مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۲، شماره ۱، ۱۳۹۰ (۷۰-۶۳)

اثر شوری آب آبیاری و آبشویی بر خصوصیات شیمیایی خاک و عملکرد گلرنک در منطقه اصفهان

الهه کمالی[۱]، زمان شاه‌محمدی حیدری[۲]، مصطفی حیدری[۳]* و محمد فیضی[۴]
۱، ۲، ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیاران دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
۴، مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان
(تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۴ - تاریخ تصویب: ۸۹/۸/۵)

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف شوری آب آبیاری و تیمار آبشویی بر خصوصیات شیمیایی خاک، عملکرد، اجزای عملکرد دانه گلرنگ و چگونگی تأثیر این دو تیمار بر جذب عناصر سدیم و پتاسیم در برگ‌های گلرنگ آزمایشی به صورت کرت‌های یکبار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقات زهکشی و اصلاح اراضی رودشت اصفهان انجام شد. تیمارهای طرح شامل سه کیفیت آب آبیاری با شوری‌های ۳/۳۵ (شاهد)، ۸/۷۷ و ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان کرت اصلی و دو تیمار آبشویی شامل بدون آبشویی وآبشویی بر اساس ۷۵ درصد عملکرد محصول گلرنگ به عنوان کرت فرعی لحاظ شدند. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک نشان داد تیمار آبشویی سبب کاهش مقدار SAR و میزان یون سدیم بخصوص تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک گردید. کاهش مقدار سدیم برای تیمار شوری ۳/۳۵ و ۸/۷۷ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۱۱/۱ و ۲/۹ درصد بودند. در این آزمایش تیمار شوری آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گلرنگ (رقم زاینده‌رود) داشت. با بالا رفتن میزان شوری از ۳/۳۵ به ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر از مقدار عملکرد دانه به میزان ۶۷/۴ درصد کاسته شد. عمده تأثیر شوری بر اجزای عملکرد دانه مربوط به میزان بیوماس تولیدی بود که در شوری ۱۱/۲۱ نسبت به ۳/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر از کاهش ۷۱/۱ درصد برخوردار بود. تیمارآبشویی هر چند سبب افزایش عملکرد دانه گلرنگ گردید اما اثر متقابل شوری و تیمار آبشویی تنها برمیزان بیوماس تولیدی معنی‌دار بود. در شوری ۱۱/۲۱ نسبت به ۳/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۲۸/۲ درصد از تجمع پتاسیم کاسته و به مقدار ۶۳/۵ درصد بر تجمع سدیم در برگ‌های گلرنگ افزوده شد. در این بین تیمار آبشویی و اثر متقابل شوری و آبشویی تأثیر معنی‌داری بر جذب این دو عنصر نداشتند.

واژه های کلیدی: شوری، آبشویی، خصوصیات شیمیایی خاک، عملکرد دانه، گلرنگ.

مقدمه

ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی در محدوده‌ای از کره زمین واقع شده است که بیشتر مناطق آن خشک و نیمه خشک است. در کشور مناطقی وجود دارند که میزان تبخیر در آنها بیش از ۸ برابر میزان بارندگی می‌باشد (Movahhedy-Dehnavy et al., 2009). از این رو استفاده از آب‌های با کیفیت پائین همانند آب‌های شور جهت تولید محصولات زراعی در اکثر نقاط کشور

* نویسنده مسئول: مصطفی حیدری تلفن: ۰۹۱۵-۵۷۱۰۹۷۲ E-mail: Haydari2005@yahoo.com

دور از انتظار نیست. در بررسی کیفی آب از نظر آبیاری باید پارامترهای متعددی را در نظر گرفت. زیرا کیفیت بد آب نه تنها گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه ساختار خاک را هم دچار تغییرات می‌کند (Flagella et al., 2004).

بیشتر آب‌های کشاورزی از نظر کیفیت مناسب می‌باشند (Kolahchi & Jalali, 2007). لیکن از آن‌جایی که معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک آب مصرفی در کشاورزی حاوی مقادیری از املاح محلول است، در طی زمان به ویژه با وضعیت زهکشی نامناسب و ضعیف، موجبات تراکم نمک‌های محلول را در خاک فراهم می‌سازد. از طرفی گیاه آب و مواد محلول را مستقل از هم جذب می‌کند و احتیاجات گیاه به املاح، با جزء بسیار کمی از کل نمک‌های اضافی شده از طریق آبیاری، مرتفع می‌گردد. بنابراین در هر آبیاری با آب با کیفیت پائین در سیستم‌های فاقد زهکش، مقداری املاح محلول درخاک جمع می‌شود. در طی آبیاری‌های مکرر و با گذشت زمان مقدار زیادی از نمک به خاک اضافه شده، در نهایت در اثر شوری این اراضی، خاک‌ها تبدیل به سرزمین‌های شور و بی‌حاصل می‌شوند (Chen et al., 2002).

