Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2020.287439.668297 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۴، تیر ۱۳۹۹ (ص ۸۲۸-۸۱۳)

Investigation of Simultaneous Effect of Soil and Irrigation Water Salinity on Final Soil Salinity and Quantitative and Qualitative Yields and Water Use Efficiency of Canola

KAMI KABOOSI*[1], MAHDIEH SARAMI[2]
1. Department of Water Engineering, Gorgan branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
2. Department of Agriculture, Gorgan branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
(Received: Aug. 24, 2019- Revised: Dec. 23, 2019- Accepted: Jan. 8, 2020)

ABSTRACT

During the plant growing season, soil salinity changes by irrigation water. Therefore, assuming constant soil salinity during the growing season cannot simulate the actual plant growth conditions in the field. Accordingly, the present study aimed to investigate the interaction of irrigation water salinity (at six levels including 1.2, 4, 6, 8, 10 and 12 $dS.m^{-1}$) and salinity of soil saturated extract at the beginning of the season (at three levels including 3, 4.5 and 6 $dS.m^{-1}$) on growth, yield components, quantitative and qualitative yields and water use efficiency of a cultivar of canola, Hyola 401. For this purpose, a factorial experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted in the Gorgan region. The results showed that the effect of initial soil salinity and irrigation water salinity on final soil salinity was significant. However, according to correlation analysis and regression equation, the dependence of final soil salinity on irrigation water salinity was higher than the initial soil salinity. The salinity of water and soil had no significant effect on the number of secondary branch and harvest index but they resulted in the significant increase of days to flowering and significant decrease in days to maturity, plant height and height of the first silique, stem diameter, silique length, number of seeds per silique, number of silique per plant, and biological yield. Due to the high tolerance of canola to the soil salinity, seed yield and seed water use efficiency (on the basis of seed yield and economy) were not affected by soil salinity, but the salinity of irrigation water caused a significant decrease of these traits because of the introduction of frequent salinity shocks into the plant. Also, the interaction of irrigation water salinity and soil salinity on oil percent, oil yield, and oil water use efficiency was significant so that an increase in irrigation water salinity from 1.2 to 12 $dS.m^{-1}$ at different soil salinities of 3, 4.5 and 6 $dS.m^{-1}$ resulted a decrease of oil percentage by 10.1%, 7.3%, and 10.5% and oil yield and oil water use efficiency by 23%, 18% and 28%, respectively.

Keywords: Interaction, Canola Oil, Soil and Water Salinity, Variable Salinity, Water Use Efficiency.

* Corresponding Author's Email: kkaboosi@yahoo.com
www.SID.ir

Archive of SID

بررسی اثر همزمان شوری خاک و آب آبیاری بر شوری نهایی خاک و عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب کلزا

کامی کابوسی*[۱]، مهدیه صارمی[۲]

۱. گروه مهندسی آب، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.

۲. گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۲- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۰/۲- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۰/۱۸)

چکیده

شوری خاک در طول فصل رشد تحت تأثیر شوری آب آبیاری، متغیر است. بنابراین، فرض ثابت‌بودن شوری خاک در طول فصل رشد نمی‌تواند شرایط واقعی رشد گیاه را در مزرعه شبیه‌سازی کند. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی برهمکنش شوری آب آبیاری (در شش سطح ۱/۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و شوری عصاره اشباع خاک در ابتدای فصل (در سه سطح ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) بر رشد، اجزاء عملکرد، عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب گیاه کلزا رقم هایولا ۴۰۱ انجام شد. برای این منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه گرگان به اجرا در آمد. نتایج نشان داد که برهکمنش شوری ابتدایی خاک و شوری آب آبیاری بر شوری نهایی خاک معنی‌دار است. با این حال، بر اساس تحلیل همبستگی و رابطه رگرسیونی، وابستگی شوری نهایی خاک به شوری آب آبیاری بیشتر از شوری ابتدایی خاک است. شوری آب و خاک تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه فرعی و شاخص برداشت نداشت ولی موجب افزایش معنی‌دار تعداد روز تا گلدهی و کاهش معنی‌دار صفات تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، قطر ساقه، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و عملکرد بیولوژیکی شد. با توجه به مقاومت بالای گیاه کلزا به شوری، عملکرد و کارایی مصرف آب (اقتصادی و عملکردی) تحت تأثیر شوری خاک قرار نگرفت ولی شوری آب آبیاری به دلیل واردکردن تنش‌های ناگهانی شوری متعدد به گیاه موجب کاهش معنی‌دار آن شد. همچنین برهمکنش شوری آب آبیاری و شوری خاک بر صفات درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن معنی‌دار بود؛ به‌طوری که افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در سطوح شوری خاک ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب منجر به ۱۰/۱، ۷/۳ و ۱۰/۵ درصد کاهش درصد روغن و ۲۳، ۱۸ و ۲۸ درصد کاهش عملکرد و کارایی مصرف آب روغن شد.

واژه‌های کلیدی: برهمکنش، روغن کلزا، شوری خاک و آب، شوری متغیر، کارایی مصرف آب.

مقدمه

شوری شناخته‌شده‌ترین مسئله کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا به‌ویژه در اراضی تحت آبیاری است (Ahmadi and Ardekani, 2006). گزارش‌ها نشان می‌دهد که وسعت اراضی شور و بسیار شور کشور به‌ترتیب ۲۵/۵ و ۸/۵ میلیون هکتار است (Jalali and Asadi Kapourchal, 2017). از سوی دیگر، ایران با دارابودن ۱/۷ میلیون هکتار از اراضی فاریاب شور دنیا (معادل ۲۹ درصد)، رتبه ششم را دارد (Zaman *et al.*, 2018; Ahmadi and Ardekani, 2006). در مقیاس استانی، برآوردشده است که بیش از ۳۵۰ هزار هکتار از اراضی استان گلستان، که بیش از ۵۰ درصد آن به کشت گیاهان زراعی اختصاص دارد، دارای شوری چهار تا ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر است (Salehi and Mosavat, 2009). در عین حال، شوری در ۲۸ درصد از اراضی کشاورزی استان گلستان بیشتر از شش دسی‌زیمنس بر متر است (Kaboosi *et al.*, 2019a). در چنین شرایطی کشت گیاهان مقاوم به شوری مانند کلزا (Anagholi *et al.*, 2016)، که مقاومت به شوری آن با جو برابر اعلام شده است (Moravveji *et al.*, 2017)، اهمیت خود را بیش از پیش نمایان می‌کند. کلزا یکی از مهمترین گیاهان روغنی دنیا است که از نظر سطح زیر کشت بعد از سویا و از نظر تولید بعد از سویا و پالم به‌ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار دارد (FAO, 2019). سطح زیر کشت کلزا در جهان و ایران به‌ترتیب ۳۴/۷۴ میلیون و ۷۰/۴۴ هزار هکتار و تولید آن به‌ترتیب ۷۶/۲۴ میلیون و ۱۲۸/۵۷ هزارتن گزارش شده است (FAO, 2019).

شوری خاک تابعی از شوری آب آبیاری، شرایط آب و

* نویسنده مسئول: kkaboosi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

هوایی، نوع خاک و مدیریت مزرعه است. پژوهش‌های متعددی در زمینه بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی کمی و کیفی گیاه کلزا صورت گرفته است. از نظر نحوه اعمال تنش شوری و بررسی تأثیر آن بر گیاه این پژوهش‌ها را می‌توان به سه گروه تقسیم کرد. در گروه اول، پژوهش‌هایی قرار دارند که اثر شوری آب آبیاری بر گیاه کلزا در یک خاک عموماً غیرشور (در ابتدای فصل کشت) مورد بررسی قرار گرفته است؛ در حالی که هیچ توجهی به تأثیر شوری آب آبیاری بر تقویت شوری خاک در طول فصل رشد و نقش آن بر رشد گیاه نشده است. این موضوع از آن جهت اهمیت دارد که می‌توان انتظار داشت که استفاده از یک آب شور در خاک‌های با شوری ابتدایی متفاوت، اثرات مختلفی بر رشد گیاه داشته باشد. لذا، یافته‌های حاصل از این پژوهش‌ها عموماً قابل تعمیم نیستند و به دلیل در نظر نگرفتن تغییر شوری خاک نسبت به زمان، از جنبه کاربردی مناسب برخوردار نمی‌باشند. بخش زیادی از پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه شوری کلزا مانند Golestanian *et al*. (2018) ، Kaboosi *et al*. (2019a,b)، Esmaeilzadeh *et al*. (2018)، Kaboosi and Shamyati (2017)، Moravveji *et al*. (2017)، Yazdani *et al*. (2016)، Kazemeini *et al*. (2016)، Kaboosi and Nodehi (2016)، Anagholi *et al*. (2016)، Tarinejad *et al*. (2013)، Tajali *et al*. (2011)، Akhyani *et al*. (2010)، Shamseddin Saied and Farahbakhsh (2008)، Soltani *et al*. (2008) و Ahmadi and Ardekani (2006) در این گروه قرار دارد. گروه دوم، پژوهش‌هایی هستند که در آن‌ها شوری خاک و محیط رشد ریشه به‌عنوان تیمارهای آزمایشی در نظر گرفته شده‌اند و شوری آب آبیاری در طول فصل رشد معادل سطوح شوری خاک بوده است. در این پژوهش‌ها با در نظر گرفتن جزء آبشویی بالا، فرض شده است که شوری خاک در طول فصل رشد ثابت و با شوری آب آبیاری برابر است ولی اعتبار این فرض بررسی نشده است. علی‌رغم اینکه پژوهش‌های این گروه به دلیل انطباق شوری آب آبیاری و خاک با یکدیگر نسبت به گروه اول از جنبه علمی دقیق‌تری برخوردار است، فرض ثابت‌بودن شوری خاک در طول فصل رشد با شرایط واقعی رشد گیاه در مزرعه از جنبه عملی همخوانی ندارد. پژوهش‌های Hosseini *et al*. (2016)، Akhtari *et al*. (2014)، Jalali and Homaee (2010) و Gutierrez Boem *et al*. (1994) را می‌توان در این گروه قرار داد. در پژوهش‌های گروه سوم به تغییر شوری خاک در طول فصل رشد گیاه با توجه به شوری ابتدایی خاک و شوری آب آبیاری و اثر آن بر رشد گیاه کلزا توجه شده است. بدیهی است که این پژوهش‌ها هم از جنبه علمی و هم از نظر عملی برتر از دو گروه دیگر می‌باشند. بررسی‌ها نشان داد که پژوهش‌های بسیار محدودی در این زمینه صورت گرفته است که از جمله می‌توان به Shahbazi *et al*. (2011)، Porcelli *et al*. (1995) و Francois (1994) اشاره کرد. با این حال، بررسی اثر همزمان شوری آب آبیاری و شوری خاک بر رشد گیاه کلزا تاکنون مورد توجه پژوهشگران نبوده است.

