

اثرات فسفر و شوری بر رشد، غلظت عناصر غذایی و کارایی مصرف آب در کُلزا (*Brassica napus* L.)

یعقوب حسینی¹، مهدی همایی²، نجف‌علی کریمیان³ و سعید سعادت⁴

چکیده

شوری خاک و آب یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که فراروی بخش کشاورزی ایران قرار دارد. مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای فسفردار در چنین خاک‌هایی ممکن است به بهبود کمیت و کیفیت فرآورده‌های کشاورزی منجر شود. به‌همین منظور، اثرات فسفر و شوری بر میزان رشد، غلظت عناصر غذایی، و کارایی مصرف آب گیاه کُلزا (*Brassica napus* L.) مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح آب شور [آب غیر شور (EC=0/3dS/m) صفر، 3، 6، 9 و 12 دسی‌زیمنس بر متر] و چهار سطح فسفر (صفر، 20، 40 و 80 میلی‌گرم در کیلو گرم خاک از منبع KH_2PO_4) بود. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، وزن خشک و عملکرد دانه کُلزا به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. لیکن در شوری‌های مورد مطالعه، کاربرد فسفر تا سطح 20 و 40 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب سبب افزایش دانه و عملکرد ماده خشک کُلزا گردید. افزایش شوری موجب افزایش غلظت کلراید، سدیم، بور و فسفر و کاهش غلظت کلسیم، پتاسیم و نیتروژن گردید. اما مصرف فسفر توانست غلظت کلراید در ماده خشک را به‌طور معنی‌داری کاهش دهد. با افزایش شوری، ابتدا کارایی مصرف آب برای تولید دانه کُلزا افزایش و سپس کاهش یافت. در مقادیر زیاد به‌کارگیری فسفر، کارایی مصرف آب کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: شوری، فسفر، کارایی مصرف آب، کُلزا

1 و 2 به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
3. استاد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز
4. استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران

مقدمه

کاهش یافته و گیاه برای به دست آوردن مقدار مشخصی آب باید انرژی حیاتی بیشتری مصرف نماید. بنابراین بخشی از انرژی که گیاه برای رشد و نمو به آن نیاز دارد، صرف به دست آوردن آب شده و به این ترتیب رشد عمومی آن کاهش می یابد. اثر دوم شوری وجود یون های ویژه در محلول خاک شور می باشد. یون هایی نظیر کلر و سدیم به تنهایی می توانند موجب بروز سمیت در گیاه شده و یا در فرآیند جذب گیاه اختلال ایجاد نمایند. اثر سوم شوری که در حقیقت زائیده اثر نوع دوم است، عدم تعادل تغذیه ای است. بدین معنی که وجود یون های سدیم و کلراید و مانند آن که غلظت آن ها در محلول خاک شور زیاد است، باعث اختلال در جذب و انتقال سایر عناصر غذایی ضروری از خاک به گیاه می شوند. به طور کلی اختلال تغذیه ای از تاثیر شوری بر قابلیت دسترس بودن، جذب، انتقال، توزیع عنصر غذایی در گیاه و یا غیرفعال کردن فیزیولوژیکی آن در داخل گیاه ایجاد می شود. نتیجه این تاثیرها افزایش نیاز داخلی گیاه برای عنصر غذایی است. ممکن است یک عنصر غذایی هم-زمان تحت تاثیر دو یا چند عامل قرار گیرد (همایی، 1381 و گراتان و گریو، 1999). چنانچه گیاه در شرایط شور رشد کند و مقدار کافی عناصر غذایی در خاک موجود نباشد ممکن است حاصل خیزی خاک و نه شوری، نخستین عامل محدود کننده رشد گیاه باشد. گفته شده است که افزایش حاصل خیزی خاک می تواند اثر سوء شوری بر رشد گیاه را کاهش دهد (همایی، 1381).

فسفر از جمله عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه است که ممکن است به دلایل متعدد، دسترسی گیاه به آن، در خاک های شور تحت تاثیر قرار گیرد. به طور کلی برهم کنش بین فسفر و شوری پیچیده و به میزان زیادی به گونه (یا رقم گیاه)، سن گیاه، ترکیب و سطح شوری و غلظت فسفر در محیط بستگی دارد. بیشتر مطالعات می دهد که شوری، سبب کاهش غلظت فسفر در بافت می شود، لیکن در برخی آزمایش ها، غلظت فسفر در بافت گیاه یا افزایش یافته و یا تحت تاثیر شوری قرار نگرفته است. نوع گیاه، شرایط محیطی و غلظت های متفاوت فسفر نقشی مهم در این رابطه بازی

شوری منابع آب و خاک از مشکلات مهم کشاورزی است که سبب می شود بخش بزرگی از اراضی یا کارایی خود را از دست دهند و یا کلاً غیرقابل کشت شوند. در حقیقت هیچ ماده سمی به اندازه نمک رشد گیاهان در جهان را محدود نمی کند. شوری، حداقل 20 درصد اراضی قابل کشت و بیش از 40% زمین های تحت آبیاری جهان را به درجات مختلف متاثر ساخته است (دمیرال و همکاران، 2005). اگرچه آبیاری سبب افزایش محصولات کشاورزی در سراسر جهان می شود، اما در صورت عدم مدیریت صحیح سبب افزایش مقدار نمک در زمین های کشاورزی نیز می گردد. تخمین زده شده است که سالانه 0/25 تا 0/5 میلیون هکتار زمین کشاورزی به علت افزایش نمک از چرخه تولید خارج می شود (اسکاگر و همکاران، 2006). از طرف دیگر، رشد بالای جمعیت، توسعه شهری و صنعتی شدن و در نتیجه افزایش رشد تقاضا برای منابع آب شیرین، بخش کشاورزی را با محدودیت استفاده از منابع آب با کیفیت بالا روبرو کرده است. به منظور غلبه بر کمبود آب، استفاده از آب های با کیفیت پایین تر (مانند آب های لب شور، فاضلاب ها و آب های زهکش شده) در بسیاری از کشورها اهمیت پیدا کرده است (بوستان و همکاران، 2005 و چارتزولاکیس، 2005)، لیکن ممکن است استفاده از این آب ها اثرات منفی بر رشد و عملکرد محصول داشته باشد (چرزولاکیس و کلاپکی، 2000). بخش وسیعی از کشور پهناور ما در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته است. در این مناطق به علت تبخیر فراوان (حدود 2000 میلی متر در سال)، بارندگی کم (حدود 250 میلی متر در سال) و کیفیت نامناسب آب های زیرزمینی، خاک ها به سمت شور شدن پیش می روند. در سال های اخیر، روند شور شدن خاک ها افزایش یافته و هکتارها زمین قابل کشت، بر اثر تجمع بیش از حد نمک غیرقابل کشت شده اند (پذیرا و همایی، 2003).

شوری از سه راه رشد و عملکرد گیاه را محدود می کند. اثر نخست و غالب، مربوط به غلظت کل نمک-های محلول در خاک است که کاهش پتانسیل اسمزی را به دنبال دارد. با کاهش پتانسیل اسمزی، انرژی آزاد آب

محیط با شوری بالا (که به روشنی دیده می‌شد) با گیاهان در محیط با شوری‌های کمتر (که علایم کمبودی در آنان مشاهده نگردید)، در غلظت مساوی فسفر در برگ، تایید گردید. در برخی مطالعات دیگر (نایمن و کلارک، 1976؛ روبرتز و همکاران، 1984 و تریبی و استونینک، 1988) نشان داده شد که غلظت‌های فسفر که در محیط غیرشور برای گیاه مطلوب بوده‌اند، در شرایط شور برای گیاه سمیت ایجاد کرده‌اند. البته بیشتر مطالعات با این نوع نتایج در محلول‌های غذایی انجام شده‌اند که غلظت فسفر در آن‌ها خیلی بیشتر از غلظت فسفر در خاک مزرعه است. با وجود این، در تعدادی از مطالعات مزرعه‌ای هم این پدیده مشاهده شده است. در آزمایشی، اسلام و همکاران (1996)، نشان دادند که افزودن بیشتر از 18 کیلوگرم فسفر در هکتار به مزرعه برنج در شرایط شور می‌تواند ایجاد سمیت نماید و کاهش عملکرد را به همراه داشته باشد.

سالانه مقادیر زیادی از منابع ارزی و نیروی انسانی کشور صرف واردات محصولات غذایی می‌شود که در این منابع، روغن‌های خوراکی با توجه به بازار وسیع مصرف و اهمیت فوق‌العاده غذایی، از اولویت خاصی در سطح ملی برخوردارند. به این دلیل برنامه‌ریزی بلندمدت و منسجم، با هدف نیل به خودکفایی در تولید روغن در دستور کار برنامه‌ریزان قرار گرفته است. از طرفی، بر اساس آمار موجود، سطح کل خاک‌های شور زراعی در ایران حدود 24 میلیون هکتار است که نزدیک به 20 درصد مساحت دشت‌ها و متجاوز از 50 درصد اراضی تحت کشت آبی کشور را تشکیل می‌دهد (پذیرا و همایی، 2003). بنابراین مطالعه و بررسی کشت گیاهان روغنی در خاک‌های شور با توجه به وسعت آن‌ها می‌تواند به عنوان راه‌کاری هم برای استفاده بهینه از اراضی شور و هم افزایش سطح زیرکشت چنین گیاهانی مدنظر قرار گیرد. گیاه گلزا می‌تواند با توجه به شرایط اقلیمی مورد نیاز آن، در اغلب نقاط کشور کشت شود (احمدی و جاویدفر، 1377) و هدف‌های فوق را برآورده سازد. این آزمایش با هدف تعیین اثرات سطوح مختلف فسفر و شوری (آب شور طبیعی) بر رشد، غلظت عناصر غذایی، و کارایی مصرف آب در گلزا در راستای نیل به

کرده و باعث به‌دست آمدن نتایج متفاوت و گاه متضاد گردیده است (گراتان و گریو، 1999).

