and Wilson, I.B. 1991. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola *(Brassica napus* L.). Fert. Res. J., 29: 249-260.
48. Thomas, J.R., and Langdale, G.W. 1980. Ionic balance in coastal bermudagrass influenced by nitrogen fertilization and soil salinity. Agron. J., 72: 3. 449-452.
49. Torres, B.C., and Bingham, F.E. 1973. Salt tolerance of Mexican wheat. I. Effect of NO_3^- and NaCl on mineral nutriton, growth, and grain production of wheat. Soil Sci. Soc. Am. J., 37: 711-715.