شوری خاک‌های زراعی در استان گلستان به دلیل وقوع بارش‌های پاییزه مناسب در ابتدای فصل رشد گیاهان پاییزه مانند کلزا (قبل از کشت)، عموماً کم است. با نزدیک‌شدن به اواخر فصل زمستان به دلیل کاهش بارندگی‌ها، افزایش تبخیر-تعرق گیاهی و انجام آبیاری، شوری خاک به تدریج افزایش می‌یابد. بنابراین فرض ثابت‌بودن شوری خاک در طول فصل رشد نمی‌تواند شرایط واقعی رشد گیاه را شبیه‌سازی کند. از سوی دیگر، اثر همزمان شوری خاک و شوری آب آبیاری بر رشد گیاه کلزا تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. بر این اساس، با توجه به کمبود منابع آب شیرین و شوری خاک بخش زیادی از اراضی استان گلستان (Kaboosi *et al*., 2019a; Kaboosi *et al*., 2017; Salehi and Mosavat, 2009)، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر همزمان شوری خاک و شوری آب آبیاری بر ویژگی‌های فنولوژیکی، مورفولوژیکی، کمی (عملکرد و اجزاء عملکرد)، کیفی (روغن)، کارایی مصرف آب دانه و روغن و کارایی اقتصادی مصرف آب کلزا و تحلیل برهمکنش آن‌ها در شرایط استان گلستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت کشت گلدانی (لایسیمتر زهکش‌دار) و در شرایط نیمه کنترل‌شده در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. گلدان‌ها در فضای آزاد و در زیر یک سایه‌بان نسبتاً بلند که هوای آزاد از اطراف به راحتی در آن جریان داشت، نگهداری شدند. وجود سایه‌بان به دلیل ضرورت انجام آبیاری برای اعمال تیمارهای شوری و محروم-کردن گیاه از بارندگی بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل شوری آب آبیاری در شش سطح ۱/۲ (شاهد)، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و شوری عصاره اشباع خاک در ابتدای فصل رشد در سه سطح ۳، ۴/۵ و ۶ دسی-زیمنس بر متر بود. لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر سطوح شوری آب آبیاری با توجه به سطوح شوری خاک در ابتدای فصل رشد به‌گونه‌ای انتخاب شد که شوری خاک در طول فصل رشد و انتهای فصل رشد به شوری خاک آستانه قابل تحمل گیاه کلزا و بالاتر از آن، که در منابع علمی (Azimi Gandomani *et al*., 2012; Shahbazi *et al*., 2011; Francois, 1994) آمده است،

www.SID.ir

Archive of SID

برسد. همچنین در انتخاب سطوح شوری آب و خاک در این پژوهش به محدوده شوری این منابع در استان گلستان نیز توجه شد.

به منظور شبیه‌سازی بهتر شرایط واقعی منابع آب و خاک شور، تیمارهای شوری در این پژوهش از اختلاط آب شور زیرزمینی با شوری ۴۶ دسی‌زیمنس بر متر و آب غیرشور با شوری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر (تیمار شاهد) به‌دست آمد. ویژگی‌های شیمیایی این آب‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. برای این منظور برای تهیه هر لیتر آب با شوری ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (تیمارهای شوری آب آبیاری) به‌ترتیب میزان ۶۲/۵، ۱۰۷/۱، ۱۵۱/۸، ۱۹۶/۴ و ۲۴۱/۱ سانتی‌مترمکعب آب شور با ۹۳۷/۵، ۸۹۲/۹، ۸۴۸/۲، ۸۰۳/۶ و ۷۵۸/۹ سانتی‌مترمکعب آب غیرشور مخلوط شد و شوری نهایی آن با دستگاه هدایت‌سنج کنترل و اصلاح شد. برای پر کردن گلدان‌ها از عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک زراعی استفاده شد. پیش از پر کردن گلدان‌ها، ویژگی‌های خاک مزرعه اندازه‌گیری شد (جدول ۲). سپس بر اساس ابعاد گلدان (ارتفاع ۴۰ و عرض دهانه ۳۱ سانتی‌متر) و جرم مخصوص ظاهری خاک، مقدار خاک مورد نیاز برای پر کردن گلدان‌ها محاسبه و تهیه شد. به منظور جلوگیری از تجمع نمک و آب در گلدان، پنج سوراخ به قطر یک سانتی‌متر در کف آن‌ها به عنوان زهکش تعبیه شد و در ته گلدان به ضخامت سه سانتی‌متر، ماسه ریخته شد. پس از خشک‌کردن خاک در هوای آزاد و عبور آن از الک دو میلی‌متری، درصد رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری شد و وزن خاک لازم برای پر کردن گلدان‌ها بر اساس درصد رطوبت و جرم مخصوص ظاهری خاک محاسبه شد. برای جلوگیری از نشست خاک در گلدان و رسیدن به جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه، پر کردن گلدان به صورت تدریجی و در لایه‌های پنج سانتی‌متری همراه با عمل کوبیدن انجام شد. برای رسیدن شوری خاک گلدان‌ها به سطوح تیمارهای شوری خاک تعریف شده (۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر)، گلدان‌ها با آبی که شوری آن معادل سطوح شوری فوق بود، به‌صورت روزانه آبیاری شد. به‌منظور جلوگیری از تبخیر آب از سطح گلدان‌ها و غیریکنواختی شوری در نیمرخ خاک گلدان، در فاصله آبیاری‌ها سطح گلدان‌ها با پوشش پلاستیکی پوشانده شد. حجم آب در هر آبیاری به اندازه‌ای بود که آب از کف گلدان خارج شود. آبیاری تا زمانی تکرار شد که شوری زهاب خروجی از کف گلدان‌ها به شوری تیمارهای آزمایشی برسد. از این زمان تا رسیدن شوری عصاره اشباع خاک به سطوح تیمارهای شوری خاک فوق، آبیاری و پایش شوری خاک گلدان‌ها (با تهیه یک نمونه خاک از گلدان و تهیه عصاره اشباع آن) به صورت روزانه و متناوب تکرار شد. لازم به ذکر است که این کار در گلدان‌های جداگانه‌ای (یک گلدان برای هر سطح شوری خاک و مجموعاً سه گلدان) که شرایط آبیاری و نگهداری کاملاً یکسانی با گلدان‌های اصلی داشتند، صورت گرفت.

جدول ۱- کیفیت شیمیایی آب در تیمار شاهد (غلظت یون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر)

آب	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
غیرشور (شاهد)	۱/۲	۷/۶	۰/۰	۵/۱	۳/۸	۲/۴	۳/۹	۴/۷	۲/۵	۰/۱
شور طبیعی	۴۶	۷/۸	۰/۰	۱۰۹	۳۲۷	۱۸	۵۷	۱۸۲	۲۱۴	۱

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

ویژگی (واحد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	جرم مخصوص ظاهری ($gr.cm^{-3}$)
مقدار	۲۴	۵۰	۲۶	لوم	۲/۷	۸/۰	۱/۴۰

پس از تنظیم شوری عصاره اشباع خاک مطابق طرح آزمایشی، ۱۰ بذر کلزا رقم هایولا ۴۰۱ در هر گلدان کشت شد. بعد از استقرار بوته‌ها، طی چند مرحله تنک‌کردن، پنج بوته سالم و یک‌دست در هر گلدان باقی ماند (تراکم ۶۶ بوته در متر مربع). آبیاری همه گلدان‌ها تا مرحله شش‌برگی با آب معمولی (شوری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر) و پس از آن تا پایان فصل رشد با سطوح شوری آب آبیاری تیمارهای آزمایشی به صورت هفتگی با مقدار یکسان برای همه گلدان‌ها انجام شد. به منظور جلوگیری از جریان ترجیحی آب از اطراف گلدان، آبیاری در هر نوبت به تدریج صورت گرفت و دقت شد که حجم آب به سمت اطراف (بدنه) گلدان هدایت نشود؛ ضمن آنکه پیش از اعمال تیمارهای شوری آب آبیاری، محیط سطح خاک گلدان با استفاده از پارافین ذوب‌شده به‌طور کامل اندود شد. میزان آبیاری بر اساس کاهش طوبت وزنی خاک گلدان، با در نظر گرفتن جزء آبشویی ۱۰ درصد صورت گرفت (آبشویی تا قبل از زمان اعمال تیمارهای شوری آب آبیاری،

www.SID.ir

Archive of SID

انجام نشد). لازم به ذکر است که اگر چه از ابتدای آزمایش پیش-بینی می‌شد در تیمارهای آب آبیاری شور، این جزء آبشویی نتواند شوری خاک را کنترل کند اما به دو دلیل جزء آبشویی کم و برابر در نظر گرفته شد. نخست آن که اگر جزء آبشویی با هدف کنترل شوری خاک انتخاب می‌شد، برای سطوح مختلف شوری آب آبیاری باید جزءهای آبشویی متفاوتی در نظر گرفته می‌شد که این امر منجر به تفاوت میزان آبشویی مواد غذایی از گلدان‌های مختلف می‌شد که می‌توانست موجب خطای آزمایش شود. دلیل دوم که به هدف اصلی پژوهش حاضر مربوط می‌شود، شبیه‌سازی واقعی شوری خاک در مزرعه به‌ویژه در شرایط استان گلستان بود زیرا شوری خاک در طول فصل رشد ثابت نبوده و تحت تأثیری شوری آب آبیاری و شوری ابتدایی خاک تغییر می‌کند.

صفات فنولوژیکی (تعداد روز تا ۵۰ درصد سبز شدن، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی)، مورفولوژیکی (ارتفاع بوته، ارتفاع تا اولین شاخه فرعی، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی و طول غلاف)، اجزاء عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه)، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی)، درصد روغن (با استفاده از دستگاه سوکسله در آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان)، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب دانه و روغن (به ترتیب نسبت عملکرد دانه و عملکرد روغن به حجم آب مصرفی)، کارایی اقتصادی مصرف آب خالص (نسبت درآمد ناخالص به حجم آب مصرفی) و ناخالص (نسبت سود یا درآمد خالص به حجم آب مصرفی) بر حسب مورد، در طول و انتهای فصل رشد اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که میزان درآمد ناخالص (حاصل‌ضرب قیمت محصول در عملکرد دانه) و درآمد خالص (حاصل کسر هزینه‌های تولید از درآمد خالص) بر اساس آخرین اطلاعات رسمی منتشرشده توسط وزارت جهاد کشاورزی که مربوط به سال ۱۳۹۴ بود (Anonymous, 2019)، محاسبه شد. همچنین در انتهای فصل رشد، با تهیه یک نمونه مرکب خاک از عمق‌های مختلف گلدان، شوری عصاره اشباع خاک به عنوان شوری انتهای فصل اندازه‌گیری شد. تحلیل‌های آماری (آزمون ANOVA، آزمون مقایسه میانگین‌های داده‌ها بر اساس LSD در سطح احتمال ۵ درصد، تحلیل همبستگی و رگرسیون‌گیری چندمتغیره خطی) با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ (IBM, 2010) انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر ساده شوری خاک بر همه صفات مورد بررسی به‌جزء روز تا سبز شدن، تعداد شاخه فرعی، وزن هزار دانه و شاخص برداشت و اثر ساده شوری آب آبیاری بر همه صفات مورد مطالعه به‌جزء تعداد شاخه فرعی، شاخص برداشت، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه معنی‌دار بود. به این ترتیب می‌توان دریافت که به‌جزء دو صفت تعداد شاخه فرعی و شاخص برداشت، کلیه صفات مورد بررسی حداقل تحت تأثیر یکی از دو عامل شوری خاک یا شوری آب آبیاری قرار گرفتند. در همین راستا نتایج Kaboosi *et al.* (2019a) و Kaboosi and Shamyati (2017) در خصوص هر دو صفت تعداد شاخه فرعی و شاخص برداشت، یافته‌های Esmaeilzadeh *et al.* (2018) و Golestanian *et al.* (2018) در خصوص شاخص برداشت و نتایج Tarinejad *et al.* (2013) در خصوص تعداد شاخه فرعی نشان داد که این صفات در کلزا تحت تأثیر شوری آب آبیاری قرار نگرفتند. به‌علاوه، نتایج Gutierrez Boem *et al.* (1994) نشان داد که تعداد شاخه فرعی گیاه کلزا تحت تأثیر شوری خاک (در محدوده ۲/۳ تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) قرار نگرفت. بر اساس نتایج برهمکنش شوری خاک و شوری آب آبیاری فقط بر صفات شوری نهایی خاک، روز تا رسیدگی، عملکرد و کارایی مصرف آب روغن معنی‌دار بود. عدم برهمکنش شوری خاک و شوری آب آبیاری بر سایر صفات نشان می‌دهد که واکنش این صفات در گیاه کلزا به اثر همزمان شوری خاک و شوری آب آبیاری مشابه اثر ساده (جداگانه) هر یک از این دو عامل است. نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده شوری خاک و شوری آب آبیاری در جدول‌های (۴) تا (۶)، نتایج آزمون تحلیل همبستگی در جدول (۷) و نتایج مقایسه میانگین برهمکنش شوری خاک و شوری آب آبیاری در شکل‌های (۱) تا (۳) نشان داده شده است.