نمکها بعضی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک را تحت تأثیر قرار میدهند که این به نوبهٔ خود بر خاک به عنوان محیطی مناسب برای رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. زیرا رشد گیاه به طور مستقیم تحت تأثیر میزان pH و غلظت املاح نمک از جمله یونهای سدیم و کلر و سایر نمک‌های موجود در محلول خاک قرار می‌گیرد. افزایش میزان سدیم در محلول خاک، سبب تخریب خاکدانه‌ها، تورم و پراکندگی ذرات رس، سله بندی و کاهش تخلخل و نفوذ پذیری خاک خواهد شد (Ayres & Schoneman, 1993).

شوری خاک به دلیل جلوگیری از جذب آب و عناصر غذایی، یکی از محدودیت‌های رشد گیاهان زراعی محسوب می‌شود و به عنوان مشکل بزرگ کشاورزی آبی گزارش شده است (Kaya, et al., 2001). در بین گیاهان زراعی، تحمل گلرنگ به شوری از گندم بیشتر و از جو کمتر است (Demir & Ozturk, 2003). گلرنگ از نظر تحمل به شوری و قابلیت تولید محصول در شرایط فاریاب پس از جو، چغندرقند و پنبه قرار دارد ولی در شرایط دیم شبیه جو است. این گیاه املاح سدیم را تا حدی تحمل می‌کند اما در برابر نمک‌های دو و سه ظرفیتی که شامل کلسیم، منیزیم و یا هر دو می‌باشد، تحمل کمتری دارد (Demir & Ozturk, 2003). گزارش شده که از عملکرد گلرنگ در سطوح بالای شوری خاک کاسته می‌شود. این کاهش به سبب کاهش تعداد طبق در هر بوته، تعداد دانه در طبق و وزن دانه‌ها می‌باشد (Bake & Volkmar, 1995).

یکی از روش‌های مؤثر جهت جلوگیری از تجمع املاح نمک در محیط ریشه و خسارات ناشی از آن بر گیاهان، استفاده از آبشویی اراضی است. آبشویی می‌تواند سبب کاهش تجمع املاح نمک در محیط ریشه شود و شرایط مناسبی را برای رشد گیاهان زراعی فراهم آورد. در این بین برآورد زمان و میزان آب مصرفی می‌تواند در ممانعت از تجمع نمک‌های مضر در محیط ریشه مفید باشد. برآورد میزان آب مورد نیاز برای آبشویی اراضی بسته به میزان حساسیت گیاهان به شوری، چگونگی تجمع املاح نمک در محیط ریشه و نیز وضعیت زهکشی اراضی دارد (Oad et al., 2001). در گزارش Raj & Nath (1980)، آبشویی املاح محلول را در وهله اول بوسیله جریان توده‌ای از محیط ریشه خارج می‌کند. که یک واحد حجم آب جهت خروج قسمت اعظم املاح محلول (۹۰ درصد) از نیمرخ خاک کفایت می‌کند. استفاده از آبشویی هر چند روشی مؤثراست اما اثر آبشویی بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک و عملکرد محصول در طول فصل آبیاری تاکنون به طور کامل مطالعه نشده است (Mostafazadeh-Fard et al., 2008). لذا هدف از این تحقیق بررسی اثرات سطوح مختلف شوری آب آبیاری به همراه آبشویی بر خصوصیات شیمیایی خاک و ارتباط آن با تغییرات در عملکرد و اجزای عملکرد دانه و چگونگی جذب عناصر سدیم و پتاسیم در گیاه گلرنگ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش درسال ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقات زهکشی و اصلاح اراضی رودشت واقع در ۶۵ کیلومتری شرق اصفهان انجام گرفت. این ایستگاه دارای طول

جغرافیایی ۵۲ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲/۵ درجه شمالی و دارای ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. اقلیم منطقه رودشت خشک و تغییرات میانگین دمای روزانه آن از ۳۰ درجه سانتیگراد در تابستان تا ۳ درجه سانتیگراد در زمستان متغیر است. میانگین بارندگی سالیانه در ایستگاه کلیماتولوژی منطقه ۱۵۰ میلیمتر گزارش شده است. خاک‌های منطقه در سری زرندید با بافت متوسط تا سنگین (لوم سیلتی رسی) قرار دارند.

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چها تکرار انجام گرفت. تیمارهای طرح شامل سه کیفیت آب آبیاری با شوری‌های Q_1=۳/۳۵ (شاهد)، Q_2=۸/۷۷ و Q_3=۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان کرت‌های اصلی و دو تیمار آبشویی[1] LR_0: بدون آبشویی و LR_1: آبشویی بر اساس ۷۵ درصد عملکرد محصول گلرنگ به عنوان کرت‌های فرعی لحاظ شدند. تعداد ۲۴ کرت هر کدام به مساحت ۱۲۵ مترمربع (۵×۲۵ متر) ایجاد شدند. فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. کاشت در فروردین ماه ۱۳۸۸ انجام و گلرنگ رقم زاینده‌رود در این آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت. کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، اوره به مقدار ۳۵۰ کیلو گرم در هکتار و سولفات روی به میزان ۴۰ کیلوگرم در هر هکتار به زمین داده شد. لازم به ذکر است که میزان کود مصرفی براساس نتایج تجزیه خاک و توصیه مرکز تحقیقات استفاده گردید.

