نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۵، مرداد - شهریور ۱۴۰۰، ص. ۷۰۰-۶۹۰

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 15, Aug.-Sep. 2021, p. 690-700

مقاله علمی - پژوهشی

اثرات سطوح مختلف آب، شوری و کود نیتروژن بر شاخص‌های رشد و کارآیی مصرف آب اسفناج

حمید رمضانی فر[۱]، نجمه یزدان پناه*[۲]، حمیدرضا گل‌کار حمزیی یزد[۳]، مجتبی طاوسی[۴]، مجید محمودآبادی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۴

چکیده

کمبود آب، شوری و کمبود نیتروژن مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند. با این حال، آبیاری بیش از حد و مصرف بیش از حد کود نیتروژن نیز می‌تواند رشد و عملکرد محصولات زراعی را محدود کند. این پژوهش با هدف ارزیابی اثرات شوری آب آبیاری در تعامل با سطوح مختلف نیاز آب آبیاری و نیتروژن بر صفات رشد گیاه و کارآیی مصرف آب اسفناج انجام شد. ترکیبی از پنج سطح شوری (یک، چهار، هفت، نه و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر) با سه سطح نیاز آب آبیاری (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد) و چهار سطح نیتروژن از منبع اوره با خلوص ۴۶ درصد (صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) تحت شرایط کنترل‌شده گلخانه‌ای و در سه تکرار به‌عنوان فاکتورهای مورد مطالعه در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که شوری آب در ترکیب با کمبود آب و نیتروژن سبب کاهش معنی‌داری در سطح پنج درصد رشد گیاه شد. عملکرد در تیمارهای ۷۵ و ۱۲۵ درصد نیاز آب آبیاری به‌ترتیب ۲۲/۷ و ۱۰/۸ درصد کم‌تر از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آب آبیاری بود. شوری در تیمار ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آب آبیاری باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ گردید. به‌طوری‌که، تیمار ۷۵ درصد نیاز آب آبیاری همراه با سطح شوری ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر، ۴۶ درصد شاخص سطح برگ را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. با کاربرد کود در سطح بهینه ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک، رشد گیاه و عملکرد آن برای همه سطوح شوری افزایش معنی‌داری نشان داد. کارآیی مصرف آب در تمام تیمارها در مقادیر شوری چهار و هفت دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت، سپس به‌طور قابل توجهی با افزایش شوری برای کل تیمارهای نیاز آب آبیاری و سطوح نیتروژن کاهش داشت. هم‌چنین، تیمار ۱۲۵ درصد باعث کاهش بیش‌تر در کارآیی مصرف آب در مقایسه با تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آب آبیاری برای کل سطوح شوری شد. در نهایت بهترین تیمار از نظر کارآیی مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آب آبیاری در سطوح متوسط شوری (۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، عناصر غذایی، کم‌آبیاری

مقدمه

در بسیاری از مناطق جهان کمبود آب به‌عنوان یک چالش جدی محسوب می‌شود زیرا بسیاری از منابع آب شیرین برای تولید مواد غذایی مصرف‌شده و به‌طور فزاینده‌ای محدود می‌شود (Caparrotta et al., 2019). در حال حاضر، ۷۰ درصد از منابع آب شیرین برای بخش کشاورزی استفاده می‌شود، در حالی که حتی در خاورمیانه این مقدار به ۹۰ درصد نیز می‌رسد که این سطح بالای مصرف آب برای کشاورزی در بیش‌تر مناطق خشک و نیمه‌خشک، جاهایی که دسترسی به آب شیرین محدود است می‌تواند مشکل‌ساز شود (SDSN, 2013). با توجه به اهمیت صرفه‌جویی در مصرف آب شیرین با یافتن منابع جایگزین آب در این مناطق، سایر منابع آبیاری مکمل مانند آب دریا یا آب شور یا آب‌های زیرزمینی شور که با آب شیرین ترکیب شده‌اند اخیراً مورد توجه بسیار قرار گرفته است (Thomas et al., 2019). هم‌چنین، حدود هفت درصد از اراضی کشاورزی جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند که به‌عنوان تهدیدی

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، واحد فردوس، دانشگاه آزاد اسلامی، فردوس، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی،کرمان، ایران
۳- استادیار گروه مهندسی آب، واحد فردوس، دانشگاه آزاد اسلامی، فردوس، ایران
۴- استادیار گروه مهندسی آب، واحد فردوس، دانشگاه آزاد اسلامی، فردوس، ایران
۵- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: yazdanpanah@iauk.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.3.17.1

برای محصولات کشاورزی شناخته می‌شود. شوری یک مشکل رایج آبیاری در زمینه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک با بارندگی کم و تبخیر زیاد است (Yazdanpanah et al., 2013). عامل محدودکننده مهم دیگر برای تولید گیاهان، کمبود مواد مغذی خاک است. نیتروژن یک ماده مغذی مهم گیاهی است که کمبود آن رشد و بهره‌وری گیاه را به‌شدت محدود می‌کند (Chan-Navarrete et al., 2016). البته، استفاده بیش از حد آن با مشکلات محیط زیستی جدی مانند آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و شور شدن ثانویه خاک همراه است (Zheng et al., 2016). در بیش‌تر مناطق خشک و نیمه‌خشک، رشد و باروری گیاه به‌علت اثرات ترکیبی تنش‌های محیطی غیرزنده مانند شوری، تنش آب و کمبود مواد مغذی کاهش می‌یابد. اثرات متقابل تنش شوری–خشکی و تنش خشکی–کمبود نیتروژن در مورد رشد و پاسخ عملکرد گیاهان در پژوهش‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است (Zhou et al., 2020). مطالعات قبلی نشان داد که استفاده بیش از حد از آب آبیاری با آبشویی زیاد نیتروژن همراه بوده و منجر به عملکرد کم‌تر گیاه شد (Ramos et al., 2012).