مارتینز و لاجلی (1991 و 1994) دریافتند که نه تنها شوری از نوع NaCl جذب فسفر را در پنبه کاهش داد، بلکه بر انتقال فسفر به داخل ریشه و از ریشه به ساقه نیز تاثیر منفی گذاشت. گیسون (1988) در آزمایشی بر روی گندم، مشاهده کرد که شوری (NaCl) سبب کاهش عملکرد و سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌شود. ضمن آن که شیب کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه در تیمار بدون مصرف فسفر، بیشترین مقدار بود و با مصرف فسفر، این شیب به‌طور چشم‌گیری کاهش پیدا کرد. هم‌چنین تیمارهای NaCl هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز را کاهش دادند لیکن با مصرف فسفر درجه کاهش کمتر بود. گراتان و گریو (1999) نشان دادند که اثر شوری بر کاهش غلظت فسفر در بافت گیاه از کاهش فعالیت آن در خاک ناشی می‌شود. قابلیت در دسترس بودن فسفر در خاک‌های شور، نه تنها به‌علت ازدیاد قدرت یونی، که نتیجه آن کاهش فعالیت فسفر است، کاهش می‌یابد، بلکه غلظت فسفر در محلول خاک به شدت با فرآیندهای جذب سطحی و حلالیت کم کانی‌های Ca-P کنترل می‌شود. بنابراین افزایش شوری از نوع $NaCl+CaCl_2$ با تشکیل ترکیباتی مثل Ca-P در کنترل غلظت فسفر در خاک موثر است. در چنین شرایطی منطقی به نظر می‌رسد که با توجه به سینتیک جذب و رسوب شکل‌های اولیه فسفات کلسیم که از نظر ترمودینامیکی ناپایدارند و با گذشت زمان، فازهای پایدارتر را تشکیل می‌دهند، فسفر قابل دسترس گیاه کاهش یابد. بنابراین تکرار کاربرد فسفر برای خاک‌های شور و آهکی لازم است (گراتان و گریو، 1999). بعضی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که شوری ممکن است احتیاج به فسفر برخی گیاهان را افزایش دهد. آواد و همکاران (1990) نشان دادند که وقتی NaCl در محلول غذایی از 10 به 50 و 100 میلی‌مول، افزایش یافت غلظت فسفر در جوان‌ترین برگ بالغ گوجه فرنگی برای تولید 50 درصد عملکرد، به ترتیب، 58، 77، 79 میلی‌مول در کیلوگرم ماده خشک افزایش پیدا کرد. این نتیجه با مقایسه علایم برگی کمبود فسفر در گیاهان در

اثرات فسفر و شوری بر رشد، غلظت عناصر غذایی و کارایی مصرف آب کلزا ...

طور نسبی یک‌نواخت می‌گردد و علاوه بر این، رطوبت در محیط ریشه یک‌نواخت‌تر توزیع رطوبت می‌شود. پس از خشک کردن خاک در هوا و گذراندن آن از الک دو میلی‌متری، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری گردید (جدول 1) (علی‌احیایی، 1376؛ علی‌احیایی و بهبهانی زاده، 1372). به‌منظور اعمال تیمارهای شوری، آب شور طبیعی از دریاچه حوض سلطان در استان قم تهیه و به گلخانه منتقل گردید. برخی از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده آب در جدول 2 آمده است (علی‌احیایی، 1376؛ علی‌احیایی و بهبهانی زاده، 1372).

خودکفایی در تامین روغن خوراکی و هم‌چنین استفاده بهینه از منابع آب‌های شور انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش مقدار کافی خاک با بافت لوم شنی (Coarse-loamy, mixed thermic calcic Haplosalids) و مقدار کم فسفر اولیه (5/3 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) از منطقه قمرود استان قم و از افق سطحی خاک (صفر تا 30 سانتی‌متر) تهیه و به گلخانه منتقل شد. در بافت لوم شنی، شوری کل نیم‌رخ خاک به هنگام آبیاری، با اعمال جزء آبشویی Leaching Fraction (LF) نسبتاً زیاد (برابر 0/5)، به-

جدول 1: برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

FC (%)	کلاس بافتی	Na ⁺ (sol.) (mg L ⁻¹)	K ⁺ (ava.) (mg kg ⁻¹)	Cl ⁻ (sol.) (mg L ⁻¹)	Olsen-P (ava.) (mg kg ⁻¹)	OC (%)	S (ava.) (mg kg ⁻¹)	EC _e (dSm ⁻¹)	pH (گل اشباع)
15/5	SL	409	189	216	5/32	0/23	64	2/99	7/91

جدول 2: برخی از ویژگی‌های شیمیایی آب کاربردی

B	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	EC	pH
mmol _e L ⁻¹									dS m ⁻¹	
20/34	128/15	141/65	1312/5	2/9	1388/52	0/00	5/4	175/57	196/23	8/15

بیش از FC) به آن‌ها افزوده گردید (فقط $\frac{1}{8}$ نیتروژن و $\frac{1}{4}$ پتاسیم در این مرحله به خاک اضافه شد و مقدارهای باقی‌مانده به صورت سرک از طریق آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شدند). سپس اجازه داده شد تا خاک از نظر رطوبتی به ظرفیت مزرعه برسد. پس از آن خاک داخل هر کیسه به خوبی به هم زده شد و سعی گردید که کاملاً مخلوط شود. خاک مورد نظر در گلدان‌های با حجم 10 لیتر به صورت لایه لایه با ارتفاع 5 سانتی‌متر ریخته شد و متراکم گردید به گونه‌ای که جرم مخصوص ظاهری خاک به حدود 1/3 برسد. ده عدد بذر کلزا (*Brassica napus* L.) رقم Hyola 401 در هر گلدان کاشته و تا دو هفته اول که گیاهچه‌ها مستقر شدند (و به مرحله 2 تا 3 برگی رسیدند) با آب غیرشور (dS m⁻¹ = 0/3¹ EC) آبیاری شدند. پس از دو هفته تعداد آن‌ها به

دلیل انتخاب آب شور طبیعی، نزدیک‌تر بودن به شرایط واقعی مزرعه در حالتی که تنش شوری وجود دارد، بود. آزمایش به صورت گلدانی و در گلخانه انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار شامل چهار سطح فسفر (صفر، 20، 40، و 80 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک از منبع KH₂PO₄) و پنج سطح آب شور [آب غیر شور (EC=0/3 dS/m)، 3، 6، 9 و 12 دسی‌زیمنس بر متر] بودند. شوری‌های مختلف، با رقیق کردن آب شور تهیه شد.

در ابتدا 8 کیلوگرم خاک خشک وزن و در کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد. پس از آن تیمارهای فسفر و عناصر غذایی پایه بر اساس توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب (خادمی و همکاران، 1379) برای کلزا به صورت محلول و با توجه به FC خاک (اندکی

مقطر شستشو داده شد و سپس در آن در دمای 70 درجه سلسیوس به مدت 48 ساعت قرار داده و خشک شدند. سپس گیاهان را آسیاب کرده و عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، مس، روی، منگنز، آهن، کلراید، سدیم و بور در دانه و ماده خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد (امامی، 1375). وزن هزاردانه بذرهای نیز تعیین گردید. تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و EXCEL و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس پاسخ‌های اندازه‌گیری شده آزمایش که تحت تاثیر تیمارهای شوری و فسفر قرار گرفته بودند در جدول 3 و 4 ارائه شده است.

دو عدد کاهش یافت (سعی شد که دو گیاهچه قوی و یکسان در هر گلدان حفظ شوند).

پس از گذشت دو هفته تیمارهای آب شور اعمال گردیدند و هر گلدان با تیمارهای مربوطه (آب شور مناسب هر کدام از تیمارها با رقیق کردن آب شور تهیه شد) با در نظر گرفتن جزء آبشویی، آبیاری گردید. پس از هر بار آبیاری، زه‌آب و EC آن برای هر گلدان اندازه‌گیری شد تا با اعمال جزء آبشویی مورد نظر از عدم تجمع نمک اضافی در ناحیه ریشه اطمینان حاصل گردد. تعرق روزانه گیاه از طریق وزنی اندازه‌گیری و ثبت گردید. دیگر مراقبت‌های معمول در طول اجرای آزمایش به‌عمل آمد. کلروفیل و سطح برگ در شروع گلدهی اندازه‌گیری شدند. گیاهان تا تولید دانه، نگهداری و سپس غلاف‌های دانه و بوته‌ها برداشت گردید. میانگین ارتفاع گیاه در هر گلدان تعیین شد. سپس دانه کلزا از غلاف آن جدا گردید. گیاهان برداشت شده سه بار با آب

جدول 3: تجزیه واریانس تاثیر سطوح آب شور و فسفر بر روی برخی از پارامترهای گیاهی کلزا

منابع تغییر	عملکرد ماده خشک (گرم)	عملکرد دانه (گرم)	سطح برگ (سانتی - متر مربع در گلدان)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	کلروفیل	وزن هزار دانه (گرم)
تکرار	0/963 ^{ns}	2/8*	8038 ^{ns}	150 ^{ns}	5/8 ^{ns}	0/858*
شوری	41**	2/8**	93687**	3129**	76**	1**
فسفر	34**	1/252 ^{ns}	7189 ^{ns}	292**	15 ^{ns}	0/18 ^{ns}
شوری × فسفر	0/69**	0/059 ^{ns}	8038*	150**	5 ^{ns}	0/18*
خطا	1/75	0/315	3168	52	6/9	0/067

ns: در سطح 1 و 5 درصد معنی‌دار نیست. *, **, * به ترتیب در سطح 1 و 5 درصد معنی‌دار است.