شوری نهایی خاک

اثرات ساده شوری خاک و شوری آب آبیاری و همچنین برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر شوری نهایی خاک معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش شوری ابتدایی خاک و شوری آب آبیاری بر شوری نهایی خاک (شکل ۱) نشان داد که استفاده از سطوح آب آبیاری با شوری کمتر از شوری ابتدایی خاک منجر به کاهش شوری نهایی خاک شد؛ به طوری که در تیمارهای شوری ابتدایی خاک و آب آبیاری به ترتیب ۳ و ۱/۲، ۴/۵ و ۱/۲، ۶ و ۱/۲ و ۶ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر شوری نهایی خاک به ترتیب ۲/۵۹، ۳/۸۳، ۴/۲۹ و ۵/۴۷ دسی‌زیمنس بر متر (یعنی کمتر از شوری ابتدایی خاک) بود ولی آبیاری با سایر سطوح شوری آب منجر به تقویت شوری نهایی

www.SID.ir

Archive of SID

خاک نسبت به مقدار ابتدایی آن شد. در همین راستا، یافته‌های Alihouri *et al*. (2015)، Alinejadian Bidabadi *et al*. (2018) و Soltani *et al*. (2008) نشان داد که شوری آب آبیاری موجب افزایش قابل توجه شوری خاک در انتهای فصل رشد شد. همچنین تفاوت بین تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری از نظر شوری نهایی خاک معنی‌دار گزارش شد (Alinejadian Bidabadi *et al*., 2018; Alihouri *et al*., 2015) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. با در نظر گرفتن جزء آبشویی برابر برای همه تیمارها، نتایج نشان داد که راندمان آبشویی در تیمارهایی که از میزان شوری ابتدایی خاک بیشتری برخوردار بودند، بالاتر بود؛ به طوری که متوسط نرخ افزایش شوری نهایی خاک نسبت به شوری ابتدایی آن در تیمارهای شوری ابتدایی خاک ۳، ۴/۵ و ۶ دسی-زیمنس بر متر به‌ترتیب ۶۵، ۵۳ و ۳۰ درصد بود. نتایج تحلیل همبستگی (جدول ۷) نشان داد که بین شوری نهایی خاک با شوری ابتدایی آن و با شوری آب آبیاری همبستگی مثبت معنی-داری در سطح یک درصد وجود دارد. با این حال، شدت همبستگی آن با شوری آب آبیاری (ضریب همبستگی ۰/۷۹) بیشتر از شوری ابتدایی خاک (ضریب همبستگی ۰/۴۶) بود که نشان می‌دهد اگر چه شوری نهایی خاک به طور معنی‌داری وابسته به هر دو عامل است اما تأثیر شوری آب آبیاری بر شوری نهایی خاک بیشتر از تأثیر شوری ابتدایی خاک بر آن است. به منظور تحلیل بهتر این ارتباط، از روش رگرسیون‌گیری چند متغیره خطی استفاده شد که در آن شوری نهایی خاک (SS_f) به صورت تابعی از شوری ابتدایی خاک (SS_i) و شوری آب آبیاری (WS) مدل‌سازی شد (رابطه ۱).

$$SS_f = -0.1470 + (0.949 \times SS_i) + (0.544 \times WS) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

مدل رگرسیونی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و ضریب تبیین تعدیل‌شده بالای آن (۰/۸۶۷) نشان داد که حدود ۸۷ درصد تغییرات شوری نهایی خاک وابسته به دو متغیر مستقل شوری آب آبیاری و شوری ابتدایی خاک است که توسط رابطه (۱) پیش‌بینی می‌شود. در عین حال، ضریب رگرسیونی استانداردشده برای این دو متغیر به ترتیب ۰/۸۰۴ و ۰/۴۷۵ بود که نشان می‌دهد اثر شوری آب آبیاری در تغییر متغیر وابسته (شوری نهایی خاک) بیشتر از دیگر متغیر مستقل (شوری ابتدایی خاک) است که با نتایج تحلیل همبستگی (جدول ۷) همخوانی دارد. به منظور درک بهتر دقت مدل رگرسیونی، مقادیر اندازه-گیری و شبیه‌سازی‌شده شوری نهایی خاک در شکل (۱) نسبت به خط ۱:۱ نمایش داده شده است. ضریب همبستگی این داده‌ها ۰/۸۷۲ بود که معادل ضریب تبیین تعدیل نشده مدل رگرسیونی است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شوری آب آبیاری و شوری خاک بر صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	شوری نهایی خاک	روز تا سبز شدن	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	ارتفاع اولین غلاف	قطر ساقه	تعداد شاخه فرعی	طول غلاف	تعداد غلاف در بوته
بلوک	۲	۰/۲۳۳ $^{n.s}$	۰/۵۷۴ $^{n.s}$	۲۹/۵۷۴ *	۰/۳۵۲ $^{n.s}$	۷۶/۴۰۹ $^{n.s}$	۵/۳۶۷ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۳ $^{n.s}$	۴/۰۱۹ $^{n.s}$	۰/۰۰۱ $^{n.s}$	۲۲۲/۸۰۷ $^{n.s}$
شوری خاک	۲	۳۳/۴۴۲ **	۲/۴۶۳ *	۲۹/۶۳۰ *	۴۶۲/۲۴۱ **	۷۵۰/۱۰۰ **	۳۹۱/۰۹۲ **	۰/۰۰۱۱ **	۰/۹۰۷ $^{n.s}$	۰/۰۳۵ *	۴۷۲۷/۰۲۱ **
شوری آب	۵	۳۸/۲۶۵ **	۱/۲۱۹ $^{n.s}$	۳۷/۴۴۱ **	۱۱۶/۶۴۱ **	۵۷۵/۲۹۴ **	۱۳۸/۶۱۲ **	۰/۰۰۵۰ **	۱/۴۹۶ $^{n.s}$	۱/۱۴۴ **	۳۶۰۹/۸۰۴ **
برهمکنش	۱۰	۳/۳۵۱ **	۰/۶۱۹ $^{n.s}$	۶/۰۹۶ $^{n.s}$	۴/۵۰۷ **	۵۷/۹۷۶ $^{n.s}$	۴۵/۳۲۱ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۳ $^{n.s}$	۰/۷۰۷ $^{n.s}$	۰/۰۱۴ $^{n.s}$	۵۴۱/۱۵۸ $^{n.s}$
خطا	۳۴	۰/۳۰۸	۰/۳۰۰	۵/۹۶۶	۱/۲۵۴	۶۶/۶۴۹	۲۶/۰۱۶	۰/۰۰۰۲	۱/۳۷۱	۰/۰۱۰	۵۰۶/۸۳۴
ضریب تغییر	-	۸/۴۲	۶/۰۲	۲/۲۷	۰/۷۰	۱۱/۸۲	۱۹/۴۵	۲/۹۰	۱۲/۵۹	۱/۷۷	۱۳/۶۰

ادامه جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شوری آب آبیاری و شوری خاک بر صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	کارایی مصرف آب دانه	درصد روغن	عملکرد روغن	کارایی مصرف آب روغن	کارایی ناخالص اقتصادی مصرف آب دانه	کارایی خالص اقتصادی مصرف آب دانه
بلوک	۳/۱۹ $^{n.s}$	۰/۱۵۷ **	۰/۱۲۱ $^{n.s}$	۰/۰۶۵ $^{n.s}$	۱۶/۸۳ $^{n.s}$	۰/۰۰۲۷۳ $^{n.s}$	۶/۹۰ *	۰/۰۰۳ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۰۷ $^{n.s}$	۱۴۷۴۱۷۹ $^{n.s}$	۱۴۷۴۱۶۸ $^{n.s}$
شوری خاک	۲۷/۵۷ **	۰/۵۹۲ **	۰/۰۸۹ $^{n.s}$	۰/۹۴۵ **	۳/۳۰ $^{n.s}$	۰/۰۰۲۰۰ $^{n.s}$	۲۲۲/۱۹ **	۰/۳۱۵ **	۰/۰۰۷۱۷ **	۱۰۸۲۲۲۱ $^{n.s}$	۱۰۸۲۲۱۰ $^{n.s}$
شوری آب	۵۶/۳۰ **	۰/۰۱۹ $^{n.s}$	۰/۴۰۷ **	۱/۰۳۷ **	۱۴/۳۴ $^{n.s}$	۰/۰۰۹۲۱ **	۱۱۲/۸۳ **	۰/۲۸۴ **	۰/۰۰۶۴۲ **	۴۹۶۶۵۰۷ **	۴۹۶۶۳۶۵ **
برهمکنش	۶/۲۰ $^{n.s}$	۰/۰۱۸ $^{n.s}$	۰/۱۰۲ $^{n.s}$	۰/۳۰۵ $^{n.s}$	۹/۶۲ $^{n.s}$	۰/۰۰۲۳۲ $^{n.s}$	۱۰/۲۰ **	۰/۰۳۱ **	۰/۰۰۰۷۰ **	۱۲۴۶۶۰۲ $^{n.s}$	۱۲۴۶۶۱۹ $^{n.s}$
خطا	۴/۱۳	۰/۰۲۸	۰/۰۵۶	۰/۱۹۸	۱۱/۸۳	۰/۰۰۱۲۵	۱/۴۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۱۹	۶۷۸۱۰۷	۶۷۸۱۰۹
ضریب تغییر	۸/۳۶	۵/۴۸	۷/۵۵	۶/۳۳	۷/۷۱	۷/۴۸	۳/۴۷	۸/۱۳	۸/۱۴	۷/۵۲	۱۶/۱۴

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش شوری خاک و آب آبیاری بر برخی صفات مورد مطالعه