اسفناج متعلق به خانواده Chenopodiace، یکی از سبزیجات برگ‌دار است که در سراسر جهان پرورش می‌یابد. گیاه اسفناج گیاه بومی مناطق مرکزی آسیا و به احتمال قوی ایران است. از زمانی که اعراب آن را در قرن یازدهم به اسپانیا معرفی کردند، در اروپا شناخته شده است که از سبزی‌های دیگر نسبت به شوری مقاوم‌تر است. اسفناج به‌دلیل ارزش غذایی بالا، فواید سلامتی و بسیاری از ویتامین‌ها و مواد معدنی مهم، به‌عنوان یک منبع عالی رژیم غذایی در سراسر جهان شناخته می‌شود (Thomas et al., 2019). کمبود آب ناشی از خشک‌سالی و هم‌چنین شوری زیاد بیش‌تر منابع آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، اهمیت چگونگی به‌حداقل رساندن اثرات منفی این عوامل را بالا برده است، و شیوه‌های مدیریتی مناسب برای کشت محصولات زراعی پر ارزش مانند اسفناج را توسعه داده‌است (Mark Ibekwe et al., 2017). در این زمینه کاپاروتا و همکاران دریافتند که آب رقیق شده دریا در دامنه غلظت ۱۰ تا ۲۰ درصد، رشد اسفناج را در مقایسه با شاهد افزایش داد (Caparrotta et al., 2019). عالی‌نژادیان و همکاران (۱۳۹۷) به‌منظور بررسی تأثیر شوری و مقدار آب بر رشد و غلظت عناصر غذایی اسفناج و هم‌چنین شوری خاک آزمایشی انجام دادند. نتایج نشان داد که با کاهش مقدار مصرف آب و افزایش شوری آب، شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه در اسفناج کاهش یافت. نتایج پژوهش ژنگ و همکاران حاکی از آن است که با افزایش سطح مصرف آب در گیاه اسفناج، کارآیی مصرف آب کاهش و با افزایش مقادیر نیتروژن کارآیی مصرف آب افزایش می‌یابد (Zheng et al., 2016). بر اساس یافته‌های پژوهش دیگری مشخص شد که کاربرد ۱۰ درصد وزنی نیتروژن اثر سوء تیمار شوری را در کاهش عملکرد اندام هوایی اسفناج تشدید می‌کند (شیخی و رونقی، ۱۳۹۱).

با توجه به محدودیت منابع آب کشور از یک طرف و معضل شوری آب آبیاری از طرف دیگر، تولید محصولات کشاورزی با تهدید جدی روبرو شده است. علاوه بر این، کمبود عناصر غذایی بویژه نیتروژن به‌عنوان عنصر غذایی پرمصرف گیاه در خاک‌های مناطق خشک، چالشی جدی در رشد و عملکرد محصولات کشاورزی و در نتیجه امنیت غذایی محسوب می‌شود. بر این اساس، اصلاح الگوی مصرف آب در شرایط تنش‌های غیرزنده (نظیر کم‌آبی، شوری و کمبود عناصر غذایی) و شناخت پاسخ‌های رشد و عملکرد گیاه به این تنش‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا پژوهش حاضر با هدف مطالعه و ارزیابی سطوح مختلف مصرف آب، شوری و کود نیتروژن بر عملکرد، صفات رشد و کارآیی مصرف آب گیاه اسفناج انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری با شوری‌های مختلف در ارتباط با میزان متفاوت نیتروژن بر رشد گیاه اسفناج، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی تحت شرایط گلخانه‌ای کنترل شده انجام شد. در این پژوهش، اثرات پنج سطح شوری آب آبیاری در ترکیب با سه سطح مصرف آب و چهار سطح نیتروژن، هر یک در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. پنج سطح شوری آب آبیاری شامل شاهد (شوری ۰/۸۹)، چهار، هفت، نه و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر که با مخلوط کردن آب شور با آب شهر به‌دست آمد. آب شور هم به‌صورت طبیعی از دریاچه فلاح جوادیه کرمان جمع آوری شد (N 31° 02' E 55° 3') و سپس با نسبت‌های مختلف با آب شهر رقیق شد. جدول (۱) برخی از خصوصیات شیمیایی آب دریاچه و آب شهری مورد استفاده برای تهیه آب آبیاری را نشان می‌دهد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات شیمیایی آب دریاچه و آب شهری

ویژگی	واحد	آب دریاچه	آب شهر
هدایت الکتریکی	$dS.m^{-1}$	۵۲/۱	۰/۸۹
pH	–	۶/۵	۷/۱
سدیم	$meql^{-1}$	۴۴۰	۲/۷
کلسیم	$meql^{-1}$	۱۰۴	۵
منیزیم	$meql^{-1}$	۱۲۰۴	۳
کلر	$meql^{-1}$	۵۸۰	۱۴
کربنات	$meql^{-1}$	۰/۱	۰/۰۱
بی‌کربنات	$meql^{-1}$	۱۸/۴	۲
سولفات	$meql^{-1}$	۳۴/۶	–
نسبت جذبی سدیم	$(meql^{-1})^{0.5}$	۱۷/۲۱	۱/۳۵

علاوه بر این، سه سطح تأمین آب شامل ۷۵ (W1)، ۱۰۰ (W2) و ۱۲۵ (W3) درصد نیاز آبی جهت جبران کمبود رطوبت تا حد ظرفیت زراعی خاک در نظر گرفته شد. با توجه به اهمیت مقدار نیتروژن برای رشد اسفناج، چهار سطح صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن (N0، N50، N75 و N100) به‌ترتیب معادل صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک انتخاب شد. برای کاربرد نیتروژن از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن خالص) استفاده و از طریق آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. لازم به‌ذکر است که اعمال تیمارها در پژوهش حاضر به‌گونه‌ای انجام شد تا بتوان به‌بررسی اثرات متقابل و دوگانه شوری و سطوح مختلف نیاز آبی و همچنین اثرات دوگانه شوری و سطوح مختلف نیتروژن پرداخته شود.

بذرهای اسفناج در هیپوکلریت سدیم سه درصد به‌مدت ۱۰ دقیقه استریل و ۱۰ بار با آب مقطر استریلیزه شده شستشو داده شدند سپس گلدان‌هایی با قطر ۲۲ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر جهت کاشت بذرها تهیه گردید. در کف گلدان‌ها با ایجاد چند منفذ، زهکش تعبیه شد. گلدان‌ها با خاک زراعی پر شدند. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی	واحد	مقدار
رس	(٪)	۲۳
سیلت	(٪)	۳۴
شن	(٪)	۴۳
pH	-	۸/۱۲
هدایت الکتریکی	$dS.m^{-1}$	۰/۹۶
جرم مخصوص ظاهری	$g\ cm^{-3}$	۱/۲۳
رطوبت حجمی در مکش ۰/۳- اتمسفر	(٪)	۲۷/۷

آبیاری اولیه گلدان ها هر چهار روز یک‌بار با آب غیر شور (۰/۸۹ دسی‌زیمنس بر متر) بر اساس جبران کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی خاک انجام می‌شد. بعد از سبز شدن اسفناج‌ها و رسیدن به‌مرحله سه تا چهار برگی، تعداد گیاهان هر گلدان به چهار بوته کاهش یافت. بعد از این مرحله، تیمارها بر اساس طرح آزمایشی، در گلدان‌ها اعمال شدند.کود نیتروژن در سه نوبت شروع آزمایش، ۱۴و ۲۸ روز پس از کاشت به‌ترتیب ۵۰، ۲۵ و ۲۵ درصد به گلدان‌ها افزوده شد.