آبیاری براساس نیاز آبی گلرنگ به مقدار تبخیر از تشتک تبخیر صورت گرفت. بعد از کاشت کلیه کرت‌های آزمایش با آب معمولی (شاهد) آبیاری و بعد از جوانه زنی و استقرار کامل گیاهان، اعمال سطوح مختلف تنش شوری آغاز گردید. به منظور تنظیم حجم آب ورودی به کرت‌ها از کنتورهای حجمی استفاده شد. برای تأمین آب با شوری ۳/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر از آب رودخانه زاینده‌رود، با شوری ۸/۷۷ دسی‌زیمنس بر متر از آب چاه نیمه‌عمیق ایستگاه و آب با شوری ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر از زه آب موجود در گودال کم عمق ایستگاه استفاده شد. در جدول ۱ خصوصیات شیمیایی آب مصرفی ارائه شده است. در مواقعی که میزان شوری آب آبیاری با مقادیر مطلوب فاصله داشت، از ترکیب آب‌های مختلف، آب با شوری مورد نظر تهیه می‌شد. در هر آبیاری میزان آب در کرت‌هایی که آبیاری بدون اعمال آبشویی انجام می‌شد، براساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر در فاصله آبیاری صورت می‌گرفت و در کرت‌هایی که آبشویی انجام می‌شد نیاز آبشویی برای ۷۵ درصد محصول گلرنگ از رابطه زیر محاسبه گردید. لازم به ذکر است در کرت‌هایی که آبشویی نیاز داشتند، میزان آب مصرفی برای آبشویی از همان آبی تأمین می‌شد که سطح شوری در همان کرت اعمال گردیده است:

$$LR=\frac{EC_{iw}}{5\,(EC_e)-EC_{iw}}$$

که در آن EC_{iw} شوری آب آبیاری و EC_e شوری عصاره اشباع خاک برای کاهش مورد نظر در مقدار محصول است. طبق گزارش Weiss (1983)، در صورتی که شوری عصاره اشباع یک خاک ۷/۶ دسی‌زیمنس بر متر باشد، محصول گلرنگ ۲۵٪ کاهش خواهد یافت این درحالیست که در تحقیقات ارائه شده در خاک مناسب برای کشت گلرنگ در دانشگاه کالیفرنیا، برای کاهش همین مقدار محصول گلرنگ لازم است EC_e حدود ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر باشد.

در تحقیق حاضر با توجه به شرایط اقلیمی و نوع خاک، EC_e برای عملکرد ۷۵٪ گلرنگ، ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در نظر گرفته شده‌است و مقدار نیاز آبشویی برای آب آبیاری با شوری‌های موجود با استفاده از رابطه فوق به صورت زیر محاسبه شد:

$$\%\,EC_{iw}=2ds/m \Rightarrow LR=7.18$$
$$\%\,EC_{iw}=8ds/m \Rightarrow LR=21.27$$
$$\%\,EC_{iw}=12ds/m \Rightarrow LR=28.90$$

جهت اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی خاک، در ابتدا و انتهای فصل نمونه‌برداری‌هایی از خاک در سه عمق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری صورت گرفت (جدول‌های ۱ و ۲).

در پایان دوره آزمایش و در زمان رسیدگی گلرنگ، جهت اندازه‌گیری عملکرد و میزان بیوماس تولیدی گیاهان موجود در ۱۰ مترمربع از وسط هر کرت برداشت شدند. برای اجزای عملکرد دانه نیز تعداد ۱۰ بوته از هر

1. Leaching rate (LR)

جدول ۱- میانگین نتایج تجزیه شیمیایی آب‌های آبیاری در بررسی حاضر

تیمار	هدایت الکتریکی (dS/m)	مجموع املاح محلول TDS (mg/l)	اسیدیته PH	میلی اکی والان در لیتر				SAR
				بیکربنات	کلر	سولفات	کلسیم و منیزیم	سدیم	
Q_1	۲/۲	۲۱۴۴	۷/۸	۴/۴	۲۵	۱۶	۱۴	۳۱	۱۱/۷
Q_2	۷/۸	۷۰۱۶	۷/۶	۴/۹	۵۰	۴۱	۲۶	۶۹/۶	۱۹/۳
Q_3	۱۱/۱	۸۹۶۸	۷/۷	۵/۲	۷۳	۵۲	۳۵	۹۵/۲	۲۲/۸

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک در بررسی حاضر (در ابتدای فصل کاشت)

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	میلی اکی والان در لیتر					اسیدیته عصاره اشباع خاک pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	SAR
	سدیم	کلسیم و منیزیم	سولفات	کلر	بیکربنات			
۰-۳۰	۳۵/۰۰	۴۳/۶	۳۳/۷	۴۰/۳	۳/۶	۷/۶	۶/۸	۷/۵
۳۰-۶۰	۲۸/۵	۴۱/۴	۳۵/۴	۳۰	۳/۵	۷/۶	۶/۲	۶/۳
۶۰-۹۰	۳۶/۵	۳۹	۳۹/۰	۳۰	۳/۵	۷/۷	۶/۵	۸/۳