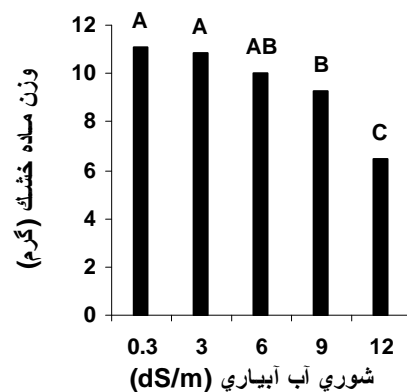
جدول 4: تجزیه واریانس تاثیر سطوح آب شور و فسفر بر روی غلظت عناصر غذایی در ماده خشک کلزا

منابع تغییر	فسفر (%)	کلزا (%)	سدیم (%)	کلسیم (%)	منیزیم (%)	پتاسیم (%)	نیتروژن (%)	روی (mg/kg)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	بر (mg/kg)
تکرار	0/001 ^{ns}	7 ^{ns}	4 ^{ns}	0/103 ^{ns}	0/03 ^{ns}	0/005 ^{ns}	0/046 ^{ns}	40 ^{ns}	4172 ^{ns}	72 ^{ns}	0/025 ^{ns}	29 ^{ns}
شوری	0/006*	496**	177**	0/53**	0/12**	1/7**	0/18 ^{ns}	228 ^{ns}	21449 ^{ns}	235 ^{ns}	2 ^{ns}	532**
فسفر	0/062**	62**	7 ^{ns}	0/10 ^{ns}	0/03 ^{ns}	0/005 ^{ns}	0/02 ^{ns}	251 ^{ns}	25826 ^{ns}	336 ^{ns}	6 ^{ns}	59 ^{ns}
شوری × فسفر	0/001 ^{ns}	15 ^{ns}	5 ^{ns}	0/11*	0/01 ^{ns}	0/05 ^{ns}	0/11 ^{ns}	324*	14855 ^{ns}	205 ^{ns}	2 ^{ns}	108 ^{ns}
خطا	0/002	11/28	2/8	0/046	0/012	0/023	0/096	129	9143	143	2/09	57

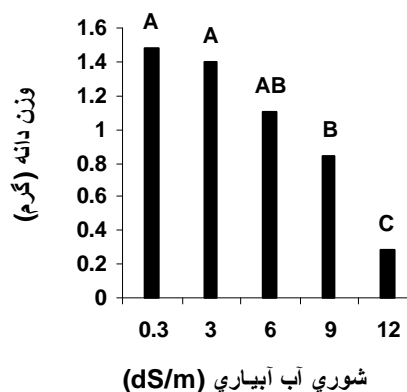
ns: در سطح 1 و 5 درصد معنی‌دار نیست. *, **, * به ترتیب در سطح 1 و 5 درصد معنی‌دار است.

اثر شوری و فسفر بر رشد گیاه

اثر شوری بر ماده خشک گیاه در شکل 1 نشان داده شده است. همان گونه که در شکل 1 دیده می شود، در شوری بیش از 6dS/m عملکرد ماده خشک نسبت به تیمار شاهد به طوری معنی دار کاهش یافت، هرچند که در شوری های 3 و 6 دسی زیمنس بر متر نیز کاهش عملکرد مشاهده می شود. به طور کلی شوری، عملکرد دانه و ماده خشک را در گیاه کلزا کاهش داد. شکل 2 اثر شوری بر عملکرد دانه کلزا را نشان می دهد. تیمارهای آب شور بالاتر از 6 دسی زیمنس بر متر به طوری معنی دار عملکرد دانه را کاهش داده اند. کاهش عملکرد دانه برای تیمارهای آب شور 3، 6، 9 و 12 دسی زیمنس بر متر به ترتیب برابر با 5/5، 25/4، 43/4 و 81 درصد نسبت به تیمار شاهد بود.



شکل 1: تاثیر شوری بر وزن ماده خشک کلزا



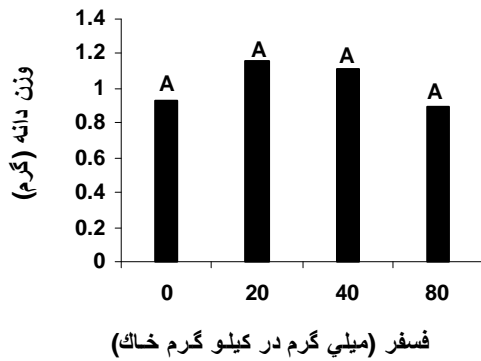
شکل 2: تاثیر شوری بر وزن دانه کلزا

در شوری های کم تا متوسط، کاهش رشد عمدتاً مربوط به اثرات اسمزی است. در سطوح بالاتر نمک، ممکن است تجمع عناصر سبب ایجاد مسمومیت در گیاه و در نتیجه باعث کاهش رشد آن شود (راوه و لوی، 2005). هیور و همکاران (2005) مشاهده کردند که آب شور با EC کمتر یا مساوی 6dS/m اثر منفی روی پارامترهای عملکرد گیاه شببوی بنفش (stock) نداشت و حتی تا شوری 2dS m^{-1} باعث افزایش درصد روغن گردید. وانگ و همکاران (2001) گزارش کردند که شوری از طریق کاهش در جذب جمععی پرتوهای فعال در فتوسنتز و کاهش کارایی پرتوهای خورشید باعث کاهش رشد گیاه می شود. همچنین تنش شوری از طریق تولید رادیکال های آزاد اکسیژن سبب کاهش عملکرد می شود (ملانی و همکاران، 2003).

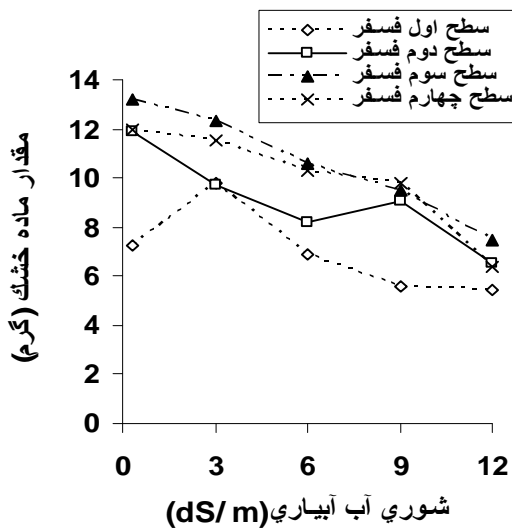
مقادیر مختلف فسفر عملکرد ماده خشک و دانه را تحت تاثیر قرار دادند (شکل های 3 و 4). افزودن فسفر به خاک تا سطح 40 میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک باعث افزایش معنی دار عملکرد ماده خشک کلزا شده است و افزودن بیشتر فسفر تاثیری معنی دار بر عملکرد ماده خشک نداشته است (شکل 3). عملکرد دانه کلزا با افزودن فسفر به میزان 20 میلی گرم در کیلوگرم خاک افزایش، لیکن کاربرد بیشتر فسفر در خاک باعث کاهش شد؛ گرچه این تغییرات معنی دار نبودند (شکل 4).

شامرا و همکاران (2002) گزارش کردند که کاربرد فسفر تا 17/6 کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد در خردل هندی گردید، ولی مقدار بیشتر آن تاثیری بر افزایش عملکرد نداشت. آنان علت تاثیر فسفر بر افزایش عملکرد را بهبود رابطه بین منبع و مخزن و افزایش ظرفیت مخزن ذکر کردند (تاثیر مثبت فسفر در انتقال مواد ساخته شده فتوسنتزی از برگ به دانه و یا ریشه گیاه و همچنین ایجاد ظرفیت بیشتر برای پذیرش این مواد در دانه).

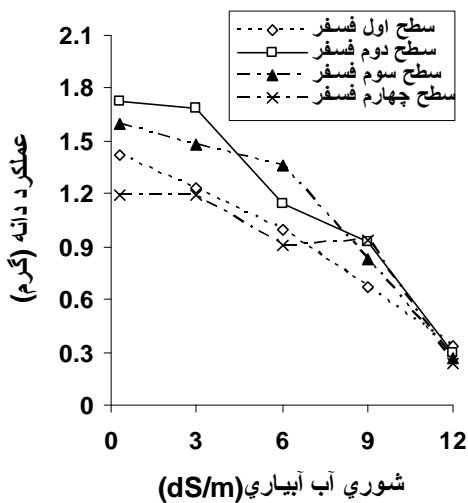
بر هم کنش تیمارهای آب شور و فسفر بر عملکرد ماده خشک تاثیری معنی دار داشت (جدول 3). کاربرد فسفر در مقایسه با تیمار شاهد در همه سطوح شوری با افزایش عملکرد ماده خشک همراه بوده است اما تاثیر مثبت کاربرد فسفر در مقادیر پایین شوری بر عملکرد