در پایان دوره رشد (۶۰ روز)، وزن اندام هوایی، ارتفاع گیاه و طول نهایی (L) و عرض برگ‌ها (W) در همه برگ‌های هر گلدان اندازه‌گیری و سپس این ابعاد به‌مقادیر شاخص سطح برگ (LAI) تبدیل شدند (Ramos et al., 2012):

با اندازه‌گیری میزان حجم آب آبیاری و زهاب و نیز میزان رطوبت خاک گلدان‌ها، مقدار تبخیر-تعرق گیاه اسفناج با استفاده از معادله زیر تعیین شد (Patanè et al., 2011):

$$ET = I - D \pm \Delta S \quad (۱)$$

در این رابطه ET تبخیر-تعرق (میلی‌لیتر بر وزن خشک گیاه)، I آب آبیاری استفاده شده برای هر گلدان (میلی‌لیتر برگلدان)، D آب زهکشی شده از هر گلدان (میلی‌لیتر بر گلدان)، و ΔS تغییر در مقدار رطوبت خاک هر گلدان می‌باشند. تمام مقادیر در هر واحد زمان (روز) برای هر گلدان محاسبه شدند.

علاوه بر این، کارآیی مصرف آب به شرح زیر محاسبه شد (Pascale et al., 2011):

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (۲)$$

در این رابطه WUE کارآیی مصرف آب (گرم)، Y وزن خشک گیاه (گرم بر گیاه) و ET تبخیر-تعرق واقعی است.

در پایان، تمام داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌ها و محاسبات به‌صورت آماری با استفاده از نرم افزار SPSS مورد ارزیابی قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

۱- عملکرد

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تأثیر تکی و دوگانه شوری- سطح مصرف آب و شوری- مقدار نیتروژن بر عملکرد، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و کارآیی مصرف آب در جدول (۳) نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، اثر تکی شوری، مصرف آب و سطح نیتروژن روی تمام پارامترها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. هم‌چنین اثر متقابل شوری و میزان مصرف آب و نیز اثر متقابل شوری و میزان کاربرد نیتروژن برای عملکرد، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و کارآیی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است.

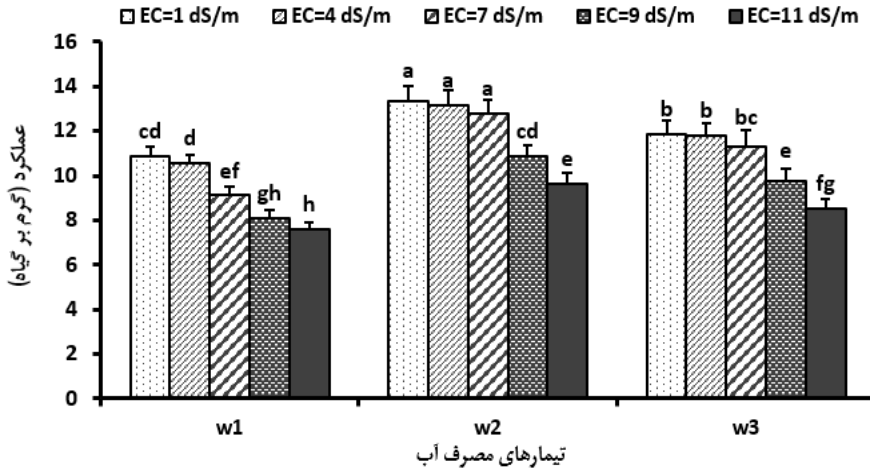
نتایج حاصل نشان داد، عملکرد در سطوح مختلف نیاز آب آبیاری با افزایش شوری کاهش معنی‌داری یافت (شکل ۱). افزایش شوری آب آبیاری در محدوده یک و چهار دسی‌زیمنس بر متر برای W1 و یک تا هفت دسی‌زیمنس بر متر برای تیمارهای W2 و W3، باعث اختلاف معنی‌داری در عملکرد نشد، در تیمار کمبود آبیاری، جدا از تأثیر مستقیم کمبود آب در کاهش عملکرد گیاه، محتوای کمتر رطوبت خاک سبب افزایش غلظت نمک‌های محلول شده و بنابراین تنش شوری را تشدید می‌کند که منجر به کاهش بیش‌تر عملکرد گیاه می‌شود. این در حالی‌است که با افزایش سطوح شوری به ویژه شوری ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری، عملکرد در سطح پنج درصد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

جدول-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تکی و دوگانه شوری، میزان مصرف آب و مقدار کاربرد نیتروژن بر عملکرد ، ارتفاع، شاخص سطح برگ و کارآیی مصرف آب گیاه اسفناج (مقادیر مجموع مربعات است)

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	کارآیی مصرف آب
شوری	٤	۸۰/۳**	۲۰٦٥/٥**	۰/۱۲**	۰/٦۰**
نیازآب آبیاری	۲	۱۱۰/۳**	٦۷٥۲/۷**	۰/۱۰**	۳/۷۳**
نیتروژن	۳	۱٤٤/۸**	٥۳۳۲/۹**	۰/۲۹**	۲/۰۸**
شوری× نیازآب آبیاری	۸	۱/۳٦*	۱۸/۸*	۰/۰٥**	۰/۱۲**
شوری× نیتروژن	۱۲	۰/۷۳*	۲۲/٤*	۰/۰۱**	۰/۰٤**
خطا	۱۲۰	۰/۷۲	۲۰/۷۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱
ضریب تغییرات	-	۲۳/٥	۱۰/٤	٤۱/۱	۱۷/۱

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

هم‌چنین در تمام سطوح شوری، افزایش عملکرد به‌طور معنی-داری در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آب آبیاری (W2) در مقایسه با تیمارهای W1 و W3 مشاهده شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد که عملکرد در تیمارهای W1 و W3 به‌طور متوسط به‌ترتیب ۲۲/۷ و ۱۰/۸ درصد کم‌تر از تیمار W2 بود. نتایج حاصل از این مطالعه بر روی گیاه اسفناج مشابه مطالعات ویلسون و همکاران است، آن‌ها دریافتند که عملکرد گیاه اسفناج در پاسخ به سطوح مختلف شوری از سه تا ۲۳ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت (Wilson et al., 2000). هم‌چنین ژنگ و همکاران گزارش کردند که کمبود آب بر عملکرد اسفناج اثر کاهشی معنی‌داری داشت (Zheng et al., 2016).