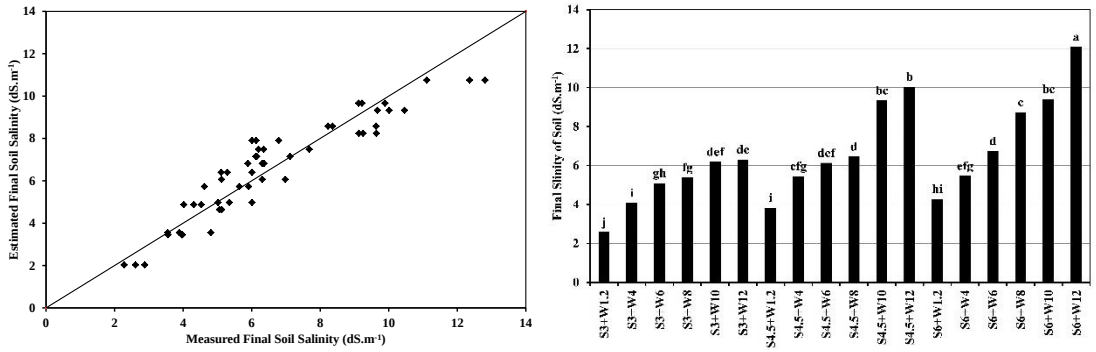
عامل	سطح ($dS.m^{-1}$)	روز تا گلدهی	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع اولین غلاف (cm)	قطر ساقه (cm)	طول غلاف (cm)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	عملکرد بیولوژیکی (گرم در بوته)
شوری خاک	۳	۱۰۶/۰۶ b	۷۶/۴۸ a	۳۱/۴۹ a	۰/۴۹۴ a	۵/۷۰ a	۲۵/۷۲ a	۱۱۲/۳۱ a	۷/۳۰ a
	۴/۵	۱۰۸/۲۸ a	۶۴/۸۸ b	۲۴/۵۸ b	۰/۴۸۸ a	۵/۶۲ b	۲۳/۶۷ b	۹۳/۸۹ b	۶/۹۱ b
	۶	۱۰۸/۲۸ a	۶۵/۷۷ b	۲۲/۶۱ b	۰/۴۷۹ b	۵/۶۳ b	۲۳/۵۰ b	۸۰/۰۰ b	۶/۸۹ b
شوری آب آبیاری	۱/۲	۱۰۶/۴۴ b	۸۴/۸۶ a	۳۳/۵۹ a	۰/۵۱۴ a	۶/۲۲ a	۲۸/۶۷ a	۱۲۵/۸۹ a	۷/۶۴ a
	۴	۱۰۵/۴۴ b	۶۴/۱۷ b	۲۳/۹۳ b	۰/۵۰۱ b	۵/۸۹ b	۲۵/۲۲ b	۱۰۹/۰۰ ab	۷/۱۵ b
	۶	۱۰۶/۶۷ b	۶۹/۳۰ b	۲۵/۰۰ b	۰/۴۹۸ b	۵/۷۱ c	۲۴/۵۶ bc	۹۲/۰۰ bcd	۷/۰۰ bc
	۸	۱۰۶/۶۷ b	۶۶/۸۲ b	۲۵/۹۳ b	۰/۴۹۱ b	۵/۴۸ d	۲۳/۲۲ cd	۹۶/۳۳ bc	۶/۹۲ bc
	۱۰	۱۰۹/۱۱ a	۶۴/۰۶ b	۲۶/۶۳ b	۰/۴۶۹ c	۵/۳۶ e	۲۱/۸۹ d	۷۷/۰۷ cd	۶/۸۲ bc
	۱۲	۱۱۰/۸۹ a	۶۵/۰۶ b	۲۲/۲۷ b	۰/۴۵۰ d	۵/۲۷ f	۲۲/۲۲ d	۷۲/۱۱ d	۶/۶۷ c

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر ساده شوری خاک بر صفات روز تا سبز شدن و وزن هزار دانه کلزا

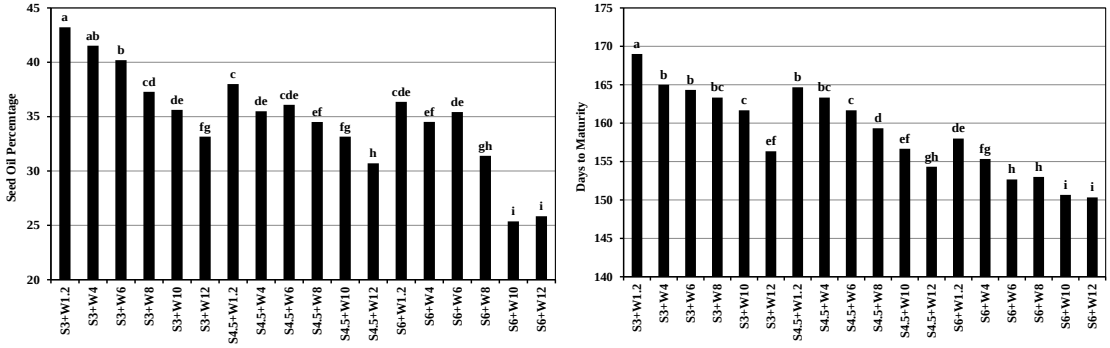
شوری خاک ($dS.m^{-1}$)	۳	۴/۵	۶
روز تا سبز شدن	۸/۷۸ b	۹/۰۰ b	۹/۵۰ a
وزن هزار دانه (گرم)	۳/۲۶ a	۲/۹۴ b	۲/۹۶ b

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین اثر ساده شوری آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب دانه کلزا

شوری آب آبیاری ($dS.m^{-1}$)	۱/۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲
عملکرد دانه (گرم در بوته)	۳/۵۲ a	۳/۱۹ b	۳/۰۹ bc	۳/۱۰ bc	۲/۹۹ bc	۲/۹۲ c
کارایی مصرف آب دانه ($kg.m^{-3}$)	۰/۵۳۱ a	۰/۴۸۰ b	۰/۴۶۵ bc	۰/۴۶۷ bc	۰/۴۵۱ bc	۰/۴۴۰ c
کارایی ناخالص اقتصادی مصرف آب دانه (ریال بر مترمکعب)	۱۲۳۱۶ a	۱۱۱۳۲ b	۱۰۷۸۳ bc	۱۰۸۳۳ bc	۱۰۴۴۵ bc	۱۰۲۰۰ c
کارایی خالص اقتصادی مصرف آب دانه (ریال بر مترمکعب)	۶۴۶۶ a	۵۲۸۲ b	۴۹۳۳ bc	۴۹۸۳ bc	۴۵۹۵ bc	۴۳۵۰ c



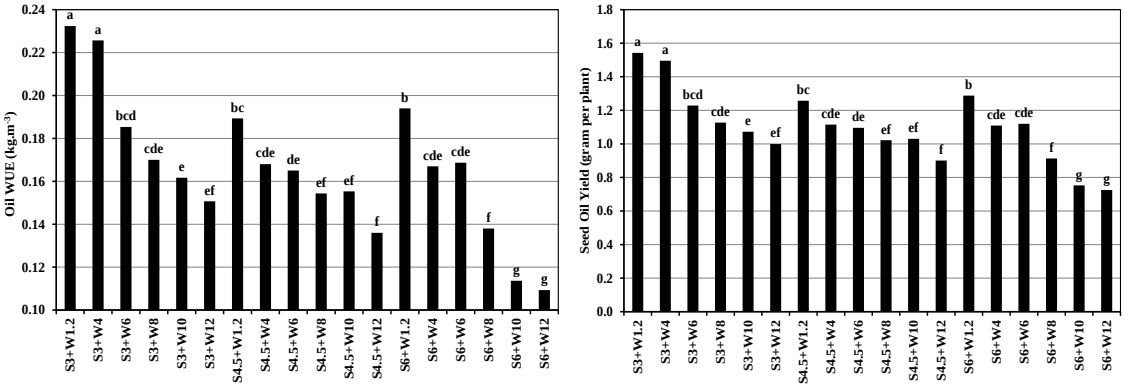
شکل ۱- برهمکنش شوری خاک و آب آبیاری بر شوری نهایی خاک (راست) و دقت مدل پیش‌بینی شوری نهایی خاک (چپ)



شکل ۲- برهمکنش شوری خاک و آب آبیاری بر تعداد روز تا رسیدگی (راست) و درصد روغن (چپ) کلزا

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- برهمکنش شوری خاک و آب آبیاری بر عملکرد روغن (راست) و کارایی مصرف آب روغن (چپ) کلزا

جدول ۷- نتایج تحلیل همبستگی بین صفات مورد مطالعه

ویژگی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
شوری ابتدایی خاک (۱)	۱												
شوری آب (۲)	۰/۰۰	۱											
شوری نهایی خاک (۳)	۰/۴۶**	۰/۷۹**	۱										
روز تا سبز شدن (۴)	۰/۲۴	۰/۸۰**	۰/۸۱**	۱									
روز تا گلدهی (۵)	۰/۲۸*	۰/۴۸**	۰/۴۸**	۰/۵۰**	۱								
روز تا رسیدگی (۶)	-۰/۷۵**	-۰/۶۰**	-۰/۷۷**	-۰/۶۵**	-۰/۴۹**	۱							
ارتفاع بوته (۷)	-۰/۳۷**	-۰/۴۵**	-۰/۵۳**	-۰/۴۴**	-۰/۱۴	۰/۵۲**	۱						
ارتفاع اولین غلاف (۸)	-۰/۵۰**	-۰/۳۴*	-۰/۵۲**	-۰/۳۴*	-۰/۳۱*	۰/۵۶**	۰/۵۳**	۱					
قطر ساقه (۹)	-۰/۰۹	-۰/۷۸**	-۰/۷۰**	-۰/۷۱**	-۰/۴۷**	۰/۵۲**	۰/۵۰**	۰/۳۲**	۱				
تعداد شاخه فرعی (۱۰)	-۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۲۰	-۰/۰۳	-۰/۰۷	۱			
طول غلاف (۱۱)	-۰/۰۸	-۰/۹۵**	-۰/۷۷**	-۰/۷۰**	-۰/۳۹**	۰/۶۲**	۰/۵۴**	۰/۴۰**	۰/۷۷**	۰/۰۴	۱		
تعداد دانه در غلاف (۱۲)	-۰/۲۹*	-۰/۵۹**	-۰/۶۰**	-۰/۵۵**	-۰/۳۲*	۰/۵۴**	۰/۵۹**	۰/۴۵**	۰/۴۹**	۰/۰۴	۰/۵۸**	۱	
تعداد غلاف در بوته (۱۳)	-۰/۴۳**	-۰/۲۱	-۰/۳۷**	-۰/۱۸	-۰/۰۹	۰/۴۷**	۰/۶۲**	۰/۴۸**	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۸*	۰/۴۳**	۱
وزن هزار دانه (۱۴)	-۰/۵۵**	-۰/۱۵	-۰/۳۲*	-۰/۲۶	-۰/۳۰*	۰/۴۶**	۰/۳۵*	۰/۳۹**	۰/۲۷*	-۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۳۲*
عملکرد دانه (۱۵)	-۰/۱۵	-۰/۵۷**	-۰/۵۳**	-۰/۴۸**	-۰/۱۷	۰/۴۳**	۰/۵۳**	۰/۳۲*	۰/۶۰**	۰/۱۰	۰/۶۳**	۰/۴۸**	۰/۴۴**
عملکرد بیولوژیکی (۱۶)	-۰/۳۰*	-۰/۴۸**	-۰/۴۷**	-۰/۳۸**	-۰/۲۵	۰/۴۸**	۰/۴۹**	۰/۴۶**	۰/۴۸**	۰/۰۶	۰/۵۹**	۰/۵۴**	۰/۳۵*
شاخص برداشت (۱۷)	۰/۱۰	-۰/۲۴	-۰/۲۱	-۰/۲۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۲۰	-۰/۰۵	۰/۲۸*	۰/۰۸	۰/۲۰	۰/۰۶	۰/۲۲
درصد روغن (۱۸)	-۰/۶۱**	-۰/۶۷**	-۰/۸۲**	-۰/۷۶**	-۰/۵۷**	۰/۸۴**	۰/۵۴**	۰/۴۷**	۰/۵۷**	۰/۱۱	۰/۶۷**	۰/۵۷**	۰/۳۳*
عملکرد روغن (۱۹)	-۰/۴۸**	-۰/۷۳**	-۰/۸۰**	-۰/۷۳**	-۰/۴۶**	۰/۷۷**	۰/۶۴**	۰/۴۸**	۰/۶۸**	۰/۱۲	۰/۷۷**	۰/۶۲**	۰/۴۴**
کارایی مصرف آب دانه (۲۰)	-۰/۱۵	-۰/۵۷**	-۰/۵۳**	-۰/۴۸**	-۰/۱۷	۰/۴۳**	۰/۵۳**	۰/۳۲*	۰/۶۰**	۰/۱۰	۰/۶۳**	۰/۴۸**	۰/۴۴**
کارایی مصرف آب روغن (۲۱)	-۰/۴۸**	-۰/۷۳**	-۰/۸۰**	-۰/۷۳**	-۰/۴۶**	۰/۷۷**	۰/۶۴**	۰/۴۸**	۰/۶۸**	۰/۱۲	۰/۷۷**	۰/۶۲**	۰/۴۴**