کرت به به صورت تصادفی انتخاب و اجزای عملکرد دانه بر روی آنها صورت گرفتند. در این زمان مقادیر عناصر سدیم و پتاسیم برگ‌های کلرنگ در مرحله رسیدگی به روش خاکسترگیری خشک اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری این دو عنصر از دستگاه فلم فتومتر استفاده شد. در نهایت داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و برای رسم گراف‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر آبشویی بر شوری خاک

در جدول‌های ۲ و ۳ تغییرات شوری عصاره اشباع خاک در ابتدا و انتهای فصل کاشت آورده شده است. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود قبل از اولین آبیاری، میانگین شوری خاک تا عمق ۹۰ سانتی‌متر برابر ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. استفاده از آب با شوری ۳/۳ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش مقادیر شوری

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی خاک در بررسی حاضر (در انتهای فصل کاشت)

تیمار	مشخصات تیمار	میلی اکی والان در لیتر					اسیدیته عصاره اشباع خاک pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	عمق (cm)	SAR
		سدیم	کلسیم	منیزیم	کلر	بیکربنات				
T_1	Q1LR0	۱۸/۰۰	۳۲	۳۳/۶۰	۱۵	۱/۴۰	۷/۸۵	۴/۴۷	۰-۳۰	۴/۵
		۳۷/۱۰	۳۸	۴۳/۱۰	۳۰	۱/۰۰	۸/۰۰	۷/۱۰	۳۰-۶۰	۸/۵۱
		۳۰/۴۰	۳۰	۲۶/۸۰	۲۹	۱/۶۰	۸/۰۶	۵/۴۱	۶۰-۹۰	۷/۸۵
T_2	Q1LR1	۱۶/۲۰	۲۹	۲۱/۲۰	۲۱	۱/۰۰	۷/۳۴	۴/۱۶	۰-۳۰	۴/۲۵
		۳۵/۶۰	۴۸	۴۶/۸۰	۳۳	۱/۸۰	۷/۹۲	۷/۰۵	۳۰-۶۰	۷/۲۷
		۳۸/۹۰	۳۰	۲۹/۹۰	۳۲	۵/۰۰	۸/۰۹	۶/۱۴	۶۰-۹۰	۱۰/۰۴
T_3	Q2LR0	۴۸/۴۰	۳۵	۳۵/۴۰	۴۴	۳/۳۰	۸/۰۹	۷/۴۲	۰-۳۰	۱۱/۵۷
		۶۰/۲۰	۴۸	۴۸/۸۰	۵۵	۱/۷۰	۸/۱۶	۹/۷۷	۳۰-۶۰	۱۲/۲۹
		۴۸/۶۰	۳۵	۴۳/۸۰	۳۶	۲/۱۰	۸/۱۴	۸/۲۲	۶۰-۹۰	۱۱/۶۲
T_4	Q2LR1	۴۷/۰۰	۳۲	۳۰/۶۰	۴۲	۵/۲۰	۸/۰۹	۶/۹۵	۰-۳۰	۱۱/۷۵
		۵۷/۰۰	۴۶	۴۲/۲۰	۵۶	۳/۳۰	۸/۳۰	۱۰/۲۲	۳۰-۶۰	۱۱/۸۹
		۶۰/۴۰	۴۰	۳۹/۹۰	۵۴	۴/۸۰	۸/۰۸	۹/۹۰	۶۰-۹۰	۱۳/۵۱
T_5	Q3LR0	۶۲/۶۰	۴۵	۴۶/۲۰	۵۱	۴/۷۰	۸/۱۰	۱۰/۴۱	۰-۳۰	۱۶/۲۰
		۷۴/۴۰	۴۲	۴۸/۶۰	۶۴	۲/۶۰	۸/۰۲	۱۱/۲۴	۳۰-۶۰	۱۶/۲۴
		۶۹/۶۰	۳۸	۳۹/۶۰	۶۵	۲/۳۰	۸/۰۴	۱۰/۷۵	۶۰-۹۰	۱۵/۹۷
T_6	Q3LR1	۶۵/۲۰	۴۵	۵۰/۶۰	۶۰	۳/۹۰	۸/۱۰	۹/۴۰	۰-۳۰	۱۴/۵۸
		۷۰/۲۰	۴۰	۴۵/۴۰	۵۵	۳/۱۰	۸/۰۱	۱۰/۹۸	۳۰-۶۰	۱۴/۸۰
		۶۷/۷۰	۴۲	۴۳/۹۰	۶۲	۳/۱۰	۸/۰۲	۱۰/۲۳	۶۰-۹۰	۱۴/۷۷