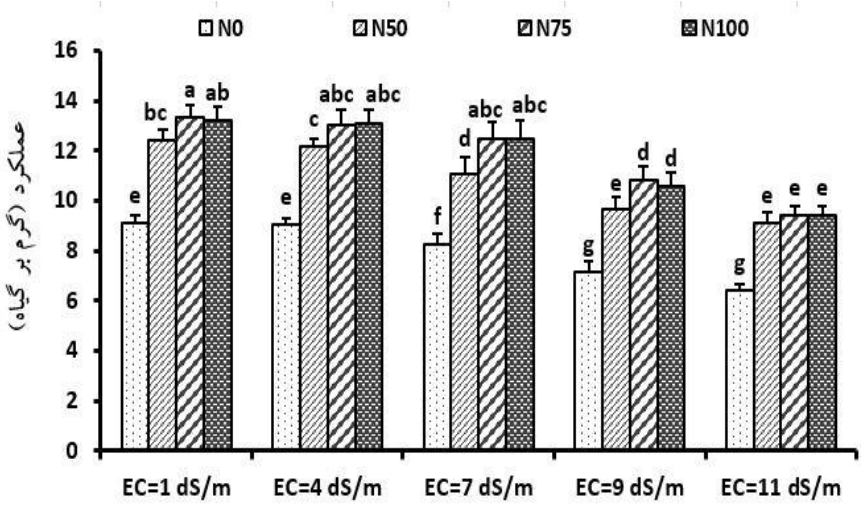


شکل۱- اثر متقابل شوری و مقدار آب بر عملکرد

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

نتایج حاصل از اثر متقابل سطوح شوری و نیتروژن نشان داد که با افزایش سطح نیتروژن، عملکرد ۳۵/۹، ۴۷/۶ و ۴۷ درصد به‌ترتیب برای تیمارهای N50، N75 و N100 نسبت به شاهد (بدون افزودن نیتروژن) افزایش داشت (شکل ۲). هم‌چنین با افزایش شوری آب آبیاری، میانگین عملکرد به میزان ۱۵/۵، ۱۴/۴، ۱۴/۱ و ۱۳/۹ درصد به‌ترتیب برای تیمارهای N0، N50، N75 و N100 کاهش یافت. اگرچه افزایش سطح نیتروژن منجر به عملکرد بیش‌تر شد، اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای N75 و N100 برای سطوح شوری یک، هفت و نه دسی‌زیمنس بر متر و بین تیمارهای N50، N75 و N100 برای سطح شوری چهار و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد. این

نشان می‌دهد که سطح بهینه نیتروژن برای عملکرد، بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک است. نتیجه مطالعه حاضر هم‌چنین حاکی از آن‌است که عملکرد اسفناج تحت تأثیر سطوح ورودی نیتروژن قرار گرفت به‌طوری‌که مشخص شد که کمبود نیتروژن صرف‌نظر از اثر شوری یا مصرف آب باعث کاهش عملکرد اسفناج شد. این مطلب با یافته‌های زو و مو در پاسخ‌های عملکرد اسفناج به سطوح متفاوت نیتروژن خاک تطابق دارد (Xu and Mou, 2016).