شکل 4: تاثیر فسفر بر مقدار ماده خشك کُلا

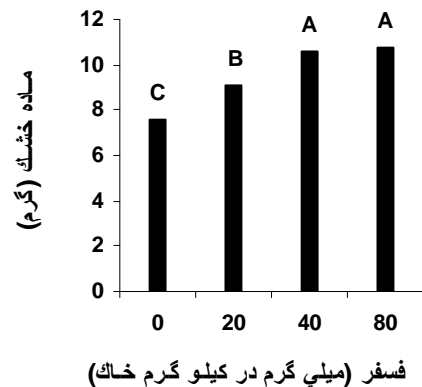


شکل 5: تاثیر شوری بر مقدار ماده خشك کُلا در سطوح مختلف فسفر

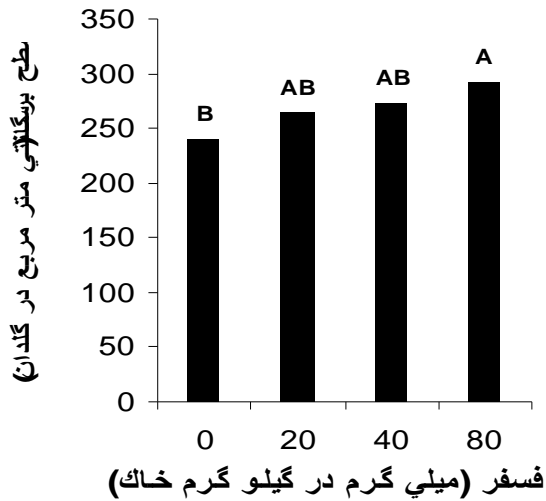


شکل 6: تاثیر شوری بر عملکرد ماده خشك کُلا در سطوح مختلف فسفر

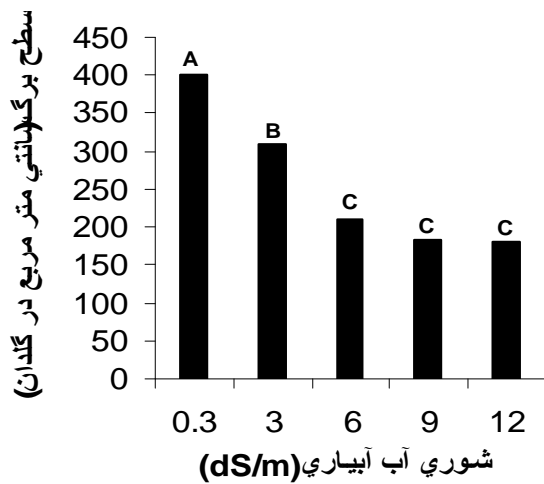
ماده خشك، در مقابسه با مقادير بالاتر شوری، بیشتر بود که علت آن می‌تواند اثر محدود کنندگی عامل شوری در مقایسه با عامل فسفر (در سطوح بالاتر شوری) بر روی گیاه باشد (شکل 5). اثرات متقابل فسفر و شوری بر روی عملکرد ماده خشك روندی تقریباً مشابه عملکرد ماده خشك داشت، با این تفاوت که کاربرد 80 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک سبب کاهش عملکرد ماده خشك در تیمارهای شوری نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل 6). زعفرانچی‌زاده (1373) در آزمایشی نشان داد که افزودن فسفر به میزان 50 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک موجب افزایش رشد ریشه و ساقه گندم در شرایط شور در محیط گلخانه شده است. لیکن در غلظت بالاتر نمک، آثار سمیت فسفر در بخش هوایی گیاه مشاهده گردید. گیبسون (1988) گزارش کرد که تبادلات روزنه‌ای با افزایش غلظت فسفات در شرایط شور افزایش می‌یابد. از آنجایی که در جریان فتوسنتز سطح برگ‌ها نور خورشید را دریافت کرده و گاز کربنیک را تثبیت می‌کنند پس تغذیه مناسب فسفات، این اعمال را بهبود می‌بخشد.



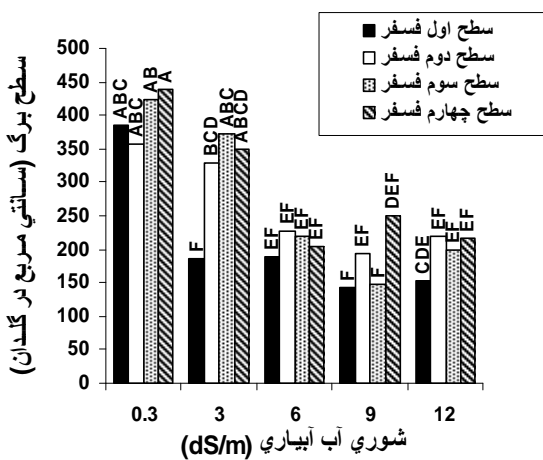
شکل 3: تاثیر فسفر بر مقدار ماده خشك کُلا



شکل 7: تاثیر فسفر بر سطح برگ کلزا



شکل 8: تاثیر شوری بر سطح برگ کلزا

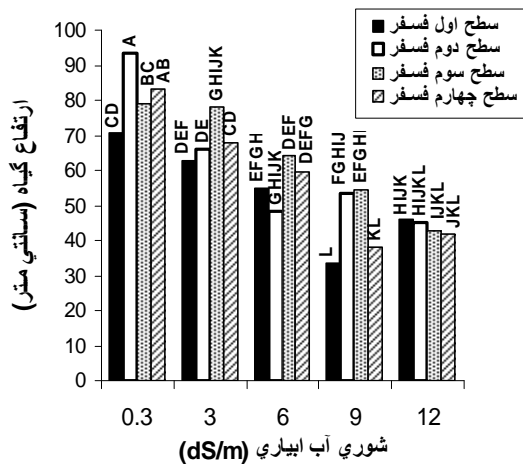


شکل 9: تاثیر شوری بر سطح برگ کلزا در سطوح مختلف فسفر

جوهان و همکاران (1991) نتیجه گرفتند که در شرایط شور، کاربرد فسفر عملکرد گندم را 39 تا 55 درصد افزایش داد و کود فسفر اضافی توانست عملکرد را ثابت نگه دارد. جونز و همکاران (1999) گزارش کردند که مقدار بالای فسفر در فلفل، عملکرد وزن تر و خشک گیاه را کاهش داد. این اثر در شرایط شور تشدید شد. آنان نتیجه گرفتند که غلظت بالای فسفر گیاه در شرایط شور ممکن است سبب غیرفعال کردن فیزیولوژیکی روی شده و از این طریق عملکرد کاهش یابد.

شکل 7 اثر کاربرد فسفر بر سطح برگ کلزا را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود افزودن فسفر به خاک با افزایش سطح برگ همراه بود و این در حالی است که کاربرد آب شور سبب کاهش شدید سطح برگ تا شوری 6 dS/m شد (شکل 8). بررسی اثرات متقابل شوری و فسفر نشان داد که اگرچه در سطوح پایین شوری کاربرد فسفر در خاک سبب افزایش سطح برگ گردید، اما به‌طور کلی، این افزایش در سطوح بالاتر شوری کمتر بود (شکل 9). افزودن فسفر در سطح شوری برابر با 3 dS/m سبب افزایش معنی‌دار سطح برگ گردید اما در سطوح بالاتر شوری، گرچه با افزایش سطح برگ همراه بود، لیکن این افزایش معنی‌دار نبود. بنگال و دادلی (2003) گزارش کردند که کاربرد فسفر باعث افزایش سطح برگ و تعداد برگ‌ها می‌شود. وانگ و همکاران (2001) گزارش کردند که شاخص سطح برگ سویا با افزایش شوری کاهش یافت و این کاهش به کوچک‌تر شدن اندازه گیاه در شرایط شور و اندازه برگ‌ها نسبت داده شد. چیمما و همکاران (2001) گزارش کردند که افزودن کود فسفردار به خاک باعث افزایش شاخص سطح برگ کلزا نسبت به تیمار کنترل گردید. سنشی و رودریگز (1999) مشاهده کردند که کاهش غلظت عناصر در گیاه در شرایط شور باعث کاهش سطح برگ یونجه گردید.

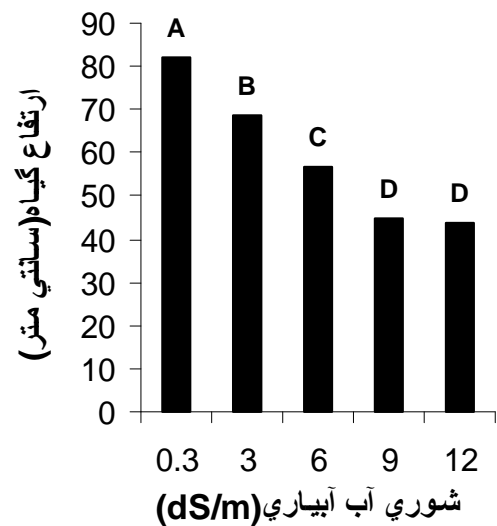
با افزایش شوری، حتی در برخی موارد افزودن 40 میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک نیز سبب افزایش معنی دار ارتفاع گیاه گردید (شکل 12). کاهش ارتفاع گیاه در شرایط شور، بیشتر یک ماهیت ژنتیکی دارد و یک خصلت سازشی می باشد زیرا کاهش سطح تبخیر را به دنبال دارد و تنش آبی را کاهش می دهد (زعفرانچی - زاده، 1373). یاداوا و همکاران (2001) گزارش کردند که همه پارامترهای رشد گیاه از جمله ارتفاع گیاه با افزایش شوری کاهش یافتند. کاربرد فسفر باعث کاهش اثرات سوء شوری گردید.