خاک در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری گردید. در طی استفاده از تیمار آبشویی، مقادیر اضافی نمک از محیط رشد ریشه (معمولاً بیشترین تراکم ریشه گلرنگ در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری است (Weiss, 1983) خارج و در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری تجمع یافت (جدول ۳). در دو تیمار دیگر شوری (۸/۷۷ و ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر) هر چند بر میزان تجمع نمک در هر سه عمق مورد مطالعه افزوده شد اما استفاده از تیمار آبشویی تا حدی توانست از تجمع نمک در عمق ۳۰-۰ بکاهد و نمک‌ها را به اعماق ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ منتقل نماید (جدول ۳). از نتایج تجزیه شیمیایی خاک در انتهای فصل (جدول ۳) مشخص می‌شود که تیمار آبشویی نقش مهمی در کاهش مقدار SAR خاک داشته، سبب کاهش میزان آن تا عمق ۶۰ سانتی‌متری گردید. همچنین تیمار آبشویی سبب کاهش مقدار یون سدیم در اعماق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری گردید. کاهش مقدار سدیم در عمق ۳۰-۰ برای تیمار شوری ۳/۳۵ و ۸/۷۷ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۱۱/۱ و ۲/۹ درصد بود (جدول ۳). Ismailov (1988) نتایج مشابه‌ای در مورد تأثیر آبشویی بر کاهش مقدار سدیم در خاک گزارش کرد. Mostafazadeh et al. (2007) کاهش میزان SAR و سدیم تا حدود ۲۵ درصد در اعماق مختلف خاک را در اثر استفاده از تیمار آبشویی را گزارش کردند.

عملکرد، اجزای عملکرد دانه و درصد روغن

نتایج تجزیه آماری در جدول ۴ نشان می‌دهد شوری آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گرنگ (رقم زاینده‌رود) دارد. با بالا رفتن میزان شوری از ۳/۳۱ به ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر از مقدار عملکرد دانه به میزان ۶۷/۴ درصد کاسته شد (جدول ۵). مشابه نتیجه این آزمایش Elias & Kaffka (2002) کاهش عملکرد دانه در گلرنگ در اثر تیمار شوری گزارش کرده‌اند. اصولاً عملکرد دانه ناشی از تغییرات به وجود آمده در میزان بیوماس تولیدی، تعداد بوته در مترمربع، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه است. نتایج تحقیقات Kaffka & Kearny (1998) نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر شوری بر عملکرد گلرنک از طریق تغییر در میزان بیوماس تولیدی است.

در این آزمایش شوری تأثیر معنی‌داری (۱٪) بر اجزای عملکرد دانه از جمله میزان بیوماس تولیدی، تعداد بوته در مترمربع، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه داشت (جدول ۴). با بالا رفتن میزان شوری از این اجزای عملکرد دانه کاسته شدند به طوری که کاهش بیوماس تولیدی در تیمار ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار ۳/۳۱ دسی‌زیمنس بر متر معادل ۷۱/۱ درصد بود. این کاهش برای تعداد بوته در مترمربع و تعداد طبق در بوته به ترتیب معادل ۶۳/۵ و ۶۰/۲ درصد بودند (جدول ۵). شوری همچنین تأثیر معنی‌داری (۱٪) بر درصد شاخص برداشت داشت (جدول ۴). در بین اجزای عملکرد دانه، با افزایش میزان شوری از شاهد تا سطح ۸/۷۷ دسی‌زیمنس بر متر بر دو جزء وزن هزار دانه و درصد شاخص برداشت افزوده شد. این افزایش برای وزن هزار دانه و شاخص برداشت به ترتیب معادل و ۸/۱۱ درصد بودند. اما با بالا رفتن سطح شوری به ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر از مقدار این دو جزء نیز کاسته شدند به طوری که از درصد شاخص برداشت به میزان ۴۸/۶ و وزن هزاردانه به میزان ۵۲/۳ درصد کاسته شدند (جدول ۵). بر اساس نظر Elias & Kaffka (2002) شوری خاک در حد ۷ تا ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر زیادی در کاهش عملکرد دانه گلرنگ ندارد و بسته به ارقام مورد مطالعه گاهاً ممکن است هیچ تغییری در عملکرد و اجزای عملکرد دانه آنها مشاهده نشود. مطابق با نظر Kaffka & Kearny (1998) در این آزمایش نیز بیشترین تأثیر شوری در سطح ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر بر گلرنگ رقم زاینده‌رود، مربوط به بیوماس تولیدی بود. این امر سبب کاهش شاخص برداشت در بالاترین سطح شوری (۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر) شد. Mehmet & Ahmet (2003) در تحقیقات خود بر روی گلرنگ گزارش کردند که شوری خاک و آب سبب کاهش میزان رشد رویشی و زایشی می‌شود این امرکاهش میزان رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه را بدنبال داشت.

تیمار شوری تأثیر معنی‌داری نیز بر درصد روغن دانه گلرنگ رقم زاینده‌رود دارا بود (جدول ۴). با بالا رفتن سطح شوری از ۳/۳۵ به ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر، از میزان آن کاسته شد. این کاهش معادل ۵۶/۷ درصد بود (جدول ۵). Beke & Volkmar (1995) گزارش کردند

که همراه با افزایش سطح شوری خاک از میزان روغن دانه در گلرنگ کاسته شد.

تیمار آبشویی در این آزمایش بر عملکرد دانه گلرنگ رقم زایند رود تأثیر معنی‌داری (۱٪) داشت (جدول ۴). آبشویی بر اساس ۷۵ درصد محصول گلرنگ، سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۱/۲ درصد گردید (جدول ۵). Kolahchi & Jalali (2007) گزارش کردند که آبشویی در شوری‌زدایی خاک به میزان زیادی مؤثر بوده، می‌تواند منجر به افزایش عملکرد گیاهان زراعی در خاک‌های شور گردد.