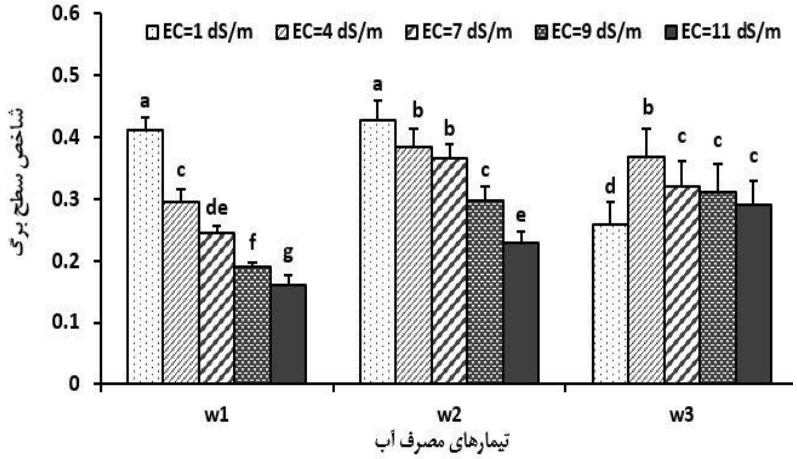


شکل۲- اثر متقابل شوری و نیتروژن بر عملکرد

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

۲- شاخص سطح برگ

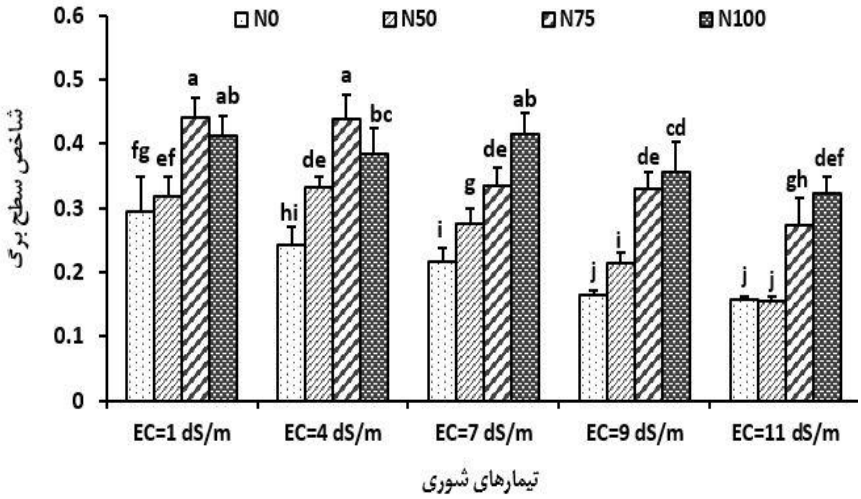
تأثیر آبیاری با سطوح مختلف نیاز آبی بر شاخص سطح برگ (LAI) در شکل (۳) نشان داده شده است. شوری در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آب آبیاری بر شاخص سطح برگ اثر کاهشی معنی‌داری داشته است. به‌طوری‌که تیمار W1 همراه با بالاترین سطح شوری (۱۱ دسی‌زیمنس بر متر)، بیش‌ترین کاهش را در شاخص سطح برگ داشت. شاخص سطح برگ در تیمارهای W1 و W2 با افزایش شوری آب آبیاری نسبت به شاهد به‌ترتیب با میانگین ۴۶ و ۲۵/۵ درصد کاهش یافت، این در حالی‌است که در تیمار W3 در سطوح بالاتر شوری، مقادیر بیش‌تر شاخص سطح برگ (به‌طور متوسط ۲۴/۳ درصد) به‌دست آمد. میانگین شاخص سطح برگ در تیمار W2 بیش‌تر از سطوح دیگر نیاز آبی (W1 و W3) بود. اثرات تنش شوری و آبی توأم نشان داد که در شرایط تنش آبی صفات رشد گیاه نسبت به تنش شوری حساس‌تر می‌شوند. کاهش شاخص سطح برگ گیاهی که تحت تأثیر تنش شوری و آبی قرار گرفته در واقع مکانیسمی است که گیاه بتواند در برابر شرایط تنش مقاومت کند. در برخی مطالعات کاهش شاخص سطح برگ اسفناج به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی برای مدیریت مصرف آب و کاهش آسیب در برابر تنش‌های شوری و آبی شناخته شده است (Xu and Leskovar, 2015). اورس و سوارز دریافتند که شاخص سطح برگ به‌طور قابل توجهی تحت شرایط کمبود آب در مقایسه با شرایط تنش شوری کاهش یافت (Ors and Suarez, 2017). کاهش شاخص سطح برگ می‌تواند به‌دلیل اثر مستقیم نمک بر سرعت تقسیم سلولی یا کاهش مدت زمان توسعه سلولی باشد. دربرخی گیاهان، سرعت انتقال نمک از ریشه به اندام هوایی بیش از ظرفیت ذخیره برگ‌ها برای نمک می‌باشد که باعث کند شدن آهنگ رشد برگ می‌شود و در نهایت سبب کاهش شاخص سطح برگ و فتوسنتز می‌گردد. تنش شوری از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفاده در گیاه و سمیت عناصر، قدرت رشد سلولی را کاهش داده و باعث کاهش سطح برگ، کلروفیل و کاهش فتوسنتز می‌شود (Safari Mohamadiyeh et al., 2015).



شکل ۳- اثر متقابل شوری و مقدار آب بر شاخص سطح برگ

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

همان‌طور که در شکل (۴) نشان داده شده است، هنگامی که میزان بیشتری از کود نیتروژن استفاده شد، افزایشی در شاخص سطح برگ مشاهده گردید. شاخص سطح برگ اسفناج به‌طور متوسط ۲۰/۵، ۶۹ و ۷۶ درصد در تیمارهای N50، N75 و N100 نسبت به شاهد (N0) افزایش داشت. شاخص سطح برگ در بین تیمارهای N75 و N100 در شوری‌های یک و نه دسی‌زیمنس بر متر در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری نداشت، این شاخص در تیمار N100 نسبت به N75 در شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر نیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اثر متقابل شوری و نیتروژن حاکی از آن است که سطوح بالاتر شوری نسبت به شاهد باعث کاهش شاخص سطح برگ در تیمارهای N0، N50، N75 و N100 به‌ترتیب به‌طور متوسط به اندازه ۳۳/۸، ۲۳/۲، ۲۲/۱ و ۱۰/۶ درصد شد. نمادودزی و همکاران یک رابطه خطی مستقیم بین میزان کاربرد نیتروژن و شاخص سطح برگ اسفناج پیدا کردند (Nemadodzi et al., 2017). با این حال، کمبود نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی شاخص سطح برگ اسفناج را کاهش دهد (Xu and Mou, 2016)، استفاده بیش از حد آن باعث کاهش شاخص سطح برگ شد (Zhou et al., 2020).



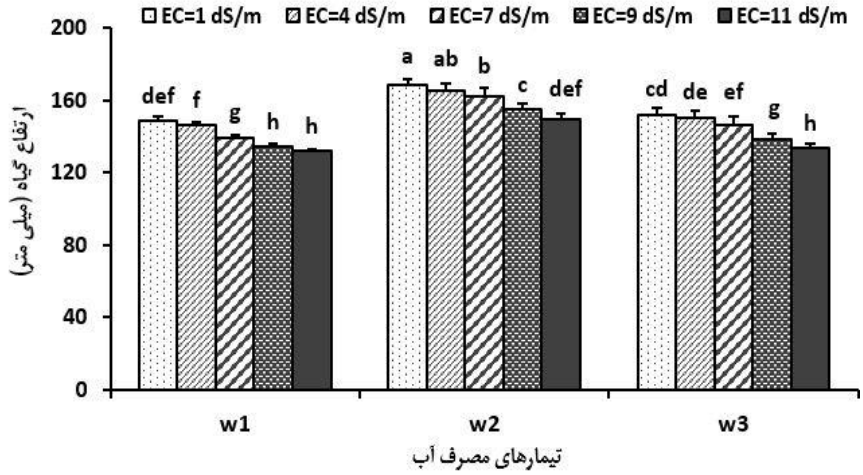
شکل٤- اثر متقابل شوری و نیتروژن بر شاخص سطح برگ

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

۳- ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاه اسفناج تحت تأثیر شوری و سطوح مختلف نیاز آب آبیاری قرار داشت (شکل ۵). با افزایش شوری، ارتفاع گیاه به‌طور متوسط ۷/۲، ۶ و ۶/۵ درصد به‌ترتیب در تیمارهای W1، W2 و W3 کاهش یافت. علاوه بر این W1 و W3 نسبت به تیمار W2 به‌ترتیب ۱۲/۶ و ۹/۹ درصد سبب کاهش ارتفاع گیاه شد. برخی پژوهشگران