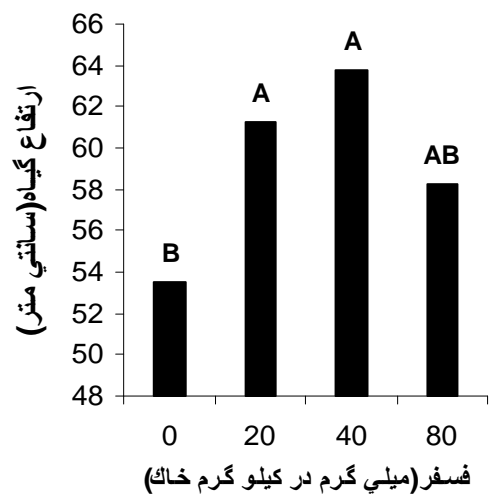
شکل 12: تاثیر شوری بر ارتفاع بوته گلزا در سطوح مختلف فسفر

اثر تیمارهای شوری و فسفر بر میزان کلروفیل برگ روند مشخصی را دنبال نکرد. وزن هزاردانه نیز با کاربرد آب شور روند کاهشی داشت (شکل 13). افزودن فسفر به خاک باعث افزایش این پارامتر گردید اما این افزایش معنی دار نبود (شکل 14). اثر بر هم کنش تیمارهای شوری و فسفر بر وزن هزاردانه روند مشخصی را دنبال نکرد.

ارتفاع بوته نیز تحت تاثیر تیمارهای فسفر و شوری قرار گرفت (جدول 3). با افزایش شوری تا 9 دسی زیمنس بر متر، ارتفاع گیاه به طوری معنی دار کاهش یافت، لیکن بین تیمار 9 و 12 دسی زیمنس بر متر شوری، تفاوت معنی دار مشاهده نگردید (شکل 10). کاربرد فسفر در خاک فقط تا 20 میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک سبب افزایش معنی دار ارتفاع گیاه گردید، لیکن مصرف بیشتر آن سبب افزایش معنی داری نشد (شکل 11). به طور کلی مصرف 20 میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک در تیمارهای غیرشور باعث افزایش معنی دار ارتفاع گیاه گردید.



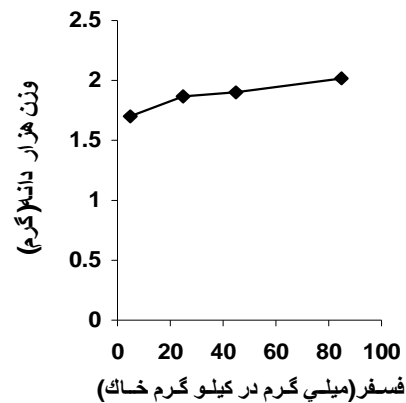
شکل 10: تاثیر شوری بر ارتفاع گیاه گلزا



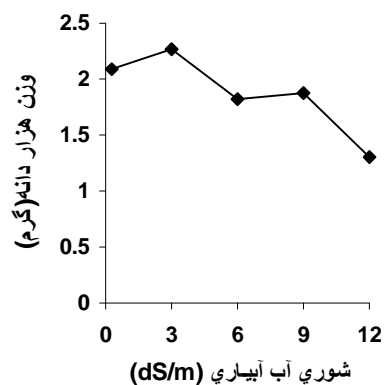
شکل 11: تاثیر فسفر بر ارتفاع گیاه گلزا

اثرات فسفر و شوری بر رشد، غلظت عناصر غذایی و کارایی مصرف آب کلزا ...

فسفر در ماده خشک را افزایش دادند. عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین غلظت‌های فسفر در سطح 20 و 40 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم ماده خشک نسبت به شاهد، احتمالاً به علت افزایش ماده خشک در این تیمار و در نتیجه اثر رقت می‌باشد. به‌طور کلی کاربرد فسفر در خاک در همه تیمارهای شوری سبب افزایش غلظت فسفر در ماده خشک گیاه گردید. اثر تیمارهای فسفر شوری بر میانگین جذب فسفر به ترتیب در شکل‌های 15 و 16 نشان داده شده است. کاربرد فسفر باعث افزایش معنی‌دار در جذب فسفر گردید. با افزایش شوری تا 3dS/m جذب فسفر افزایش و سپس در شوری‌های بالاتر کاهش یافت. بر هم‌کنش تیمارهای آب شور و فسفر بر جذب فسفر نیز در شکل 17 نشان داده شده است. کاربرد فسفر در شوری‌های مختلف سبب افزایش معنی‌دار جذب فسفر گردید (شکل 17). گفته شده است که افزایش غلظت فسفر گیاه در شرایط شور به‌علت افزایش سرعت جذب ریشه و انتقال به ساقه‌ها است و ربطی به اثر غلظت تحت تاثیر کم شدن رشد ندارد (روبرتز و همکاران، 1984؛ چوارز و کلارنگ، 2002). جونز و همکاران (1999) نتیجه گرفتند که افزایش غلظت فسفر در شرایط شور ممکن است به علت افزایش قابلیت دسترسی به فسفر در خاک باشد و یا مربوط به اثرات Synergistic سدیم و فسفر باشد. نتایج به‌دست آمده از برخی آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در شرایط شور غلظت فسفر در محدوده کفایت برای رشد گیاه بود (جونز و همکاران، 1999). عباسی و همکاران (1993) در آزمایشی نشان دادند که افزایش شوری باعث افزایش غلظت فسفر و کاهش غلظت پتاسیم در سورگوم گردید. از طرف دیگر، برخی از پژوهش‌گران نشان دادند که شوری باعث کاهش جریان فسفر در آوند چوبی گردید زیرا سطوح بالای نمک پویایی فسفر معدنی ذخیره شده در واکوئل را کاهش می‌دهد و از این طریق سبب کاهش فسفر در گیاه شد (ناوارو و همکاران، 2001).



شکل 13: تاثیر فسفر بر وزن هزار دانه کلزا



شکل 14: تاثیر شوری بر وزن هزار دانه کلزا

غلظت عناصر غذایی در گیاه

جدول 4 تجزیه واریانس اثر تیمارهای شوری و فسفر و اثر بر هم‌کنش آن‌ها را بر غلظت عناصر غذایی اندازه‌گیری شده در ماده خشک گیاه نشان می‌دهد. جدول 5 اثر شوری و فسفر بر غلظت فسفر در گیاه را نشان می‌دهد. افزایش شوری تا 9 دسی‌زیمنس بر متر تاثیری معنی‌دار بر میانگین غلظت فسفر در گیاه نداشت و فقط تیمار 12 دسی‌زیمنس بر متر شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت فسفر گردید. احتمالاً این افزایش غلظت نیز معلول کم شدن ماده خشک در این تیمار شوری و تجمع فسفر در مقدار کم ماده خشک است. همان‌طور که انتظار می‌رفت تیمارهای فسفر غلظت

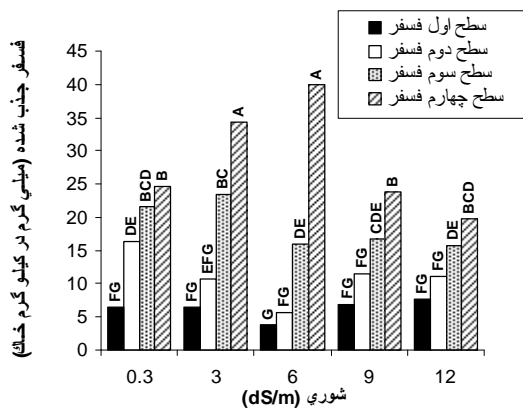
جدول 5: تاثیر شوری و فسفر بر غلظت فسفر در ماده خشک کُزلا (درصد)

سطوح کاربرد فسفر (mg/kg)					
میانگین	80	40	20	صفر	شوری (dS/m)
0/15 B**	0/20 bcde	0/16 defghi	0/13 efghi	0/09 fghi*	0/3
0/17 B	0/30 ab	0/19 cdef	0/11 efghi	0/06 hi	3
0/14 B	0/28 abc	0/14 defghi	0/07 ghi	0/06 hi	6
0/16 B	0/25 abcd	0/17 defg	0/13 efghi	0/08 ghi	9
0/21 A	0/31 a	0/21 abcde	0/17 defgh	0/14 defghi	12
	0/31 a	0/18 C	0/12 C	0/09 C**	میانگین

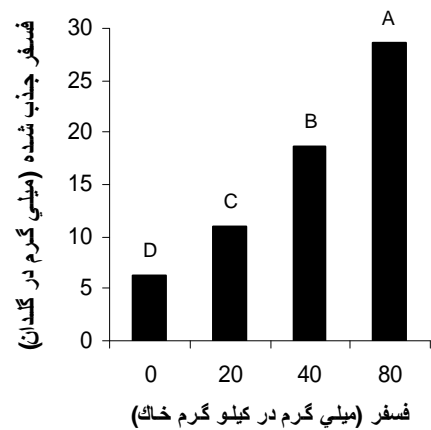
** میانگین‌هایی که در یک ستون یا ردیف در یک حرف بزرگ مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

* میانگین‌هایی که در یک ستون و یا ردیف در یک حرف کوچک مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

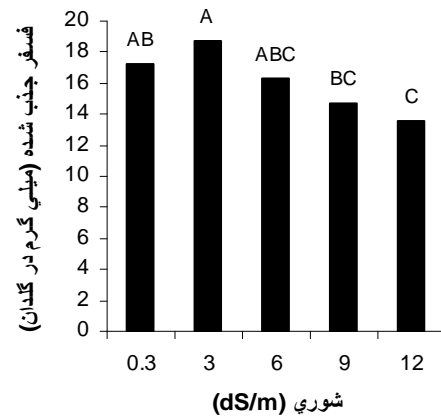
کُزلا گردید. در سطوح بالاتر، شوری تاثیر معنی‌دار در غلظت کلراید نداشت. با بالا رفتن شوری، غلظت سدیم در همه تیمارهای شوری نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (شکل 18). کاربرد فسفر تا سطح 40 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باعث کاهش غلظت سدیم در ماده خشک گیاه گردید اما کاربرد بیشتر فسفر با افزایش اندکی در غلظت سدیم همراه بود (شکل 19) که احتمالاً ناشی از کاهش عملکرد ماده خشک در این تیمار می‌باشد. افزودن فسفر به خاک تا سطح 20 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک سبب کاهش معنی‌دار غلظت کلراید گردید (شکل 19) که این امر یکی از علل تخفیف مضرات شوری با کاربرد فسفر می‌باشد.