ادامه جدول ۷- نتایج تحلیل همبستگی بین صفات مورد مطالعه

ویژگی	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
وزن هزار دانه (۱۴)	۱						
عملکرد دانه (۱۵)	۰/۲۳	۱					
عملکرد بیولوژیکی (۱۶)	۰/۴۱**	۰/۶۷**	۱				
شاخص برداشت (۱۷)	-۰/۱۲	۰/۶۰**	-۰/۱۹	۱			
درصد روغن (۱۸)	۰/۴۶**	۰/۴۶**	۰/۵۵**	۰/۰۲	۱		
عملکرد روغن (۱۹)	۰/۴۳**	۰/۸۱**	۰/۷۱**	۰/۳۱*	۰/۸۹**	۱	
کارایی مصرف آب دانه (۲۰)	۰/۲۳	۱/۰۰**	۰/۶۷**	۰/۶۰**	۰/۴۶**	۰/۸۱**	۱
کارایی مصرف آب روغن (۲۱)	۰/۴۳**	۰/۸۱**	۰/۷۱**	۰/۳۱*	۰/۸۹**	۱/۰۰**	۰/۸۱**

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد روز تا سبز شدن

با توجه به این که تا مرحله شش‌برگی بوته‌ها با آب معمولی (غیرشور) آبیاری شدند، مطابق انتظار، اثر شوری آب آبیاری بر تعداد روز تا سبز شدن معنی‌دار نبود ولی اثر شوری خاک بر این صفت در سطح یک درصد معنی‌داری بوده (جدول ۳) و آن را افزایش داد (جدول ۵). جدول تحلیل همبستگی (جدول ۷) نشان داد که همبستگی این صفت با شوری آب آبیاری معنی‌دار نبود؛ در حالی‌که همبستگی آن با شوری ابتدایی خاک در سطح یک درصد (r=۰/۸۰) معنی‌دار بود. افزایش شوری خاک تا سطح ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر موجب تغییر معنی‌داری در تعداد روز تا سبز شدن بذر نشد ولی با افزایش شوری خاک به ۶ دسی‌زیمنس بر متر، تعداد روز تا سبز شدن به طور معنی‌داری (۰/۷۲ روز) افزایش یافت. در همین راستا، نتایج Gutierrez Boem *et al*. (1994) نشان داد که افزایش شوری خاک از ۲/۳ به ۶ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش معنی‌دار تعداد روز تا سبز شدن کلزا نشد ولی شوری‌های بیشتر خاک، علاوه بر افزایش این صفت، موجب ۱۱ درصد کاهش در درصد سبز شدن بذر به ازای هر واحد افزایش شوری خاک شد. همچنین یافته‌های Rahnama (2013) نشان داد که شوری خاک (۱۱/۲ دسی زیمنس بر متر) متوسط فاصله زمان کشت تا سبز شدن ۱۲ رقم کلزا را نسبت به شرایط بدون محدودیت شوری به میزان ۲/۵ روز افزایش داد.

تعداد روز تا گلدهی

شوری خاک و شوری آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد روز تا گلدهی کلزا داشت (جدول ۳) و موجب افزایش آن شد (جدول ۴). افزایش شوری خاک از ۳ به ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر موجب تاخیر در گلدهی کلزا به میزان ۲/۲۲ روز شد ولی افزایش بیشتر شوری خاک تا ۶ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. همچنین با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲ تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر تغییر معنی‌داری در تعداد روز تا گلدهی کلزا مشاهده نشد ولی شوری آب آبیاری ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر این ویژگی را به‌طور معنی‌داری به میزان ۲/۵ و ۴/۳ روز افزایش داد. در همین راستا یافته‌های Kaboosi and Shamyati (2017) نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۱۵ به ۱۰ دسی-زیمنس بر متر تعداد روز تا گلدهی کلزا ۶ روز افزایش یافت. همچنین گزارش شد که زمان گلدهی کلزا در تیمارهای با شوری بیش از ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، بین ۶ تا ۷ روز نسبت به تیمار شاهد به تاخیر افتاد (Francois, 1994). نتایج تحلیل همبستگی (جدول ۷) نشان داد که اگر چه همبستگی معنی‌داری بین تعداد روز تا گلدهی با شوری خاک و شوری آب آبیاری وجود دارد اما ضریب همبستگی آن‌ها به ترتیب ۰/۲۸ در سطح پنج درصد و ۰/۴۸ در سطح یک درصد معنی‌دار بود که بیان‌کننده تأثیرگذاری بیشتر شوری آب آبیاری نسبت به شوری خاک بر این صفت است.

تعداد روز تا رسیدگی

برهمکنش شوری خاک و شوری آب آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر صفت تعداد روز تا رسیدگی معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش شوری آب آبیاری در تمام سطوح شوری خاک منجر به کاهش تعداد روز تا رسیدگی کلزا شد. با این حال میزان تغییر با افزایش شوری خاک کاهش یافت؛ به طوری که اختلاف تعداد روز تا رسیدگی بین تیمارهای شوری آب آبیاری ۱/۲ و ۱۲ دسی-زیمنس بر متر برای تیمارهای خاک ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۱۲/۷، ۱۰/۴ و ۷/۷ روز بود (شکل ۲- راست). این امر با روند افزایش شوری نهایی خاک (نرخ افزایش شوری نهایی خاک نسبت به شوری ابتدایی آن در تیمارهای شوری ابتدایی خاک ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۶۵، ۵۳ و ۳۰ درصد بود) کاملاً منطبق است. کاهش معنی‌دار تعداد روز تا رسیدگی کلزا تحت تأثیر شوری توسط پژوهشگران مختلف نیز گزارش شده بود (Kaboosi *et al*., 2019a; Tarinejad *et al*., 2013; Rahnama, 2013; Shahbazi *et al*., 2011) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. یافته‌های Kaboosi and Shamyati (2017) (رقم هایولا ۴۰۱ در خاک غیرشور)، Tarinejad *et al*. (2013) و Shahbazi *et al*. (2011) نشان داد که افزایش شوری آب آبیاری به‌ترتیب از ۱/۱۵ به ۱۰، ازصفر به ۱۲ و از ۰/۷ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش تعداد روزهای تا رسیدگی کلزا به‌ترتیب به‌میزان ۵/۳، ۷/۸ و ۱۱/۵ روز شد که با نتایج این پژوهش (۱۰/۲ روز اختلاف بین شوری آب آبیاری ۱/۲ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) همخوانی بسیار نزدیکی دارد. همچنین کاهش تعداد روز تا رسیدگی ۱۲ رقم کلزا به میزان ۲/۵ روز توسط Rahnama (2013) در شرایط شوری خاک ۱۱/۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به شرایط بدون محدودیت شوری گزارش شد که با یافته‌های این پژوهش (۹/۹ روز) در خصوص شوری خاک هم-راستا است. همبستگی منفی معنی‌داری بین این صفت (جدول ۷) با صفات تعداد روز تا سبز شدن (r= -۰/۶۵) و گلدهی، شوری ابتدایی (r= -۰/۷۵) و نهایی خاک (r= -۰/۷۷) و شوری آب آبیاری (r= -۰/۶۰) نشان می‌دهد که اگر چه افزایش شوری سرعت رشد رویشی گیاه را کاهش می‌دهد اما از آنجا که طول دوره رویشی (تعداد روز تا گلدهی) تعیین‌کننده زمان رسیدگی گیاه است، با طولانی شدن این دوره (رویشی)، طول دوره‌های بعدی گیاه (زایشی تا رسیدگی) کوتاه‌تر می‌شود که در نتیجه آن (کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

طول دوره زایشی) عملکرد گیاه نیز کاهش می‌یابد (Kaboosi *et al*., 2019a). کاهش طول دوره رسیدگی عمدتاً به کاهش مدت تشکیل خورجین و پرشدن دانه در اثر تنش شوری مربوط می‌باشد (Shahbazi *et al*., 2011).

ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین

اثرات ساده شوری خاک و شوری آب آبیاری بر دو صفت ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش شوری خاک و شوری آب آبیاری به ترتیب از ۳ به ۴/۵ و از ۱/۲ به ۴ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش معنی‌دار این دو صفت به ترتیب به میزان ۱۱/۶ و ۲۰/۷ سانتی‌متر (به‌ترتیب ۱۵/۲ و ۲۴/۴ درصد) شد ولی بین سایر سطوح شوری خاک و سایر سطوح شوری آب آبیاری با یکدیگر در خصوص هر دو صفت ارتفاعی تغییر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). همبستگی منفی معنی‌دار بین این دو صفت با شوری خاک و شوری آب آبیاری و همچنین همبستگی مثبت معنی‌دار (r= ۰/۵۳) بین ارتفاع اولین غلاف با ارتفاع بوته مشاهده شد. کاهش ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین مشکلات ناشی از برداشت مکانیزه کلزا را تشدید می‌کند. در همین راستا Kazemeini *et al*. (2016) گزارش کردند که افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۴ به ۴ دسی‌زیمنس بر متر موجب ۱۴/۷ درصد کاهش در ارتفاع بوته کلزا شد که تطابق خوبی با یافته‌های پژوهش حاضر دارد. در عین حال، بر اساس نتایج Kaboosi and Shamyati (2017)، Yazdani *et al*. (2016)، Shabani *et al*. (2013) و Akhyani *et al*. (2010) افزایش شوری آب آبیاری به‌ترتیب از ۱/۱۵ به ۷، از ۰/۵ به ۵، از ۱/۴ به ۱۰ و از ۱/۹ به ۷ دسی‌زیمنس بر متر و مطابق یافته‌های Gutierrez Boem *et al*. (1994) افزایش شوری خاک از ۲/۳ به ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته کلزا را در پی نداشت که با یافته‌های پژوهش حاضر در زمینه شوری آب آبیاری تطابق ندارد اما با نتایج اثر شوری خاک همخوانی خوبی دارد.

قطر ساقه

شوری خاک و شوری آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر قطر ساقه کلزا داشت (جدول ۳). افزایش شوری خاک از ۳ به ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر معنی‌دار بر این صفت نداشت و شوری خاک ۶ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش معنی‌دار آن شد. همچنین نتایج نشان داد که افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش معنی‌دار (۰/۶۴ میلی‌متر معادل ۱۲/۵ درصد) قطر ساقه شد. همبستگی این صفت با شوری آب آبیاری (r= -۰/۷۸) در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی این موضوع در خصوص شوری خاک مشاهده نشد (جدول ۷).