به جز شاخص برداشت و وزن هزار دانه و درصد روغن، تیمار آبشویی بر سه جزء عملکرد دانه: میزان بیوماس تولیدی، تعداد بوته در مترمربع و تعداد طبق در بوته در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). تیمار آبشویی سبب افزایش آنها نسبت به شرایط عدم آبشویی گردید. میزان افزایش بیوماس تولیدی در واحد سطح، تعداد بوته در مترمربع و تعداد طبق در هر بوته در تیمار آبشویی نسبت به عدم آبشویی به ترتیب معادل ۱۵/۱۶، ۸/۷ و ۶/۴ درصد گردید (جدول ۵).

اثر متقابل شوری و تیمار آبشویی در این آزمایش تنها بر درصد شاخص برداشت و میزان بیوماس تولیدی معنی‌دار و بر عملکرد دانه و سایر اجزای عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول۴). همان طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود تیمار آبشویی در تمامی سطوح شوری اعمال شده در این آزمایش سبب افزایش عملکرد دانه گلرنگ گردید اما این افزایش در سطح ۵٪ معنی‌دار نبود. در این بین بیشترین میزان بیوماس تولیدی در تیمار Q_1LR_1 (شوری ۳/۳۱ دسی‌زیمنس بر متر به همراه اعمال آبشویی) و کمترین آن در تیمار Q_3LR_0 (شوری ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر و عدم اعمال آبشویی) به دست آمد (جدول ۶).

Ame'zketa (1999) گزارش کرد که شوری سبب کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود همچنین شوری می‌تواند منجر به کاهش میزان نفوذپذیری خاک بوپژه در خاک‌هایی با بافت رسی شود. این امر سبب کاهش میزان هدایت هیدرولیکی خاک شده، در نتیجه از عملکرد گیاهان زراعی می‌کاهد. برای مقابله با این مسئله براساس نظر Tedeschi & Dell'Aquila (2005) زهکشی و استفاده از آبشویی خاک می‌تواند بسیار مؤثر باشد. چرا که آبشویی می‌تواند سبب خارج کردن یونهای

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد دانه گلرنگ و عناصر سدیم و پتاسیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد دانه	بیوماس	بوته در مترمربع	تعداد طبق در بوته	وزن هزاردانه	شاخص برداشت	سدیم	پتاسیم	درصد روغن
تکرار	۳	۰/۰۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۱۰^{ns}	۰/۳۴^{ns}	۱/۰۳^{ns}	۲۱۱/۱۳^{ns}	۰/۰۰۰۱۳^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}	۰/۰۷۲^{ns}	۰/۷۵^{ns}
شوری	۲	۰/۱۱**	۱/۲۵**	۱۲۳۴/۷**	۱۰۶/۱۷**	۷۲۴/۶۱**	۰/۰۶۴۵**	۱/۰۳۲**	۳/۳۰۹**	۸۰۸/۱**
خطای a	۶	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۴۳	۱/۷۸	۰/۱۲۹	۰/۲۹۲	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۵۲۹	۰/۲۵۹	۱/۹۷
آبشویی	۱	۰/۰۰۴۲**	۰/۰۷۴**	۳۵/۸**	۱/۹۸**	۰/۳۵۰^{ns}	۰/۰۰۰۶^{ns}	۰/۰۲۷^{ns}	۰/۱۸۴^{ns}	۰/۳۷^{ns}
شوری×آبشویی	۲	۰/۰۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۹۱^{ns}	۱/۷*	۰/۴۵۱^{ns}	۰/۱۱۵^{ns}	۰/۰۰۰۹۵*	۰/۰۰۵۴^{ns}	۰/۰۴۶^{ns}	۰/۰۶۵^{ns}
خطای b	۹	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۰۱۱	۰/۵۲	۰/۱۸۳	۰/۶۸۴	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۲۰۲	۰/۲۶	۰/۶۷

** ، * و n.s به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های عملکرد، اجزای عملکرد دانه گلرنگ و عناصر سدیم و پتاسیم

تیمار	عملکرد دانه	بیوماس	بوته در مترمربع	طبق در بوته	وزن هزاردانه	شاخص برداشت	سدیم	پتاسیم	روغن
	(کیلوگرم در مترمربع)				(گرم)	(درصد)	(میلی گرم در گرم ماده خشک)		(درصد)
شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)									
Q_1	۰/۳۵^{a}	۱/۱۰۴^{a}	۳۹/۰۵^{a}	۱۱/۷۶^{a}	۳۱/۴۰^{b}	۰/۳۱۷^{b}	۰/۳۸۷^{b}	۴/۴۲^{a}	۳۲/۴۲^{a}
Q_2	۰/۲۱^{b}	۰/۶۱۶^{b}	۲۷/۴۰^{b}	۹/۵۷^{b}	۳۲/۶۲^{a}	۰/۳۴۵^{a}	۰/۹۱۲^{a}	۳/۵۳^{b}	۲۹/۷۲^{b}
Q_3	۰/۱۱^{c}	۰/۳۱۹^{c}	۱۴/۲۲^{c}	۴/۶۵^{c}	۱۵/۵۶^{c}	۰/۱۷۷^{c}	۱/۰۷^{a}	۳/۱۷^{b}	۱۳/۸۲^{c}
آبشویی									
LR_0	۰/۲۱^{b}	۰/۶۲^{b}	۲۵/۶۷^{b}	۸/۳۷^{b}	۲۶/۴۰^{a}	۰/۲۸^{a}	۰/۸۲۵^{a}	۳/۸۰^{a}	۲۵/۴۵^{a}
LR_1	۰/۲۴^{a}	۰/۷۳^{a}	۲۸/۱۱^{a}	۸/۹۵^{a}	۲۶/۶۵^{a}	۰/۲۷^{a}	۰/۷۵۸^{a}	۳/۶۲^{a}	۲۵/۲^{a}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین آنها است.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل شوری و آبشویی بر صفات مورد بررسی گلرنگ