شکل 17: تاثیر شوری بر جذب فسفر در سطوح مختلف شوری

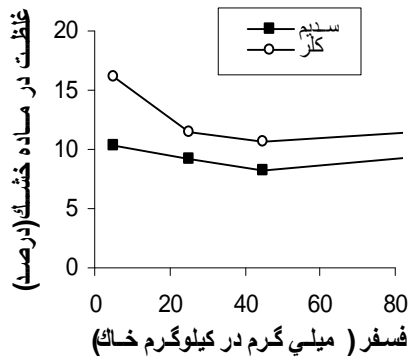


شکل 15: تاثیر فسفر بر جذب فسفر در کُزلا

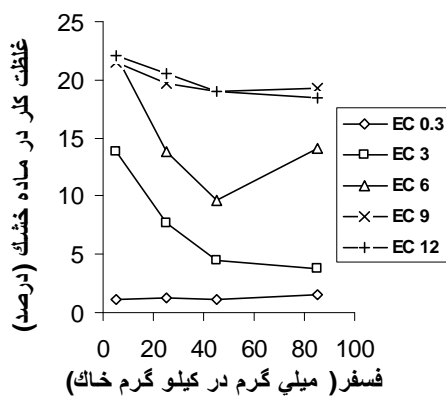


شکل 16: تاثیر شوری بر جذب فسفر در کُزلا

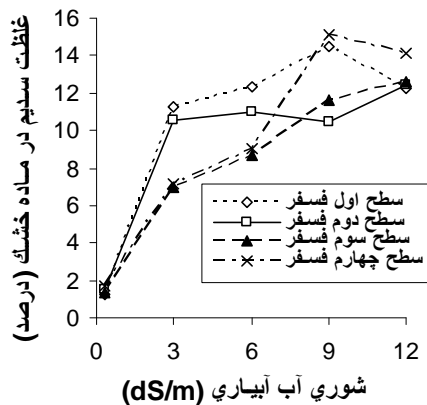
به‌طور کلی با افزایش شوری غلظت یون‌های سدیم و کلراید در ماده خشک کُزلا افزایش یافت (شکل 18). افزایش شوری آب آبیاری تا سطح 9 دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش معنی‌دار غلظت کلراید ماده خشک



شکل 19: تاثیر فسفر بر غلظت سدیم و کلراید در کلزا

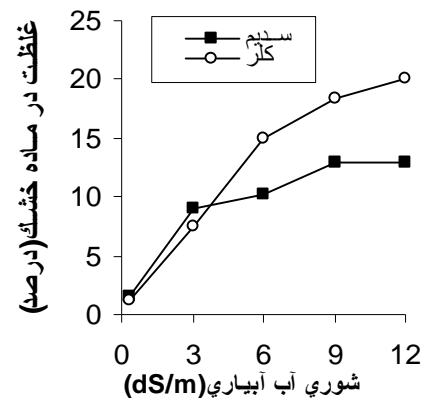


شکل 20: اثر فسفر بر غلظت کلراید در سطوح مختلف شوری در کلزا



شکل 21: اثر شوری بر غلظت سدیم در سطوح مختلف فسفر در کلزا

اثر فسفر در کاهش غلظت یون کلراید در گیاه ممکن است به علت موازنه جذب کاتیون و آنیون باشد که توسط گیاه کنترل می‌شود (ارشاد و همکاران، 2002). اگرچه کاهش غلظت کلراید در ماده خشک کلزا با کاربرد فسفر در سطوح بالاتر از 20 میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک معنی‌دار نبود، اما غلظت کلراید روند کاهشی داشت (شکل 19). کاربرد فسفر در سطوح پایین شوری (3 و 6 دسی‌زیمنس بر متر) باعث کاهش معنی‌دار غلظت کلراید ماده خشک گردید در حالی که در سطوح بالاتر شوری، اثر معنی‌داری نداشت (شکل 20). به‌طور کلی، افزودن فسفر به خاک سبب کاهش غلظت سدیم در همه تیمارهای شوری نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل 21). جذب کلراید و سدیم تحت تاثیر تیمارهای شوری و فسفر قرار گرفتند. کاربرد فسفر تا سطح 20 میلی گرم در کیلوگرم خاک باعث کاهش جذب کلراید و از آن پس باعث افزایش جذب کلراید شد. تاثیر مصرف فسفر بر کاهش غلظت جذب کلراید و هم‌چنین اثر آن بر افزایش ماده خشک علت این امر می‌باشد. اما جذب سدیم با کاربرد فسفر روندی صعودی داشت (شکل 22).

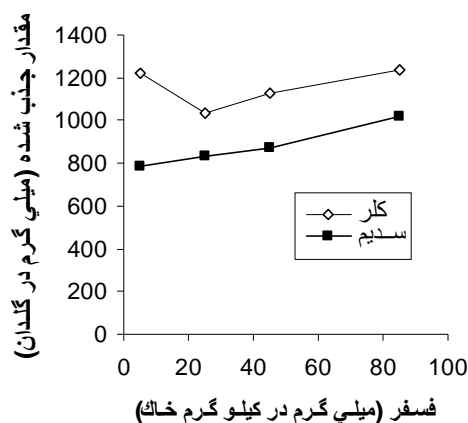


شکل 18: تاثیر شوری بر غلظت سدیم و کلراید در کلزا

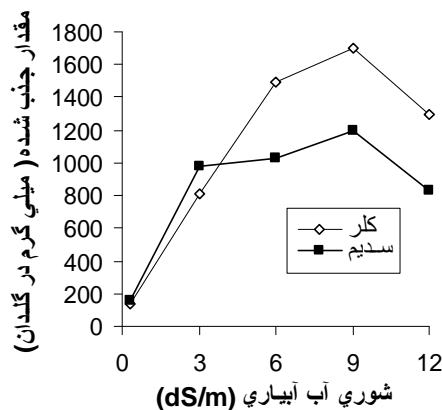
غلظت یون‌های پتاسیم و کلسیم و هم‌چنین غلظت نیتروژن نیز تحت تاثیر شوری قرار گرفتند. کاربرد آب شور در مقایسه با آب غیرشور باعث کاهش معنی‌دار پتاسیم در ماده خشک کُزلا گردید که یکی از علل آن ممکن است رقابت یون‌های پتاسیم با سدیم در شرایط شور باشد. هیور و همکاران (2005) گزارش کردند که با افزایش شوری غلظت یون‌های Na^+ و Cl^- در گیاه افزایش یافت و از مقدار پتاسیم کاسته شد و مسمومیت گیاه به وسیله Na^+ و Cl^- در گیاه ایجاد گردید. مسمومیت متابولیکی سدیم نتیجه توانایی این یون در رقابت با K^+ است که با یون پتاسیم برای متصل شدن به جایگاه‌های اصلی برای انجام وظایف سلول رقابت می‌کند. بیش از 50 آنزیم با K^+ فعال می‌شوند و Na^+ نمی‌تواند جایگزینی برای این آنزیم‌ها باشد (تستر و داومپورت، 2003). در آزمایشی دیگر، زعفرانچی‌زاده (1373) گزارش کرد که افزایش غلظت فسفات تا 50 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک با افزایش پتاسیم ریشه و ساقه همراه بود.

غلظت کلسیم نیز با افزایش شوری به‌طوری معنی‌دار کاهش یافت. یکی از علل می‌تواند زیادی یون‌های سدیم در شرایط شور و رقابت آن با یون کلسیم برای جذب شدن باشد. هم‌چنین کاهش کلسیم گیاه در شرایط شور به کاهش تعرق گیاه نسبت داده شده است (زعفرانچی‌زاده، 1373). کاهش معنی‌دار غلظت نیتروژن با افزایش شوری نتیجه رقابت یون‌های سدیم و کلراید به ترتیب با یون‌های آمونیوم و نترات است (بنگال و شانی، 2003). غلظت منیزیم و بُر در ماده خشک نیز با افزایش سطوح شوری، به‌طوری معنی‌دار افزایش یافتند. زیرا این دو یون معمولاً از اجزاء مهم آب‌های شور طبیعی می‌باشند که در این آزمایش استفاده گردید. فسفر هیچ یک از عناصر اخیر را به‌طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار نداد.

تاثیر شوری بر غلظت عناصر مس، روی، آهن و منگنز روند مشخصی را دنبال نکرد. کاربرد فسفر فقط غلظت منگنز و مس در ماده خشک گیاه را تحت تاثیر قرار داد و باعث افزایش معنی‌دار غلظت این عناصر گردید.



شکل 22: تاثیر فسفر بر جذب سدیم و کلر در کُزلا



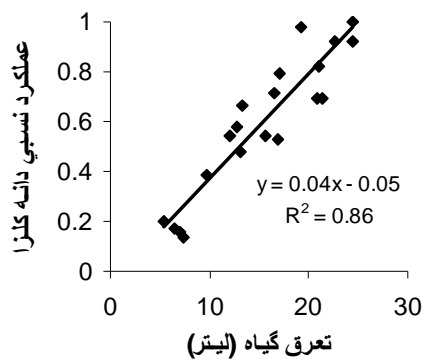
شکل 23: تاثیر شوری بر جذب سدیم و کلر در کُزلا

به‌طور کلی با افزایش سطوح شوری تا 9 دسی‌زیمنس بر متر، جذب کلراید و سدیم افزایش و در سطح 12 دسی‌زیمنس به علت کاهش ماده خشک کاهش یافت (شکل 23).