طول غلاف

اثرات ساده شوری خاک و شوری آب آبیاری بر طول غلاف به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد بر طول غلا کلزا معنی‌دار بود (جدول ۳). همبستگی معنی‌دار شدید (r= -۰/۹۵) این صفت با شوری آب آبیاری (جدول ۷) به گونه‌ای بود که موجب کاهش معنی‌دار طول غلاف در تمام سطوح شوری آب آبیاری نسبت به یکدیگر شد؛ به طوری که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، طول غلاف ۱۵ درصد (۹/۵ میلی‌متر) کاهش یافت (جدول ۴). با این حال، اگر چه افزایش شوری خاک از ۳ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش معنی‌دار (۰/۸ میلی‌متر) طول غلاف شد (جدول ۴) اما همبستگی آن‌ها با یکدیگر معنی‌دار نبود (جدول ۷). تأثیر منفی معنی‌دار شوری بر طول غلاف کلزا توسط Shamseddin and Farahbakhsh (2008) گزارش شده است.

تعداد دانه در غلاف

شوری خاک و شوری آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف کلزا در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). نتایج تحلیل همبستگی (جدول ۷) نشان داد که بین تعداد دانه در غلاف با طول غلاف همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (r=۰/۵۸) وجود دارد که با نتایج Kaboosi and Shamyati (2017) و Shamseddin Saied and Farahbakhsh (2008) و Jabbari *et al*. (2015) همخوانی دارد. در عین حال میزان همبستگی این صفت با شوری خاک در سطح پنج درصد (r=-۰/۲۹) و با شوری آب آبیاری در سطح یک درصد (r=-۰/۵۹) معنی‌دار بود که نشان داد که شوری آب آبیاری نسبت به شوری خاک تأثیر بیشتری بر تعداد دانه در غلاف کلزا دارد. با توجه به تأثیر منفی شوری خاک و شوری آب آبیاری بر طول غلاف و همبستگی طول غلاف با تعداد دانه در غلاف، می‌توان انتظار داشت که تعداد دانه در غلاف کلزا در اثر شوری خاک و شوری آب آبیاری کاهش یافته و این کاهش در تیمارهای شوری آب آبیاری بیشتر از شوری خاک باشد. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که اختلاف تیمارهای مختلف شوری خاک و شوری آب آبیاری از نظر این صفت دارای روند نسبتاً مشابهی با صفت طول غلاف بوده و شوری آب آبیاری موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف در تیمارهای مختلف شد؛ به طوری که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، تعداد دانه در غلاف ۲۲ درصد کاهش یافت. نتایج مشابهی توسط Moravveji *et al*. (2017) گزارش شد. نتایج آن‌ها نشان داد که افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۹ به ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر

www.SID.ir

Archive of SID

موجب ۱۷ درصد کاهش در تعداد دانه در غلاف کلزا رقم هایولا ۴۰۱ (رقم پژوهش حاضر) می‌شود. این در حالی بود که کاهش این صفت تحت تأثیر شوری خاک فقط در تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمارهای ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود (۸ درصد). کاهش معنی‌دار طول غلاف کلزا در اثر شوری توسط Rahnama (2013)، Tajali *et al*. (2011)، Shahbazi *et al*. (2011)، Shamseddin Saied and Farahbakhsh (2008) و Francois (1994) نیز گزارش شده بود که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. هنگامی که تنش‌های محیطی شدید باشد، رقابت برای مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد که به واسطه سقط جنین، منجر به تلفات دانه در غلاف می‌شود (Francois, 1994).

تعداد غلاف در بوته

اثرات ساده شوری خاک و شوری آب آبیاری بر تعداد غلاف در بوته کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش شوری خاک از ۳ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش معنی‌دار (۱۶ درصد) تعداد غلاف در بوته شد (جدول ۴) که می‌تواند به همبستگی منفی معنی‌دار (r=-۰/۴۳) این دو به یکدیگر در سطح یک درصد مربوط باشد (جدول ۷). این نتایج با یافته‌های Gutierrez Boem *et al*. (1994) که نشان داد افزایش شوری خاک از ۲/۳ به ۶ دسی‌زیمنس بر متر موجب ۱۵ درصد کاهش تعداد غلاف در بوته کلزا می‌شود، همخوانی نزدیکی دارد. همچنین شوری آب آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته شد اما این کاهش تا شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبود. به طوری کلی افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر باعث ۴۳ درصد کاهش در این صفت شد. در شرایط تنش شوری، محدودیت جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه، منجر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی و کاهش تخصیص آن به اندام‌های زایشی می‌شود. بنابراین، کمبود منبع غذایی طی دوره گلدهی باعث ریزش اندام‌های زایشی و گل‌های بارور، به‌ویژه غلاف‌های جوان می‌شود که نتیجه آن کاهش تعداد غلاف‌های بالغ است (Tajali *et al*., 2011). کاهش معنی‌دار این صفت در اثر شوری توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است (Golestanian *et al*., 2018; Esmaeilzadeh *et al*., 2018; Moravveji *et al*., 2017; Tarinejad *et al*., 2013; Rahnama, 2013; Shahbazi *et al*., 2011; Tajali *et al*., 2011; Shamseddin Saied and Farahbakhsh, 2008) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که اثر شوری خاک در سطح احتمال یک درصد بر وزن هزار دانه کلزا معنی‌دار بود (جدول ۳)؛ به‌طوری که با افزایش شوری خاک از ۳ به ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر، این صفت ۰/۳۲ گرم (۱۰ درصد) کاهش یافت (جدول ۴) که ناشی از همبستگی منفی معنی‌دار (r=-۰/۵۵) این دو با یکدیگر است (جدول ۷). کاهش وزن هزار دانه کلزا به دلیل شوری خاک نیز توسط Rahnama (2013) گزارش شد. کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه با افزایش شوری می‌تواند به دلایل کاهش مواد فتوسنتزی در مرحله پر شدن دانه، کاهش شدت رشد در اثر پتانسیل اسمزی و یا کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها باشد (Tajali *et al*., 2011). با این حال، شوری آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه کلزا نداشت (جدول ۳) که با نتایج Kaboosi and Shamyati (2017) و Francois (1994) مطابقت دارد. همچنین یافته‌های Moravveji *et al*. (2017) نشان داد که افزایش شوری آب آبیاری تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، تغییر معنی‌داری در وزن هزار دانه کلزا رقم هایولا ۴۰۱ به‌وجود نیاورد که با نتایج این پژوهش کاملاً همخوانی دارد.

عملکرد و کارایی مصرف آب دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی شوری خاک و برهمکنش آن با شوری آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت که با نتایج تحلیل همبستگی مبنی بر معنی‌داری همبستگی این دو صفت با شوری آب آبیاری (r=-۰/۵۷) و عدم معنی‌داری همبستگی آن‌ها با شوری ابتدایی خاک مطابقت دارد (جدول ۷). بیشترین و کمترین میزان این دو صفت با ۱۷ درصد اختلاف به‌ترتیب در شوری آب آبیاری ۱/۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۶) که با یافته‌های Golestanian *et al*. (2018) (رقم هایولا)، Anagholi *et al*. (2016)، Tarinejad *et al*. (2013)، Shahbazi *et al*. (2011) و Akhyani *et al*. (2010) مبنی بر اختلاف عملکرد دانه کلزا بین شوری آب آبیاری شاهد (صفر) با ۱۰، ۲ با ۱۱، صفر با ۶، ۰/۷ با ۱۴ و ۱/۹ با ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با مقدار به‌ترتیب ۳۳/۳، ۳۱، ۳۳/۱، ۴۳/۳ و ۵۳/۲ درصد، به‌طور نسبی همخوانی دارد. عملکرد دانه در کلزا تابعی از اجزاء عملکرد آن یعنی تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه است (Moravveji *et al*., 2017; Kaboosi and Shamyati, 2017). گزارش شده است که در صورت آغاز تنش شوری از مرحله روزت و پیش از مرحله زایشی، واکنش کلزا به تنش شوری بیشتر با کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف همراه بوده و تاثیر آن بر وزن هزار دانه کمتر از بقیه اجزای عملکرد است (Tajali *et al*., 2011) که با نتایج این پژوهش در

www.SID.ir

Archive of SID

خصوص صفات اجزاء عملکرد، که در بخش‌های قبل توضیح داده شد، کاملاً همخوانی دارد. نتایج تحلیل همبستگی (جدول ۷) نیز یافته‌های فوق را تائید می‌کند؛ به‌گونه‌ای که علاوه بر همبستگی غیرمعنی‌دار دو صفت عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه با وزن هزار دانه، همبستگی آن‌ها با تعداد غلاف در دانه (r=۰/۴۴) و تعداد دانه در غلاف (r=۰/۴۸) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). کارایی مصرف آب دانه کلزا برای دو رقم طلائیه و کلزا در منطقه گرگان (استان گلستان) در محدوده شوری آب آبیاری ۱۴-۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر (معادل شوری خاک ۹/۶-۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر) به‌ترتیب ۰/۴۸-۰/۳۶ و ۱/۱۲-۰/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (Shahbazi *et al*., 2011) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی نزدیکی دارد. افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲ به ۴ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد و کارایی مصرف آب دانه کلزا را به میزان ۱۰ درصد کاهش داد که کاملاً منطبق بر نتایج Yazdani *et al*. (2016) است. آن‌ها نشان دادند که افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۵ به ۵ دسی‌زیمنس بر متر موجب ۱۴/۵ درصد کاهش در عملکرد دانه کلزا می‌شود. در عین حال، یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر آن است که بین شوری آب آبیاری ۴، ۶، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و بین شوری آب آبیاری ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. این نتایج نشان می‌دهد که اگر چه بیشترین عملکرد کلزا در شوری آب آبیاری خیلی پایین به‌دست می‌آید اما واکنش کلزا به افزایش شوری آب آبیاری از نظر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه در محدوده‌های نسبتاً گسترده‌ای (برای نمونه بین ۴ تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر یا بین ۶ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) معنی‌دار نیست و گیاه کلزا می‌تواند مقاومت نسبتاً بالایی به تنش شوری حاصل از آب آبیاری نشان می‌دهد.