تیمار	عملکرد دانه	بیوماس	بوته در	طبق در	وزن هزاردانه	شاخص برداشت	سدیم	پتاسیم	روغن
	(کیلوگرم در مترمربع)		مترمربع	بوته	(گرم)	(درصد)	(میلی گرم در گرم ماده خشک)		(درصد)
Q_1LR_0	۰/۳۳۴ b	۱/۰۱۴ b	۳۷/۹۵ b	۱۱/۲۷ b	۳۱/۱۵ b	۰/۳۳۰ b	۰/۴ c	۴/۶۰ a	۳۲/۳۷ a
Q_1LR_1	۰/۳۶۳ a	۱/۱۹۴ a	۴۰/۱۵ a	۱۲/۲۵ a	۳۱/۶۵ ab	۰/۳۰۵ c	۰/۳۷۵ c	۴/۲۵ ab	۳۲/۴۷ a
Q_2LR_0	۰/۱۹۹ c	۰/۵۶۱ d	۲۵/۶۷ d	۹/۲۲ d	۳۲/۵۲ a	۰/۳۵۵ a	۰/۹۷۵ ab	۳/۵۷ bc	۲۹/۵ a
Q_2LR_1	۰/۲۲۴ c	۰/۶۷۲ c	۲۹/۱۲ c	۹/۹۲ c	۳۲/۷۲ a	۰/۳۳۵ ab	۰/۸۵ b	۳/۵۰ bc	۲۹/۹۵ a
Q_3LR_0	۰/۱۰۰ e	۰/۲۹۶ f	۱۳/۳۷ f	۴/۶۲ e	۱۵/۵۵ c	۰/۱۷۰ d	۱/۱۰ a	۳/۲۲ c	۱۳/۷۲ a
Q_3LR_1	۰/۱۲۷ d	۰/۳۴۱ e	۱۵/۰۶ e	۴/۶۷ e	۱۵/۵۷ c	۰/۱۸۵ d	۱/۰۵ a	۳/۱۲ c	۱۳/۹۲ a

سدیم و کلر از محیط ریشه و جلوگیری از خسارت آنها به گیاهان شود.

عناصر سدیم و پتاسیم

نتایج تجزیه آماری ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد سطوح مختلف شوری تأثیر معنی‌داری بر میزان جذب و تجمع عناصر سدیم و پتاسیم در برگ‌های گلرنگ دارد. Kuiper (1984) اعلام کرد که غلظت بالای نمک در محیط ریشه بر جذب و انتقال عناصری همانند Ca^{2+} و K^+ تأثیر می‌گذارد. نتایج این آزمایش نیز نشان داد شوری تأثیر معنی‌داری (سطح ۱٪) بر جذب عنصر پتاسیم در گلرنگ دارد و از میزان آن در برگ‌ها کاسته می‌شود. میزان کاهش پتاسیم در سطح شوری ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به ۳/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر معادل ۲۸/۲ درصد بود (جدول ۵).

تنش شوری بر خلاف پتاسیم باعث افزایش میزان جذب سدیم شد. با بالا رفتن سطح شوری بر میزان جذب و تجمع سدیم در برگ‌های گلرنگ افزوده شد. تیمار شوری ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۱/۰۷ میلی گرم در گرم ماده خشک بیشترین و تیمار ۳/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۰/۳۹ میلی گرم در گرم ماده خشک دارای کمترین میزان سدیم در برگ بودند (جدول ۵). تاکنون مکانیسم‌های بیولوژیکی و مولکولی تحمل به شوری در گیاهان به خوبی شناخته نشده است اما معلوم شده که تحمل به شوری تا حد زیادی مرتبط با کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم می‌باشد (Hendawey, 2009).

در این آزمایش تیمار آبشویی و اثر متقابل شوری و آبشویی تأثیر معنی‌داری بر جذب و تجمع عناصر سدیم و پتاسیم در برگ‌های گلرنگ نداشتند (جدول ۴). هر چند آبشویی سبب کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم گردید اما این تغییرات در جذب از لحاظ آماری معنی‌دار نبودند (جدول ۵). در جدول ۳ دیده می‌شود که حتی در شوری‌های بالا (۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر) آبشویی سبب کاهش میزان تجمع یون سدیم در محیط ریشه (تا عمق ۶۰ سانتی‌متری) گردید. این کاهش سدیم شرایط لازم برای بالا بردن جذب پتاسیم را درگلرنگ فراهم نمود و سبب بالا رفتن میزان تجمع آن در برگ‌ها گردید.