زعفرانچی‌زاده (1373) گزارش کرد که با افزایش غلظت فسفات به میزان 5 تا 50 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک غلظت سدیم در گیاه افزایش یافت. گفته شده است که وقتی گیاه کمتر از 2% آب جذب شده را نگه می‌دارد و بقیه را تعرق می‌کند، غلظت نمک در گیاه بیشتر از 50 بار نسبت به غلظت آن در محلول خاک افزایش می‌یابد. مگر اینکه این نمک به طریقی از ریشه خارج شود (استیونز و همکاران، 2004).

کردند که در مقادیر پایین تر شوری، که تاثیر اسمزی ناشی از شوری بر سمیت یونی آن غالب است، آسیب به فتوسنتز گیاه در مقایسه با تعرق کمتر می باشد و بنابراین با افزایش شوری، کارایی مصرف آب افزایش می یابد لیکن در شوری های بالا، تنش ناشی از سمیت یون های محلول شور نسبت به تنش اسمزی افزایش می یابد 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 کارایی مصرف آب در شوری های بالا می گردد.

کاربرد فسفر تا 20 میلی گرم در کیلوگرم خاک تاثیری بر کارایی مصرف آب نداشته است. اما اضافه کردن فسفر بیشتر به خاک با کاهش کارایی مصرف آب همراه گردید (شکل 26). دلیل این کاهش، افزایش مقدار تعرق گیاه با کاربرد فسفر است که به علت افزایش سطح تعرق کننده (سطح برگ) می باشد (شکل 7)، همچنین در مقادیر بالای کاربرد فسفر عملکرد دانه نیز اندکی کاهش یافت گرچه این کاهش معنی دار نبود (شکل 27). اثرات متقابل تیمارهای آب شور و فسفر بر کارایی مصرف آب در گیاه کلزا در شکل 27 نشان داده شده است. به طور کلی کاربرد فسفر به میزان 20 میلی گرم در کیلوگرم خاک تا شوری 9 دسی زیمنس بر متر باعث افزایشی اندک در راندمان مصرف آب شده است و کاربرد بیشتر آن با کاهش راندمان مصرف آب همراه شده است.



شکل 24: رابطه بین تعرق گیاه و عملکرد نسبی دانه در کلزا

اثر تیمارهای شوری و فسفر بر غلظت عناصر در دانه کلزا نیز روند تقریباً مشابهی با غلظت آن ها در ماده خشک را دنبال کرد. با این تفاوت که غلظت عناصر مضر مثل سدیم و کلراید به شدت در دانه کاهش یافته ولی غلظت عناصری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانه چندین برابر شده بود. تجمع Na و Cl در قسمت رویشی نسبت به زایشی عملی است که گیاه برای حفظ و سالم ماندن اندام های زایشی مثل گل آذین ها و حفظ بقا خود انجام می دهد. در حالی که اجازه تجمع عناصر مفیدی مانند N, K, P در اندام زایشی داده می شود (پاسکال و همکاران، 2005).

اثر تیمارهای آب شور و فسفر بر کارایی مصرف آب در گیاه کلزا

به طور کلی کارایی 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 کارایی مصرف آب وجود دارد. یکی این که مقدار ماده خشک یا عملکرد تولید شده به ازاء واحد آب تعرق شده از گیاه در نظر گرفته شود یا این که مقدار آب کاربردی برای آبیاری گیاه در محاسبات منظور گردد. در محاسبات این آزمایش، کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد تولید شده به ازاء واحد آب تعرق شده از گیاه محاسبه گردید.

شکل 24 رابطه تعرق با عملکرد دانه را برای داده های این آزمایش نشان می دهد. به طور کلی رابطه بین میزان عملکرد دانه و تعرق گیاه یک رابطه مستقیم است. در این آزمایش رابطه بین تعرق گیاه و عملکرد دانه به صورت زیر به دست آمد.

$$R^2 = 0/86 \quad \text{تعرق} \times 0/042 - 0/0501 = \text{عملکرد دانه}$$

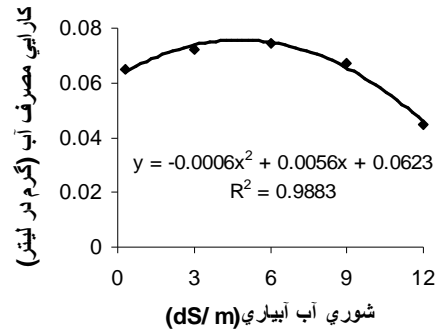
محل تقاطع خط با محور افقی تبخیر از سطح خاک فرض می شود.

شکل 25 رابطه بین کارایی مصرف آب با سطوح شوری را نشان می دهد. همان طور که دیده می شود، با افزایش شوری تا سطح 6 dS/m کارایی مصرف آب افزایش و پس از آن کاهش می یابد. بوروگ نالی و جورگمن (1992) و هیستر و همکاران (2001) گزارش

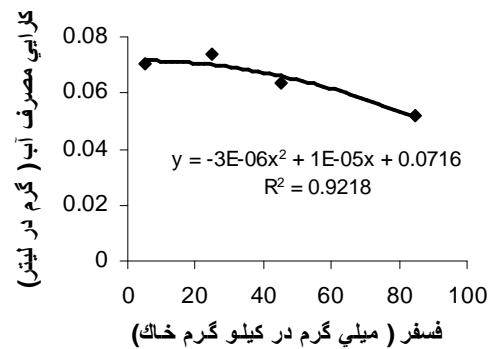
کارایی مصرف آب کاهش یافت. رینا-سانچز و همکاران (2005) گزارش کردند که کارایی مصرف آب برای میوه گوجه‌فرنگی با افزایش شوری کاهش یافت ولی برای ماده خشک تغییری پیدا نکرد. آنان نتیجه گرفتند که کاهش جذب آب سبب کاهش جذب یون‌های سمی در شرایط شور می‌شود و این امر می‌تواند در کاهش اثر زیان بار شوری موثر باشد. آنان نوع رقم گوجه‌فرنگی را در کاهش و یا افزایش جذب آب در شرایط شور مهم ارزیابی کردند. همچنین، در آزمایش آنان کارایی مصرف آب، با تعریف مقدار ماده خشک بر لیتر آب بخار شده، در همه تیمارهای شوری ثابت بود.

نتیجه‌گیری

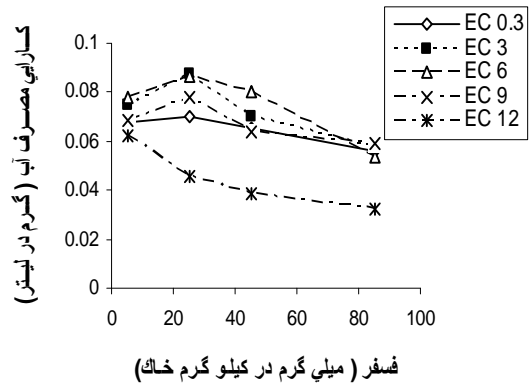
به‌طور کلی با افزایش شوری، بیشتر پاسخ‌های رشد در گیاه کُلا تحت تاثیر قرار گرفتند. وزن خشک، عملکرد دانه، سطح برگ و ارتفاع گیاه کُلا با افزایش شوری کاهش یافتند، لیکن با کاربرد فسفر تا 20 (و در برخی از موارد تا 40) میلی‌گرم در کیلو گرم خاک بهبود پیدا کردند. کاربرد بیشتر فسفر در مواردی سبب کاهش پاسخ‌های گیاهی نیز گردید. به‌نظر می‌رسد فسفر از طریق کاهش غلظت کلراید سبب افزایش عملکرد ماده خشک گردید. غلظت برخی از عناصر در ماده خشک نیز تحت تاثیر شوری و فسفر قرار گرفتند. افزایش شوری سبب افزایش غلظت عناصر کلراید، سدیم، بُر و فسفر و کاهش غلظت کلسیم، پتاسیم و نیتروژن گردید، بخشی از کاهش عملکرد کُلا ناشی از شوری، ممکن است به دلیل کاهش یا افزایش غلظت عناصر غذایی باشد. هم-چنین، با افزایش شوری، ابتدا کارایی مصرف آب برای تولید دانه کُلا افزایش و سپس کاهش پیدا کرد. علت افزایش کارایی مصرف آب با افزایش شوری کاهش شدیدتر تعرق گیاه کُلا نسبت به فتوسنتز در شرایط شوری کم تا متوسط بود.