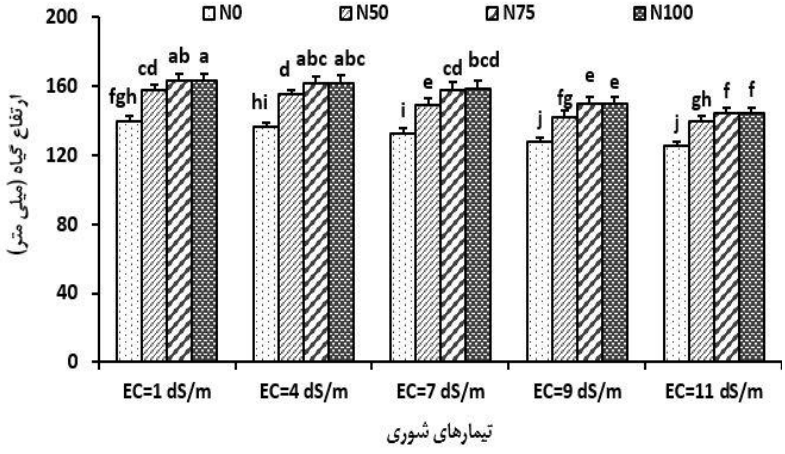
گزارش دادند که ارتفاع گیاه اسفناج به‌دلیل افـزایش شـوری در ابتـدا افزایش یافته و سپس به‌طور قابل توجهی کـاهش یافـت، هـم‌چنـین سطح برگ و ارتفاع اسفناج در شرایط تنش آبی به‌طور قابـل تـوجهی کـاهش نشـان داد (Ors and Suarez, 2017). عـالی نژادیـان و همکاران (۱۳۹۷) بیان کردند با افزایش سـطوح شـوری ارتفـاع گیـاه اسفناج کاهش می‌یابد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. ارتفاع گیاه به شرایط محیطی که گیاه در آن رشد می‌کند، وابسته است. یکی از این شرایط، فراهم بودن آب کافی برای گیـاه است. درصـورت عدم تأمیـن آب مورد نـیاز گیاه، فشار تورژسانس سلول‌ها کاهش می‌یابد و با اثر بر طول سـلول‌ها و تقسیم سلولی، کاهـش ارتـفاع رخ مـی‌دهـد (Mortazaeinejad., 2006).



شکل ۵- اثر متقابل شوری و مقدار آب بر ارتفاع گیاه

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

با افزایش کاربرد نیتروژن تا ۱۵۰ میلی‌گرم نیتـروژن در کیلـوگرم خاک، ارتفاع اسفناج در همه سطوح شوری افزایش معنی‌داری داشـت، اما با افزایش مقدار نیتـروژن از ۱۵۰ بـه ۲۰۰ میلـی‌گـرم نیتـروژن در کیلوگرم خاک، هیچ اختلاف معنی‌داری در ارتفاع مشاهده نشد (شکل ۶). افزایش ارتفاع گیاه به‌دلیل افزایش میزان کاربرد نیتـروژن تـا حـد آستانه است، پس از این میزان، ثابت ماندن و یا حتـی کـاهش یـافتن ارتفاع گیاه به‌دلیل استفاده بیش از حد نیتروژن می‌باشد. صـفات رشـد اسفناج (شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه) به‌طورکلی با افزایش شوری کاهش یافتند. ژنگ و همکاران مشـاهده کردنـد کـه ارتفـاع اسـفناج به‌دلیل کاربرد کود نیتروژن نسبت به‌عدم استفاده نیتروژن به اندازه ۱۲ درصد افزایش یافت (Zheng et al., 2016).

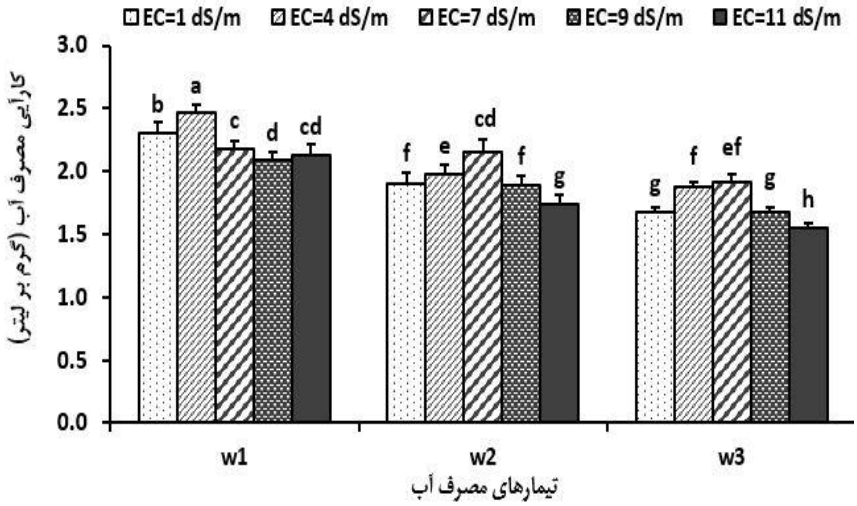


شکل ٦- اثر متقابل شوری و نیتروژن بر ارتفاع گیاه

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

٤- کارآیی مصرف آب

نتایج نشان داد که بسته به سطوح شوری و میزان نیاز آب آبیاری کارآیی مصرف آب اسفناج بین ۱/۵۵ تا ۲/۴۶ گرم در لیتر متغیر بود. بالاترین میزان کارآیی مصرف آب در تیمارهای W1، W2 و W3 به‌ترتیب در مقادیر ۴، ۷ و ۴-۷ دسی‌زیمنس بر متر شوری آب آبیاری مشاهده گردید (شکل ۷). هم‌چنین تفاوت معنی‌داری در تیمارهای W1، W2 و W3 در شوری‌های یک و چهار دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. کارآیی مصرف آب اسفناج در تیمارهای W1 و W3 نسبت به تیمار W2 به‌ترتیب ۴/۸ درصد بیش‌تر و ۸/۲ درصد کم‌تر بود. به‌طور کلی، بالاترین کارآیی مصرف آب در تیمار W1 و شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. نتایج اثر شوری و سطوح مختلف نیاز آب آبیاری بر کارآیی مصرف آب با یافته‌های ارس و سوارز مطابقت دارد که بیان کردند افزایش اولیه شوری، کارآیی مصرف آب اسفناج را تقریباً دو برابر مقدار شاهد افزایش داد، در حالی که افزایش بیش‌تر شوری باعث کاهش کارآیی مصرف آب شد (Ors and Suarez, 2017).