تأثیر غیرمعنی‌دار شوری خاک بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه کلزا را می‌توان به مقاومت و آستانه تحمل بالای گیاه کلزا به شوری نسبت داد. پژوهش‌های Hosseini *et al*. (2016) در محدوده شوری خاک ۰/۳ تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر (در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن) و Gutierrez Boem *et al*. (1994) و Porcelli *et al*. (1995) در محدوده شوری ۲/۳ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که افزایش شوری خاک به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا منجر نشد که با یافته‌های پژوهش حاضر در محدوده مورد بررسی همخوانی دارد. همچنین این نتایج با یافته‌های Francois (1994) که آستانه کاهش عملکرد دو رقم کلزا را در شوری خاک ۱۱ و ۹/۷ دسی‌زیمنس بر متر گزارش نمود، مطابقت دارد زیرا در پژوهش حاضر شوری نهایی خاک در تیمارهای شوری ابتدایی ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر در شوری‌های مختلف آب آبیاری به‌ترتیب بین ۶/۳-۲/۶، ۱۰/۱-۳/۸ و ۱۲/۱-۴/۳ دسی‌زیمنس بر متر (شکل ۱) بود. گزارش شده است که کلزا در اراضی نسبتاً شور گنبد و گرگان با هدایت الکتریکی حدود ۷/۷ دسی زیمنس بر متر محصول مناسبی تولید می‌کند (Azimi Gandomani *et al*., 2012) این در حالی است که آستانه تحمل به شوری دو رقم کلزا (طلایه و استقلال) در استان گلستان با شوری متغیر خاک در طول فصل رشد، شوری خاک ۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر (معادل شوری آب آبیاری ۶ دسی-زیمنس بر متر) به دست آمد (Shahbazi *et al*., 2011). یافته‌های متناقضی در خصوص آستانه تحمل به شوری کلزا ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به یافته‌های Jalali and Homaee (2010)، Jalali and Asadi Kapourchal (2017) و Ranjbar and Banakar (2011) اشاره کرد. به همین دلیل توصیه شده است که اعداد ارائه‌شده برای آستانه تحمل به شوری فقط به عنوان مقایسه برای تحمل به شوری بین گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گیرد (Anagholi *et al*., 2017; Ranjbar and Banakar, 2011) زیرا این ویژگی بسته به ترکیبات نمک، میزان آب خاک، موجودات زنده خاک، شرایط فیزیکی خاک، توزیع نمک در نیمرخ خاک، روش تهیه بستر کشت، شرایط آب و هوایی مانند دما، تشعشع و کمبود فشار بخار، رقم زراعی و تنوع ژنتیکی آن، مدیریت آبیاری، سن بوته و مرحله رشد گیاه، تغذیه و حاصلخیزی خاک و مدیریت زراعی می‌تواند دامنه زیادی داشته باشد (Anagholi *et al*., 2017; Anagholi *et al*., 2016; Yazdani *et al*., 2016; Kazemeini *et al*., 2016; Shahbazi *et al*., 2011; Ranjbar and Banakar, 2011; Jalali and Homaee, 2010).

یافته‌های این پژوهش نشان داد که گیاه کلزا نسبت به شوری خاک از مقاومت بسیار بالایی برخوردار است که با نتایج پژوهش‌های قبلی کاملاً منطبق است اما با این وجود واکنش این گیاه به شوری آب آبیاری در مقایسه با شوری خاک کمتر است. به نظر می‌رسد که علت کاهش معنی‌دار عملکرد کلزا در برخی سطوح شوری آب آبیاری در پژوهش حاضر علی‌رغم آستانه تحمل بالای کلزا به شوری خاک، به تنش شوری ناگهانی مربوط باشد؛ به طوری که علی‌رغم تحمل بالای کلزا نسبت به شرایط شوری خاک و تطبیق رشد گیاه با آن، از طریق مکانیزم‌های مختلف مانند تنظیم اسمزی و آبیاری مکرر با آب شور در طول فصل رشد موجب افزایش ناگهانی شوری محیط خاک به‌طور مکرر بعد از هر آبیاری و وقوع تنش‌های شوری به گیاه شود که تطبیق مجدد گیاه با این شرایط، کاهش عملکرد را برای آن به دنبال داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد بیولوژیکی

نتایج نشان داد که اثر شوری آب آبیاری و شوری خاک بر عملکرد بیولوژیکی کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی برهمکنش آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۳). با این حال، ضریب همبستگی بالاتر این صفت با شوری آب آبیاری (r=-۰/۴۸) نسبت به شوری خاک (r=-۰/۳۰) نشان از تأثیرگذاری بیشتر شوری آب آبیاری نسبت به شوری خاک بر عملکرد بیولوژیکی کلزا دارد (جدول ۷). بر اساس نتایج (جدول ۴)، بیشترین عملکرد بیولوژیکی در شوری خاک ۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد و افزایش شوری به ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش معنی‌دار آن (به میزان ۵ درصد) شد ولی بین شوری ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در همین راستا گزارش شده است که اگر چه افزایش شوری خاک از ۲/۳ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش عملکرد بیولوژیکی کلزا شد اما این تغییر از نظر آماری معنی‌دار نبود (Porcelli *et al*., 1995; Gutierrez Boem *et al*., 1994). همچنین اگر چه بیشترین و کمترین میزان این صفت با ۱۳ درصد اختلاف به‌ترتیب در شوری آب آبیاری ۱/۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد و اختلاف بین شوری آب آبیاری ۱/۲ و ۴ دسی-زیمنس بر متر (۶ درصد) معنی‌دار بود اما تفاوت معنی‌داری بین شوری‌های آب آبیاری ۱۰-۴ و ۱۲-۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد (جدول ۴) که نشان‌دهنده مقاومت بالای کلزا به محدوده نسبتاً وسیعی از شوری آب آبیاری از نظر ویژگی عملکرد بیولوژیکی است. در عین حال، کاهش عملکرد بیولوژیکی تحت تأثیر شوری را می‌توان به کاهش صفات تعداد روز تا رسیدگی، قطر ساقه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه با افزایش شوری نسبت داد که این موضوع با توجه به همبستگی معنی‌دار این صفات با عملکرد بیولوژیکی (جدول ۷) نیز قابل توجیه است. در همین راستا، Kaboosi and Shamyati (2017)، Anagholi *et al*. (2016)، Tarinejad *et al*. (2013) و Azimi Gandomani *et al*. (2012) نیز کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی کلزا تحت تأثیر شوری آب آبیاری را گزارش کردند.

درصد روغن

تأثیر شوری آب آبیاری، شوری خاک و برهمکنش آن‌ها بر درصد روغن کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳) و آن را کاهش داد (شکل ۲-چپ) که با یافته‌های جدول (۷) مبنی بر همبستگی منفی معنی‌دار (در سطح یک درصد) شوری آب آبیاری (r=-۰/۶۷) و شوری خاک (r=-۰/۶۱) با درصد روغن همخوانی دارد. اثر شوری بر درصد روغن کلزا متفاوت گزارش شده است (Kaboosi *et al*., 2019b). در حالی که نتایج پژوهش Golestanian *et al*. (2018)، Esmaeilzadeh *et al*. (2018)، Kaboosi and Nodehi (2016)، Kaboosi and Shamyati (2017)، Tarinejad *et al*. (2013)، Shahbazi *et al*. (2011)، Ahmadi and Ardekani (2006) و Francois (1994) نشان از عدم تأثیر معنی‌دار شوری خاک یا آب آبیاری به‌ترتیب در محدوده ۱۰-۰، ۱۰-۰، ۱۰-۱/۲، ۱۰-۱/۱۵، ۱۲-۰، ۱۴-۰/۷، ۱۱-۲، ۹/۷-۱/۲ و ۱۰-۲/۳ دسی‌زیمنس بر متر بر درصد روغن کلزا داشت، یافته‌های Kaboosi *et al*. (2019b)، Moravveji *et al*. (2017)، Azimi Gandomani *et al*. (2012) و Shamseddin Saied and Farahbakhsh (2008) به‌ترتیب در محدوده شوری آب آبیاری ۱۰-۱/۱۵، ۱۵-۱/۹، ۲۲-۱/۹ و ۱۲-۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار این صفت را نشان داد. این تفاوت می‌تواند ناشی از متفاوت‌بودن رقم‌های مورد بررسی و ویژگی‌های ژنتیکی، شرایط آب و هوایی، ترکیب املاح آب، ویژگی‌های خاک و شرایط مدیریت مزرعه باشد. معنی‌داری برهمکنش شوری آب آبیاری و شوری خاک بر درصد روغن نشان می‌دهد که اثر شوری آب آبیاری بر درصد روغن در سطوح مختلف شوری خاک یکسان نیست که یافته‌های شکل (۲-چپ) آن را تائید می‌کند. بر اساس این شکل، افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در سطوح شوری خاک ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش درصد روغن کلزا به‌میزان به‌ترتیب ۱۰/۱، ۷/۳ و ۱۰/۵ درصد شد. به‌نظر می‌رسد همبستگی معنی‌دار بسیار بالای (r=-۰/۸۲) درصد روغن کلزا با شوری نهایی خاک (جدول ۷) بیانگر وابستگی زیاد این صفت به ویژگی‌های رشدی انتهای فصل رشد است که تحت تأثیر شوری انتهای فصل منجر به کاهش درصد روغن کلزا می-شوند.

عملکرد و کارایی مصرف آب روغن

نتایج نشان داد که اثرات ساده شوری آب آبیاری و شوری خاک و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با این حال، ضریب همبستگی بالاتر این دو صفت با شوری آب آبیاری (r=-۰/۷۳) و شوری نهایی خاک (r=-۰/۸۰) نشان‌دهنده وابستگی بیشتر این صفات به این دو عامل نسبت به شوری ابتدایی خاک (r=-۰/۴۸) است (جدول ۷). با توجه به اینکه عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن است (در این پژوهش با ضریب همبستگی معنی‌دار به‌ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۸۹) و از آنجا که مطابق نتایج ارائه‌شده، شوری آب آبیاری و شوری خاک عموماً منجر به

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش این ویژگی‌ها شد، کاهش عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن تحت تأثیر شوری آب آبیاری و شوری خاک اتفاق افتاد. بیشترین میزان این صفات در تیمارهای شوری ابتدایی خاک ۳ دسی‌زیمنس بر متر به همراه شوری‌های آب آبیاری ۱/۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین میزان آن‌ها با بیش از ۵۱ درصد کاهش در تیمارهای شوری ابتدایی خاک ۶ دسی‌زیمنس بر متر به همراه شوری‌های آب آبیاری ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل ۳). افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در سطوح شوری خاک ۳، ۴/۵ و ۶ دسی-زیمنس بر متر به ترتیب منجر به ۲۳، ۱۸ و ۲۸ درصد کاهش در صفات عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن کلزا شد که بیانگر معنی‌دار بودن برهمکنش شوری آب آبیاری و شوری خاک بر این صفات بود که نشان داد اثر شوری آب آبیاری بر صفات عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن کلزا در سطوح مختلف شوری خاک یکسان نیست (شکل ۳). در همین راستا نتایج Kaboosi and Shamyati (2017) در خصوص عملکرد و کارایی مصرف آب روغن و یافته‌های Moravveji *et al*. (2017) در خصوص عملکرد روغن رقم هایولا ۴۰۱ نشان داد که این صفات تحت تأثیر افزایش شوری آب آبیاری به‌ترتیب از ۱/۱۵ و ۱/۹ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در شرایط خاک غیرشور به‌ترتیب ۲۹ و ۵۳/۶ درصد کاهش می‌یابد که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد.