شکل 25: تاثیر شوری بر کارایی مصرف آب در کُلا



شکل 26: تاثیر فسفر بر کارایی مصرف آب در دانه کُلا



شکل 27: تاثیر فسفر بر کارایی مصرف آب در دانه کُلا در سطوح مختلف شوری

الکراکی (2000) گزارش کرد که با افزایش شوری راندمان مصرف آب افزایش یافت. در آزمایشی کایا و همکاران (2001) نتیجه گرفتند که کارایی مصرف آب به شرایط محیطی که گیاه در آن رشد می‌کند و هم‌چنین به طول دوره برداشت نسبت به کل دوره رشد گیاه وابسته است. در آزمایش آنان در شوری‌های بالا،

منابع

- احمدی، م. و جاویدفر، ف. 1377. تغذیه گیاه روغنی کلزا. ترجمه، چاپ اول، کمیته دانه‌های روغنی. 194 صفحه.
- امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه (جلد اول). نشریه شماره 982، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، تهران، ایران.
- خادمی، ز.، رضایی، ح.، ملکوتی، م. ج و مهاجر میلانی، پ. 1379. تغذیه بهینه کلزا. نشر آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، تهران، ایران.
- زعفرانچی‌زاده مقدم، م. 1373. تاثیر ماده تنظیم‌کننده کلراید و کلسین کلراید بر تحمل گندم نسبت به شوری و تغذیه فسفات در مراحل اولیه رشد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم گیاهی (گرایش فیزیولوژی). دانشکده علوم پایه. دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
- علی احمایی، م. 1376. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (جلد دوم). نشریه شماره 1024، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، تهران، ایران.
- علی احمایی، م. و بهبهانی‌زاده، ع. ا. 1372. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (جلد اول). نشریه شماره 893، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، تهران، ایران.
- همایی، م. (1381). واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره 58، 97 صفحه.
- Abbasi, M. K., Rauf, A. and Qayyum, M. 1993. Effect of salinity on water relations and chemical composition of sorghum. *Journal Agricultural Research (Pakistan)*, 31: 195-200.
- Al-Karaki, G. N. 2000. Growth water use efficiency, and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 23: 1-8.
- Aslam, M., Flowers, T. J., Qurshi, R. H. and Yeo, A. R. 1996. Interaction of phosphate and salinity on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 176: 249-258.
- Awad, A. S., Edwards, D. G. and Campbell, L. C. 1990. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Science*, 30: 123-128.
- Ben-Gal, A. and Dudley, L. M. 2003. Phosphorus availability under continuous point source irrigation. *Soil Science Society of America Journal*, 67: 1449-1456.
- Ben-Gal, A. and Shani, U. 2003. Water use and yield of tomatoes under limited water and excess boron. *Plant and Soil*, 256: 179-186.
- 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.
- Bustan, A., Cohen, S., Malach, Y. D., Zimmerman, P., Golan, R., Sagi, M. and Pasternak, D. 2005. Effects of timing and duration of brackish irrigation water on fruit yield and quality of late summer melons. *Agricultural Water Management*, 74: 123-134.
- Chartzoulakis, K. S. 2005. Salinity and olive: Growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. *Agricultural Water Management*, 78: 108-121.
- Chartzoulakis, K. S. and Klapaki, G. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, 86: 247-260.
- Chauhan, C. P. S., Singh, R. B., Minhas, P. S., Agnihotri A. K. and Gupta, R. K. 1991. Response of wheat to irrigation with saline water varying in anionic constituents and phosphorus application. *Agricultural Water Management* 20: 223-231.
- Cheema, M. A., Malik, M. A., Hussain, A., Shah, S. H. and Basra, S. M. A. 2001. Effects of time and rate of N and P application on the growth and seed oil yields of Canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 186: 103-110.
- Demiral, M. A., Aydin, M. and Yorulmaza, A. 2005. Effect of salinity on growth chemical composition and antioxidation enzyme activity of two Malting barley (*Hordeum vulgare*) cultivars. *Turkish Journal Biology* 29: 117-123.
- Esechie, H. A. and Rodriguez, V. 1999. Does salinity inhibit alfalfa leaf growth by reducing tissue concentration of essential mineral nutrients? *Journal of Agronomy and Crop Science* 182: 273-278.
- Gibson, T. S. 1988. Carbohydrate metabolism and phosphorous/salinity interaction in wheat (*Triticum aestivum*). *Plant and Soil* 111: 25-35.

- Gones, A., Inal, A., Alpuslan, M. and Cikili, C. 1999. Effect of salinity on phosphorus induced zinc deficiency in pepper (*Caspicum annuum* L.) plants. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23: 459-494.
- Grattan, S. R. and Grieve, C. M. 1999. Mineral nutrition acquisition and response by plants grown in saline environments, PP. 203-229. In: M. Passarakli (ed.) Handbook of plant and crop stress. Marcek Dekker, Inc. New York.
- Hever, B., Ravina, I. and Davidow, S. 2005. Seed yield, oil content, and fatty acid composition of stock (*Matthiola incana*) under saline condition. Australian Journal of Agriculture Research, 56: 45-47.
- Hester, M. W., Mendeleoln, I. A. and Mckee, K. L. 2001. Species and Population variation to salinity stress in *Panicum hemitomon*, *Spartina patens*, and *Spartina alterniflora*: morphological and physiological constrains. Environmental and Experimental Botany, 46: 277-297.
- Irshad, M., Honna, T., Eneji, A. E. and Yamamoto, S. 2002. Wheat response to nitrogen under saline conditions. Journal of Plant Nutrition, 25 (12): 2603-2612.
- Kaya, C., Kirnak, H. and Higgs, D. 2001. Enhancement of growth, and normal growth parameters by foliar application of K and P on tomato cultivars growth at high (NaCl) salinity. Journal of Plant Nutrition, 24: 357-367.
- Martinez, V. and Lauchli, A. 1991. Phosphorus translocation in salt-stressed cotton. Physiological of Plant, 83: 627-632.
- Martinez, V. and Lauchli, A. 1994. Salt-induced inhibition of phosphate uptake in plants of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). New Physiological, 125: 609-614.
- Melloni, D. A., Oliva, M. A., Martinez, C. A. and Cambraia, J. 2003. Photosynthesis activity of super oxide dismutase, peroxides and glutathione reductase in Cotton under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 49: 69-76.
- Navarro, J. M., Botella, M. A., Ceda, A. and Martineze, V. 2001. Phosphorus uptake and translocation in salt-stressed melon plants. Journal of Plant Physiology, 158: 175-181.
- Nieman, R.H and Clark, R. A. 1976. Interactive effect of salinity and phosphorus nutrition on the concentration of phosphate and phosphate esters in mature photosynthesizing corn leaves. Plant Physiology, 57: 157-161.
- Pascale, S. D., Maggro, A. and Barbieri, G. 2005. Soil salinization affects growth, yield and mineral composition of cauliflower and broccoli. European Journal of Agronomy, 23: 254-264.
- Pazira, E. and Homaeae, M. 2003. Salt affected resources in Iranian extension and reclamation. Shaozhong Kang, Bill Davies, Lun Shan, Huanjie Cai(Eds.). 2003. Water- Saving Agriculture and Sustainable Use of Water and land Resources. October, 26-29,2003. Yangling-Shaanxi, P.R. China.
- Raveh, E. and Levy, Y. 2005. Analysis of xylem water an indicator of current chloride uptake status in citrus trees. Scientia Horticulturea, 103: 317-327.
- Reina-Sanchez, A., Romero-Aranda, R. and Cuartero, J. 2005. Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water. Agricultural Water Management, 78: 54-66.
- Roberts, J. K., Linker, M. C. S., Benoit, A. G., Jardetzky, O. and Nieman, R. H. 1984. Salt timulation of phosphorus uptake in maize root tips studied by ³¹P Nuclear Magnetic Resonance. Plant Physiology, 75: 947-950.
- Schwarz, D. and Klaring, H. P. 2002. Growth and photosynthetic response of tomato to nutrient solution concentration at two light levels. Journal of the American Society for Horticultural Science, 127 (6): 984-990.
- Shamra, R. P., Singh, P. and Maliwal, P. L. 2002. Effect of weed management and P levels on yield and quality of Indian mustard (*Brassica Junca*). Indian Journal of Agricultural Science, 72 (8): 461-463.
- Skaggs, H. T., Van Genuchten, M. Th., Shouse, P. J. and Poss, J. A. 2006. Macroscopic approaches to root water uptake as a function of water and salinity stress. Agricultural Water Management, 86 (1-2): 140-149.
- Stevens, D., Unkovich, M., Kelly, J. and Gouying, G. 2004. Impacts on soil, groundwater and water reclaimed from sewage. AWA and CSIRO, PP: 52.
- Tester, M. and Davemport, R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. A review. Annals of Botany, 91: 503-527.
- Treeby, S. and Van Steveninck, M. 1988. Effects of salinity and phosphorus on ion distribution in lupin leaflets. Physiological of Plant, 73: 317-322.
- Wang, D., Shannon, M. C. and Grieve, C. M. 2001. Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soyabean. Field Crop Research, 69: 267-277.
- Yadav, A. C., Mangel, J. C., Lal, S., Sharma, S. K. and Kapoor, A. 2001. Effect of salinity and phosphorus on growth and yield of potato CV. Kufri Sutlej. Journal of Indian Potato Association, 28: 30-31.
-

The Effects of Phosphorus and Salinity on Growth, Nutrient Concentrations, and Water Use Efficiency in Canola (*Brassica napus* L.)

Hoseini¹, Y., Homae^{2*}, M., Karimian³, N. A. and Saadat⁴, S.

Abstract

Soil and water salinity is one of the most important problems of agriculture in Iran. Application of chemical fertilizers, particularly phosphorus (P) fertilizers, may lead to improve the yield quality and quantity. The effects of salinity and P on growth, chemical composition and water use efficiency (WUE) of canola (*Brassica napus* L.) were investigated. The experimental treatments were five saline water levels [non-saline water (EC= 0.3 dS/m), 3, 6, 9, and 12 dS/m] and four applied phosphorus rates (0, 20, 40, and 80 mg/kg soil as KH₂PO₄). This experiment was factorially arranged in a randomized complete block design with three replicates. The results indicated that the dry matter and grain yields of canola were decreased significantly by increasing salinity levels. Application of 20 and 40 mg P/kg soil increased grain end dry matter yield, respectively. The applied saline water increased Cl, Na, B, and P concentrations and decreased Ca, K and N in plant. On the other hand, application of P decreased Cl concentration of plant significantly. The water use efficiency, at first, was increased and then decreased by increasing salinity levels. Application of phosphorus in high levels resulted in decreasing WUE.

Keywords: Canola, Phosphorus, Salinity, Water use efficiency

1. Ph.D Soil Fertility and Plant Nutrition Soil Science, Department of Soil Science, Tarbiat Modares University, Tehran.

2. Associate Professor, Department of Soil Science, Tarbiat Modares University, Tehran.

3. Professor, Department of Soil Science, Shiraz University, Shiraz.

4. Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Karaj.

*: Corresponding Author