شکل ۷- اثر متقابل شوری و مقدار آب بر کارآیی مصرف آب

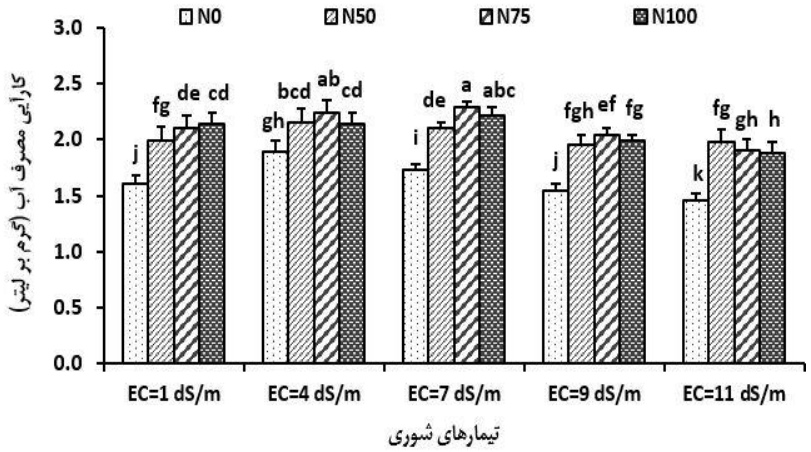
حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

از بررسی اثر متقابل شوری و نیتروژن بر کارآیی مصرف آب (شکل ۸)، نتایجی مشابه با صفات رشد گیاه به‌دست آمد. با افزایش میزان نیتروژن به ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک در مقایسه با تیمار بدون نیتروژن، کارآیی مصرف آب به‌طور متوسط ۲۳/۴، ۲۸/۲ و ۲۵/۸ درصد افزایش یافت. با این حال، بالاترین مقادیر کارآیی مصرف آب در سطوح شوری متوسط (۷-۴ دسی‌زیمنس بر متر)، برای همه تیمارهای نیتروژن مشاهده شد. برای تیمارهای N0، N50، N75 و N100، کارآیی مصرف آب افزایش قابل توجهی در مقادیر متوسط شوری آب آبیاری، از ۴، ۷-۴ ، ۴-۷ و ۱-۷ دسی‌زینس بر متر به‌ترتیب نشان داد. هم‌چنین کارآیی مصرف آب بین تیمارهای N50 و N75 در سطوح شوری ۹ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نتایج مطالعه حاضر با نتایج تحقیق کریمی و همکاران (۱۳۸۵) که کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش کارآیی مصرف آب ذرت شد، مطابقت دارد. هم‌چنین افزایش عمومی در کارآیی مصرف آب با افزایش مقدار کاربرد نیتروژن شبیه به یافته‌های ژنگ و همکاران است که دریافتند که کارآیی مصرف آب اسفناج با افزایش کاربرد نیتروژن در اکثر شرایط افزایش یافت (Zheng et al., 2016).

نتیجه‌گیری

از نتایج حاصل این‌گونه بر می‌آید که تنش شوری به ویژه هنگامی که با کمبود آب و یا کمبود نیتروژن توأم می‌شود، باعث کاهش میزان رشد گیاه و کارآیی مصرف آب شود. این مطلب نشان می‌دهد که استفاده بیش از حد آب آبیاری نه‌تنها موجب افزایش عملکرد نشده بلکه حتی باعث کاهش عملکرد شده است که این امر می‌تواند به دلیل افزایش تبخیر-تعرق بیش‌تر از سطح برگ گیاه باشد. در این پژوهش یک تعامل هم افزایی بین شوری و کمبود آب مشخص شد، به‌طوری که تنش آبی در شرایط اعمال همزمان تنش شوری، رشد گیاه را بیش‌تر محدود می‌کند. با توجه به روند تغییرات میزان عملکرد و مصرف آب، بالاترین میزان کارآیی مصرف آب در

تیمار ۷۵ درصد نیاز آب آبیاری و شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد که البته این نتایج برای سایر گیاهان و نیز سایر شرایط نظیر شرایط مزرعه‌ای ممکن است متفاوت باشد.



شکل۸- اثر متقابل شوری و نیتروژن بر کارآیی مصرف آب

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

هم‌چنین میزان کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌عنوان سطح بهینه کود برای گیاه اسفناج طبق این مطالعه توصیه می‌شود. یافته‌ها نشان داد که در نظر گرفتن پاسخ‌های گیاه به تنش-های چندگانه می‌تواند برای توسعه روش‌های مدیریت مصرف آب و کاربرد سطح مناسب نیتروژن در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد استفاده قرار گیرد که در اکثر آن‌ها منابع آب، شور می‌باشند. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود اثر ترکیبی این سه عامل در سایر گیاهان زراعی که نسبت به تنش‌های شوری و آبی نیمه حساسند، مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

شیخی، ج. و رونقی، ع. ۱۳۹۱. اثر سطوح نیتروژن و شوری بر عملکرد، جذب نیتروژن، غلظت نیترات و کلروفیل اسفناج و برخی ویژگی‌های خاک پس از برداشت در یک خاک آهکی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۳ (۱۲): ۱۱-۱.

عالی نژادیان، ا.، حسنی، م. و ملکی، ع. ۱۳۹۷. تأثیر مقدار و شوری آب بر شوری خاک و رشد و غلظت عناصر غذایی اسفناج در گلدان. تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۹ (۳): ۶۵۱-۶۴۱.

کریمی، ا.، همایی، م.، معزاردلان، م.، لیاقت، ع. و رئیسی، ف. ۱۳۸۵. اثر کود – آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در ذرت به روش آبیاری قطره‌ای خطی، مجله علوم کشاورزی. ۱۲(۳): ۵۷۵-۵۶۱.

Caparrotta, S., Masi, E., Atzori, G., Diamanti, I., Azzarello, E., Mancuso, S. and Pandolfi, C. 2019. Growing spinach (Spinacia oleracea) with different seawater concentrations: Effects on fresh, boiled and steamed leaves. Scientia Horticulturae. 256: 1–7.