بر اساس نتایج به دست آمده در این آزمایش می‌توان بیان کرد که شوری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ رقم زایند رود دارد. با بالا رفتن میزان شوری از شاهد به ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر از اجزای عملکرد دانه کاسته شدند. این کاهش در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه گردید. در بین اجزای عملکرد دانه، شوری بیشترین تأثیر را بر میزان بیوماس تولیدی داشت. استفاده از تیمار آبشویی در این آزمایش تا حدی توانست از تجمع املاح نمک همانند سدیم بخصوص در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری بکاهد. این امر سبب کاهش مقدار SAR و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری گردید. با افزایش میزان شوری از شاهد به ۱۱/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر از مقدار پتاسیم در برگ‌های گلرنگ کاسته و بر میزان سدیم افزوده شد. استفاده از تیمار آبشویی در تمامی سطوح شوری اعمال شده تا حدی توانست از روند کاهشی جذب پتاسیم و افزایشی جذب سدیم در برگ‌ها بکاهد. از اینرو تیمار آبشویی در بالاترین سطح شوری اعمال شده در این آزمایش سبب افزایش مقادیر اجزای عملکرد و عملکرد دانه گلرنگ گردید.

REFERENCES

1. Ame'zketa, E. (1999). Soil aggregate stability: A review. *J Sustain Agr*, 14, 83–151.
2. Ayres, J. E. & Schoneman, R. (1993). Long term use of saline water for irrigation. *J Irrigation Science*, 14, 27-34.
3. Bake, G. J. & Volkmar, K. M. (1995). Mineral composition of flax (*Linum usitassimum* L.) and safflower on a saline soil high in sulfate salts. *Can J Plant Sci*, 75, 399-404.
4. Chen, S., Li, J., Fritz, E., Wang, S. & Huttermann, A. (2002). Sodium and chloride distribution in roots and transport in three poplar genotypes under increasing NaCl stress. *Forest Ecol Manage*, 168,217-230.
5. Demir, M. & Ozturk, A. (2003). Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower. *Turk J*, 27, 224-227.
6. Elias, S. B. & Kaffka, S. R. (2002). Response of safflower to saline soils and irrigation I. Consumptive water use. *Agri Water Manag*, 54, 67-80.
7. Flagella, Z., Giuliani, M. M., Rotunno, T., Di Caterina, R. & De Caro, A. (2004). Effect of saline water on oil yield and quality of a high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid. *Euro J Agron*, 21, 267-272.
8. Hendawey, H. M. (2009). Effect of Salinity on Proteins in Some Wheat Cultivars. *Aust J Basic Applied Sci*, 3(1), 80-88.
9. Ismailov, A. I. (1988). *Irrigation the territory of Aleppo*. Report. Aleppo, 60 p. (In Russian).
10. Kaffka, S. R. & Kearny T. E. (1998). *Safflower in production in California*. Agricultural Natural Research. Publicaton No. 21565. University of California, Oakland, CA.
11. Kaya, C., Higges, D. & Kimak, H. (2001). The effects of high salinity and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Bulg J Plant Physiol*, 27, 47-59.
12. Kolahchi Z. & Jalali M. (2007). Effect of water quality on the leaching of potassium from sandy soil. *J Arid Environ*, 68, 624–639.
13. Kuiper, P. J. (1984). Function of plant cell membrances under saline conditions. Membrance lipid composition and ATPase, R. C, Toenniess. (ed), pp. 77-91. In: *salinity tolerance in plant-strategies for crop improvement staples*. John Wiley and Sons, New York.
14. Mehmet, D. K. & Ahmet, Z. R. (2003). Effects of Different Soil Salinity Levels on Germination and Seedling Growth of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turk J Agric*, 27, 221-7.
15. Mostafazadeh-Fard, B., Heidarpour, M., Aghakhani, A. & Feizi, M. (2008). Effects of leaching on soil desalinization for wheat crop in an arid region. *Plant Soil Envion*, 54, 20–29.
16. Movahhedy-Dehnavy, M., Modarres-Sanavy, S. A. M. & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2009). Foliar application of zinc and managanese improres seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. *Industrial Crops and Products*, 30, 82-92.
17. Oad, F.C., Soomro, A., Oad, N. L., Abro, Z. A., Issani, M. A. & Gandahi, A. W. (2001). Yield and water use efficiency of sunflower crop under moisture depletions and bed shapes in saline soil. *Online J Biological Sci*, 1, 361-362.
18. Raj, M. & Nath, J. (1980). Leaching of salts as modified by soil texture and quality of leaching water. *Trans Isdt Ucds*, 5, 54-59
19. Tedeschi, A. & Dell'Aquila, R. (2005). Effects of irrigation with saline waters, at different concentrations, on soil physical and chemical characteristics. *Agr Water Manage*, 77, 308–322.
20. Weiss, E. A. (1983). *Oilseed crops.* Chapter 6. Safflower. Longman Grou6p Limited, Longman House, London, UK. Pp. 216-281.