کارایی اقتصادی مصرف آب دانه (ناخالص و خالص)

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر شوری آب آبیاری بر کارایی ناخالص و خالص اقتصادی مصرف آب دانه کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی شوری خاک و برهمکنش آن با شوری آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. بیشترین و کمترین میزان این دو صفت به‌ترتیب با ۱۷ و ۳۳ درصد اختلاف به‌ترتیب در شوری آب آبیاری ۱/۲ و ۱۲ دسی-زیمنس بر متر به‌دست آمد؛ در حالی که بین شوری آب آبیاری ۴، ۶، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و بین شوری آب آبیاری ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). گزارش‌های محدودی در زمینه کارایی اقتصادی کلزا به‌ویژه در استان گلستان وجود دارد. Eshraghi and Ghasemian (2012) کارایی ناخالص اقتصادی کلزا در چهار شهرستان آق‌قلا، آزادشهر، رامیان و گنبد استان گلستان را به‌ترتیب ۵۶۲۰، ۲۷۴۰، ۱۶۰۰ و ۸۲۰ ریال بر مترمکعب گزارش کردند که اختلاف قابل توجهی با نتایج پژوهش حاضر دارد. نتایج مشابهی نیز توسط Zamani *et al*. (2015) و Sepahvand (2009) گزارش شد؛ به طوری که این شاخص برای کلزا توسط Zamani *et al*. (2015) در سامانه‌های آبیاری نوین و سنتی استان همدان به‌ترتیب ۵۵۳۱ و ۴۴۵۴ ریال بر مترمکعب و توسط Sepahvand (2009) در استان لرستان ۱۵۰۸ ریال بر مترمکعب به‌دست آمد. دلیل تفاوت این شاخص در این سه پژوهش با نتایج پژوهش حاضر را می‌توان به موقعیت جغرافیایی، کیفیت آب (شرایط غیرشور)، روش برآورد درآمد (عملکرد) و میزان مصرف آب و سال اجرای پژوهش نسبت داد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر برهمکنش شوری ابتدایی خاک و شوری آب آبیاری بر شوری نهایی خاک و صفات مختلف فنولوژیکی، موفولوژیکی، اجزاء عملکرد، عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب عملکردی و اقتصادی کلزا رقم هایولا ۴۰۱ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر ساده شوری آب آبیاری و شوری ابتدایی خاک و برهمکنش آن‌ها بر میزان شوری نهایی خاک معنی‌دار بود؛ به‌طوری که متوسط نرخ افزایش شوری نهایی خاک نسبت به شوری ابتدایی آن در تیمارهای شوری ابتدایی خاک ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۶۵، ۵۳ و ۳۰ درصد بود. نتایج تحلیل همبستگی و رگرسیونی بین شوری نهایی خاک با شوری آب آبیاری و شوری ابتدایی خاک نشان داد که اگر چه شوری نهایی خاک به طور معنی‌داری وابسته به هر دو متغیر مستقل است اما تأثیر شوری آب آبیاری بر شوری نهایی خاک بیشتر از تأثیر شوری ابتدایی خاک بر آن است. همچنین اگر چه بیشتر صفات مورد مطالعه تحت تأثیر شوری خاک و شوری آب آبیاری قرار گرفتند اما واکنش کلزا به افزایش شوری آب آبیاری از نظر این صفات در محدوده‌های شوری ۴ تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و ۶ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبود. به علاوه عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه کلزا در محدوده شوری نهایی خاک ۲/۶-۶/۳، ۳/۸-۱۰/۱ و ۴/۳-۱۲/۱ دسی‌زیمنس بر متر که معادل شوری ابتدایی خاک ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر در شوری-های مختلف آب آبیاری بود، کاهش معنی‌داری نداشت. به‌نظر می‌رسد که علی‌رغم مقاومت بالای کلزا به شوری خاک، شوری آب آبیاری به دلیل واردکردن تنش ناگهانی متعدد به گیاه موجب کاهش معنی‌دار این صفات در برخی سطوح شد. بنابراین از نقطه نظر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب (عملکردی و اقتصادی) کشت کلزا در زمین‌های شور (تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به آبیاری آن توسط آب شور (تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) ارجحیت دارد. با این حال از نقطه نظر عملکرد و کارایی مصرف آب روغن، بیشینه شوری آب آبیاری و خاک قابل تحمل کلزا حدود ۴ دسی-زیمنس بر متر است.

www.SID.ir

Archive of SID

REFERENCES

Ahmadi, S.H., and Ardekani, J.N. (2006) The effect of water salinity on growth and physiological stages of eight canola cultivars. Irrigation Science, 25, 11-20.

Akhtari, A., Homaee, M., and Hoseini, Y. (2014) Modeling plant response to salinity and soil nitrogen deficiency. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 3(4), 33-50. (In Farsi)

Akhyani, A., Rezaie, H., and Froumadi, M. (2010) Studying the effects of salt stress on yield and physiological characteristics of winter rapeseed in Semnan province. Environmental Stresses in Crop Sciences, 2(2), 131-138. (In Farsi)

Alihouri, M., Naseri, A., Boroomandnasab, S., and Kiani, A. (2015) Effect of water and salinity stress on evapotranspiration and growth of Barhee juvenile date palms. Iranian Journal of Soil and Water Research, 46(3), 475-486. (In Farsi)

Alinejadian Bidabadi, A., Hasani, M., and Maleki, A. (2018) The effect of amount and salinity of water on soil salinity and growth and nutrients concentration of spinach in a pot experiment. Iranian Journal of Soil and Water Research, 49(3), 641-651. (In Farsi)

Anagholi, A., Galeshi, S., Soltani, A., and Norinia, A.A. (2017) Comparison of salinity response in tolerant wheat cultivars with introduced cultivars for non-saline condition. Journal of Crop Production, 10(1), 203-226. (In Farsi)

Anagholi, A., Rousta, M.J., and Azari, A. (2016) Selection of salt tolerance varieties of canola by using of tolerant indices. Arid Biome Scientific and Research Journal, 6(2), 1-9. (In Farsi)

Anonymous, 2019. Ministry of Agriculture-Jahad, http://dbagri.maj.ir/cost/index.htm

Azimi Gandomani, M., Dehdari, A., Faraji, H., Movahhedi Dehnavi, M., and Alinaghizadeh, M. (2012) Effects of salinity on some quantitative and qualitative characteristics of spring rapeseed cultivars. Journal of Crop Production, 5(1), 53-70. (In Farsi)

Eshraghi, F., and Ghasemian, S. (2012) Evaluating economic productivity of water use (case study: Golestan province). Journal of Water Research in Agriculture, 26.3(3), 317-322. (In Farsi)

Esmaeilzadeh, V., Zahedi, H., Sharghi, Y., Modarres Sanavy, S., and Alaviasl, S. (2018) Interaction effect of zeolite and salt stress in reproductive stage of four canola varieties. Environmental Stresses in Crop Sciences, 11(2), 393-400. (In Farsi)

FAO, 2019. FAOSTAT. Available at Food and Agriculture Organization Web site: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Francois, L.E. (1994) Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. Agronomy Journal, 86(2), 233-237.

Golestanian, J., Sharghi, Y., Zahedi, H., Modares Sanavi, S.A., and Alavi Asl, S.A. (2018) Effect of calcium silicate on salt stress tolerance of four canola varieties. Iranian Journal of Field Crop Science, 49(1), 179-188. (In Farsi)

Gutierrez Boem, F.H., Scheiner, J.D., and Lavado, R.S. (1994) Some effects of soil salinity on growth, development and yield of rape seed. Journal of Agronomy and Crop Science, 43(3), 182-187.

Hosseini, Y., Homaee, M., and Asadi Kapourchal, S. (2016) Interactive effect of nitrogen and salinity on yield, oil content and nitrogen use efficiency in canola. Journal of Crop Production, 9(2), 193-211. (In Farsi)

Jabbari, H., Akbari, Gh.A., Khosh Kholgh Sima, N.A., Shirani Rad, A.H., Alahdadi, I. and Tajodini, F. (2015) Study of agronomical, physiological and qualitative characteristics of canola under water stress. Environmental Stresses in Crop Sciences, 8(1), 35-49. (In Farsi)

Jalali, V.R., and Asadi Kapourchal, S. (2017) Simulating durum wheat response to root zone salinity based on statistics and macroscopic models. Journal of Agroecology, 9(2), 520-534. (In Farsi)

Jalali, V.R., and Homaee, M. (2010) Modeling the effect of salinity application time of root zone on yield of canola. Journal of Crops Improvement, 12(1), 29-40. (In Farsi)

Kaboosi, K., and Nodehi, A. (2016). The effects of salinity stress levels on quantity and quality traits of different cultivars of canola under application of vermicompost. Journal of Crop Production, 9(3), 133-151. (In Farsi)

Kaboosi, K., and Shamyati, M. (2017) Effect of salinity stress on growth characteristics and quantitative and qualitative traits of different cultivars of canola. Environmental Stresses in Crop Sciences, 10(2), 331-343. (In Farsi)

Kaboosi, K., Nodehi, A., and Faraji, A. (2017) Effects of salinity stress on some traits of phonology, morphology, yield and yield components of different canola cultivars. Journal of Plant Ecophysiology, 9(29), 91-102. (In Farsi)

Kaboosi, K., Nodehi, A., and Shamyati, M. (2019a) The Interaction of irrigation water salinity, vermicompost and cultivar on growth, yield and yield components of canola. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 13(2), 486-499. (In Farsi)

Kaboosi, K., Nodehi, A., and Shamyati, M. (2019b) The effects of salinity stress and organic fertilizer on yield, oil and water use efficiency of different cultivars of canola. Water Engineering, 11(39), 87-100. (In Farsi)

Kazemeini, S., Alborzei Hagighi, M., and Pirasteh-Anosheh, H. (2016) Evaluating salinity tolerance at different growth stages in rapeseed. Environmental Stresses in Crop Sciences, 9(2), 185-193. (In Farsi)

Moravveji, S., Zamani, G.R., Kafi, M., and Alizadeh, Z. (2017) Effect of different salinity levels on yield and yield components of spring canola cultivars and Indian mustard. Environmental Stresses in

www.SID.ir

Archive of SID

Crop Sciences, 10(3), 445-457. (In Farsi)

Porcelli, C.A., Gutierrez Boem, F.H., and Lavado, R.S. (1995) The K: Na and Ca: Na ratios and rapeseed yield under soil salinity or sodicity. Plant and Soil, 175, 251-255.

Rahnama, A. (2013) Comparison the yield and yield component of canola varieties and relative resistance in South salinity soil of Khouzestan province. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 99, 70-80. (In Farsi)

Ranjbar, G.H., and Banakar, M.H. (2011) Salt tolerance threshold of four commercial wheat cultivars. Iranian Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences), 24(3), 237-242. (In Farsi)

Salehi, M., and Mosavat, S.A. (2009) Selection criteria of wheat genotypes under salt stress in Golestan province. Journal of Crop Production, 1(4): 19-33. (In Farsi)

Sepahvand, M. 2009. Comparison of water requirement, water productivity and economical water productivity of wheat and rapeseed in the west of Iran in wet years. Iranian Water Researches Journal, 3(4), 63-68. (In Farsi)

Shahbazi, M., Kiani, A.R., and Raeisi, S. (2011) Determination of salinity tolerance threshold in two Rapeseeds cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 13(1), 18-31. (In Farsi)

Shamseddin Saied, M. and Farahbakhsh, H. (2008) Investigation of quantitative and qualitative parameters of canola under salty conditions for determining the best tolerance index. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 12(43), 65-78. (In Farsi)

Soltani, S., Mousavi, S.F., and Mostafazadeh-Fard, B. (2008) Simultaneous effect of deficit irrigation and salinity on canola nutrients concentrations, dry matter and soil salinity profile in greenhouse condition. Iranian Water Research Journal, 2(3), 65-76. (In Farsi)

Tajali, T., Bagheri, A.R., and Hosseini, M. (2011) Effect of salinity on yield and yield components of five canola cultivar. Journal of Plant Ecophysiology, 3, 77-90. (In Farsi)

Tarinejad, A., Gayomi, H., Rashidi, V., Farahvash, F., and Alizade, B. (2013) Evaluation of tolerance rate of canola cultivar to salinity stress. Journal of sustainable agriculture and production science, 22(4.1), 29-43. (In Farsi)

Yazdani, V., Davari, K., Ghahreman, B., and Kafi, M. (2016) Modeling the effects of salinity and water deficit stress on growth and yield parameters of two cultivars of canola. Irrigation Science and Engineering, 38(4), 137-154. (In Farsi)

Zaman, M., Shahid, S.A., and Heng, L. (2018) Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Springer, 183pp.

Zamani, O., Mortazavi, S.A., and Balali, H. (2015) Economical water productivity of agricultural products in Bahar plain. Journal of Water Research in Agriculture, 28.1(1), 51-62. (In Farsi)

www.SID.ir