Chan-Navarrete, R., Dolstra, O., Kaauwen, M., Lammerts Bueren, E. T. and Linden, C. G. 2016. Genetic map construction and QTL analysis of nitrogen use efficiency in spinach (Spinacia oleracea L.). Euphytica. 208: 621–636.

Mark Ibekwe, A., Ors, S., Ferreira, J. F. S., Liu, X. and Suarez, D. L. 2017. Seasonal induced changes in spinach rhizosphere microbial community structure with varying salinity and drought. Science of the Total Environment. 579: 1485–1495.

Mortazaeinejad, F. 2006. Study of some parameters of yield and proline in rice plants under NaCl salinity stress. Agroecology Journal. 2 (3): 93-98.

Nemadodzi, L. E., Araya, H., Nkomo, M., Ngezimana, W. and Mudau, N. F. 2017. Nitrogen, phosphorus, and potassium effects on the physiology and biomass yield of baby spinach 802 (Spinacia oleracea L.). Journal of Plant Nutrition. 40: 2033–2044.

Ors, S. and Suarez, D. L. 2017. Spinach biomass yield and physiological response to interactive salinity and water stress. Agricultural Water Management. 190: 31–41.

Pascale, S., Costa, L. D., Vallone, S., Barbieri, G. and Maggio, A. 2011. Increasing water use efficiency in vegetable crop production: From plant to irrigation systems efficiency. HortTechnology. 21: 301–308.

Patanè, C., Tringali, S. and Sortino, O. 2011. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water

Botany. 85: 501–509.

Xu, C. and Leskovar, D. I. 2015. Effects of A. nodosum seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. Scientia Horticulturae. 183: 39– 47.

Xu, C. and Mou, B. 2016. Responses of spinach to salinity and nutrient deficiency in growth, physiology, and nutritional value. Journal of the American Society for Horticultural Science. 141: 12–21.

Yazdanpanah, N., Pazira, E., Neshat, A., Mahmoodabadi, M. and Sinobas, L. R. 2013. Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (II): Impact on nitrogen, phosphorous and potassium redistribution and on microbial respiration. Agricultural Water Management. 120: 39-45.

Zheng, P., Bai, X., Long, J., Li, K. and Xu, H. 2016. Nitric oxide enhances the nitrate stress tolerance of spinach by scavenging ROS and RNS. Scientia Horticulturae. 213: 24–33.

Zhou, H., Kang, S., Li, F., Du, T., Shukla, M. K. and Li, X. 2020. Nitrogen application modified the effect of deficit irrigation on tomato transpiration, and water use efficiency in different growth stages. Scientia Horticulturae. 263: 109-112.

productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. Scientia Horticulturae. 129: 590–596.

Ramos, T. B., Šimůnek, J., Gonçalves, M. C., Martins, J. C., Prazeres, A. and Pereira, L. S. 2012. Two-dimensional modeling of water and nitrogen fate from sweet sorghum irrigated with fresh and blended saline waters. Agricultural Water Management. 111: 87–104.

Safari Mohamadiyeh, Z., Moghaddam, M., Abedy, B. and Samiei, L. 2015. Effects of salinity stress on some yield parameters and morphological characteristics of spearmint (Mentha spicata L.) in hydroponic conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 6 (3): 97-107.

SDSN, 2013. Solutions for Sustainable Agriculture and Food Systems. 1–108.

Thomas, R. M., Verma, A. K., Prakash, C., Krishna, H., Prakash, S. and Kumar, A. 2019. Utilization of Inland saline underground water for bio-integration of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) and spinach (Spinacia oleracea). Agricultural Water Management. 222: 154–160.

Wilson, C., Lesch, S. M. and Grieve, C. M. 2000. Growth stage modulates salinity tolerance of New Zealand spinach (Tetragonia tetragonioides, Pall.) and red orach (Atriplex hortensis L.). Annals of

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 15, Aug.-Sep. 2021, p. 690-700

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۵، مرداد – شهریور ۱۴۰۰، ص. ۷۰۰-۶۹۰

Effects of Different Levels of Water, Salinity and Nitrogen Fertilizer on Growth Iindices and Water Use Efficiency of Spinach

H. Ramezanifar[1], N. Yazdanpanah[2*], H. Golkar Hamzee Yazd[3], M. Tavousi[4], and M. Mahmoodabadi[5]
Recived: Feb.07, 2021 Accepted: Apr.13, 2021

Abstract

Water shortage, salinity and nitrogen deficiency are the most important factors limiting plant production in arid and semi-arid regions. However, over-irrigation and over-consumption of nitrogen fertilizers can also limit crop growth and yield. The aim of this study was to evaluate the effects of salinity of irrigation water in interaction with different levels of irrigation water and nitrogen requirements on growth characteristics and water use efficiency of spinach. A combination of five salinity levels (1, 4, 7, 9 and 11 dS/m) with three levels of water requirement including (75, 100 and 125% of irrigation water requirement) and four levels of nitrogen from the source of urea with a purity of 46% (0, 100, 150 and 200 mg/kg soil) under controlled greenhouse conditions in three repetitions were considered as the studied factors. The results showed that salinity in combination with water stress and nitrogen deficiency caused a significant reduction in plant growth. Yield in treatments 75 and 125% of water requirement was 22.7 and 10.8% less than 100% of water requirement, respectively. Salinity in the treatment of 75 and 100% water requirement had a significant effect on leaf area index; such that the treatment of 75% of water requirement with the salinity level 11 ds/m decreased the leaf area index 46% toward control treatment. By increasing the application of fertilizer at the optimal level of 150 mg N/kg soil, plant growth and yield for all salinity levels showed a significant increase. Water use efficiency increased in W1, W2 and W3 treatments at salinity levels 4, 7 and 4-7 ds/m, then decreased significantly with increasing salinity for all treatments of water requirement and nitrogen levels. Also, 125% treatment caused a further reduction in water use efficiency compared to 75% and 100% water requirement treatments for all salinity levels. Finally, the best treatment in terms of water use efficiency was observed in the treatment of 75% of water requirement at moderate salinity levels (4- 7 dS/m).

Keywords: Deficient Irrigation, Nutrients, Salinity Stress

1- Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Ferdows Branch, Islamic Azad University, Ferdows, Iran
2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Ferdows Branch, Islamic Azad University, Ferdows, Iran
4- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Ferdows Branch, Islamic Azad University, Ferdows, Iran
5- Professor, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: nyazdanpanah@iauk.ac.ir)