

تأثیر شوری آب آبیاری و محلول پاشی کلات و نانو اکسید روی بر عملکرد و شاخص‌های رشدی ارقام جو

مهرداد محلوچی^{۱*}، رئوف سید شریفی^۲، عباس نصیری دهسرخ^۳

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران

۳- دکتری آگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

* مسئول مکاتبه: mmahlooji2000@yahoo.com

DOI: 10.22034/CSRAR.2023.296048.1105

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر شوری آب آبیاری و محلول پاشی کلات و نانو اکسید روی بر عملکرد و برخی شاخص‌های رشد ارقام جو، آزمایشی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش بلوک‌های خرد شده با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت اصفهان انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کیفیت آب آبیاری در سه سطح (آبیاری با شوری حداکثر دو دسی‌زیمنس بر متر تا پایان فصل رشد به‌عنوان شاهد، آبیاری با شوری متوسط بر اساس عرف محل معادل ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و آبیاری با شوری زیاد و معادل ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر)، محلول پاشی کود روی (نانو اکسید روی، کلات روی، مخلوط کلات روی و نانو اکسید روی و عدم محلول پاشی روی) و سه رقم مختلف جو (نیمه حساس به شوری موروکو، نیمه‌متحمل نصرت و متحمل خاتم) بودند. نتایج نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری عملکرد دانه، وزن خشک (DM)، سرعت رشد محصول (CGR)، نسبت سطح برگ (LAR) و سطح ویژه برگ (SLA) کاهش یافتند. کلیه محلول پاشی‌های عنصر روی نسبت به تیمار شاهد (بدون روی) سبب افزایش DM، RGR، CGR و LAR شده و موجب افزایش عملکرد دانه گردید. رقم خاتم به دلیل داشتن DM، RGR، CGR، LAR، SLA و عملکرد دانه بیشتر نسبت به رقم موروکو برتر بود. از بین شاخص‌های مورد مطالعه، SLA با عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r^2=0.97$) را نشان داد. در مجموع، به منظور افزایش شاخص‌های رشدی گیاه و همچنین عملکرد دانه جو در شرایط شوری آب آبیاری، تغذیه برگی با کود روی و استفاده از رقم خاتم قابل توصیه می‌باشد. **واژه‌های کلیدی:** ریزمغذی، سرعت رشد محصول، سطح ویژه برگ، شاخص‌های فیزیولوژیک

مقدمه

خاک به واسطه غلظت زیاد یون‌های کلر و سدیم و بعضاً کلسیم کاهش یافته و منجر به اختلال در تغذیه و بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی گیاه می‌گردد؛ بنابراین نقش تغذیه صحیح در این شرایط بسیار حایز اهمیت بوده تا بتوان ضمن کمک به حفظ تعادل عناصر غذایی زمینه رشد مناسب و افزایش عملکرد گیاه را فراهم نمود (Ahmadi et al., 2006). در شرایطی که pH خاک بالا بوده و جذب مواد غذایی از طریق ریشه امکان‌پذیر نباشد استفاده از روش محلول پاشی و جذب برگی عناصر غذایی در تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه بسیار حایز اهمیت است. از طرف دیگر استفاده از این روش باعث می‌شود که سایر آلودگی‌های زیست‌محیطی و آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی به حداقل رسیده و بدین ترتیب در راستای اهداف کشاورزی پایدار گام برداشت (Soleymani et al.,

جو یکی از مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده غذای دام، در برابر خشکی و شوری متحمل بوده و در اقلیم‌هایی که تابستان خشک و طولانی و زمستان‌های سرد و مرطوب برخوردارند، عملکرد نسبتاً مطلوبی دارد. در شرایط نامناسب به دلیل مقاوم بودن به خشکی، برخورداری از علوفه مرغوب، ساده‌تر بودن کاشت، داشت و برداشت، خوش‌خوراکی، کنترل فرسایش و علف‌های هرز، توقع کمتر به مواد غذایی خاک، دارا بودن مواد قندی و نشاسته‌ای زیاد در مقایسه با سایر گیاهان زراعی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است (Seyed Sharifi and Hokmalipour, 2010).

شوری منابع آب و خاک از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی در ایران است. در شرایط شوری، فراهمی عناصر غذایی در محلول

شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر رشد و عملکرد ماده خشک گیاه ذرت علوفه‌ای انجام شد، مشخص گردید که بیشترین سرعت رشد محصول مربوط به تیمار محلول‌پاشی روی بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین سرعت رشد محصول نیز در تیمار شاهد (آب) دیده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (Soleymani *et al.*, 2011).

مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی مانند نیتروژن و فسفر، بی‌کربناته بودن آب آبیاری، عدم کاربرد کودهای دارای عناصر کم‌مصرف، وجود خاک‌های آهکی با ماده آلی کم و کشت متناوب اراضی سبب تشدید کمبود عناصر کم‌مصرف در خاک‌های زیر کشت غلات کشور گردیده است (Firoozi *et al.*, 2018). کمبود روی را در مواردی که ناشی از محدودیت‌های خاک زیرین، خشکی خاک‌های سطحی و بیماری‌ها باشد نمی‌توان به‌طور کامل و قطعی از طریق مصرف کودهای حاوی روی رفع نمود؛ بنابراین استفاده از ژنوتیپ‌های کارآمد برای جذب عنصر روی می‌تواند راه‌حلی مؤثر و پایدار برای تولید بیشتر محصولات زراعی در شرایط کمبود روی باشد (Sadeghzadeh, 2013). استفاده از ژنوتیپ‌های مقاوم و کارا در جذب و استفاده از روی می‌تواند تکمیل‌کننده کاربرد خاکی و محلول‌پاشی روی در نظر گرفته شود، مخصوصاً زمانی که کشاورزان از کمبود روی در خاک مزرعه خود آگاه نبوده و یا دسترسی به کود روی ندارند. استفاده از ارقام دارای کارایی بالای عنصر روی، می‌تواند با حداقل میزان روی در دسترس علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی باعث افزایش کمی و کیفی محصول گردند (Sadeghzadeh and Rengel, 2011). با توجه به کاهش روزافزون منابع آب شیرین از یک‌سو و بالا رفتن مصارف آب شیرین از سوی دیگر، دسترسی به آب با کیفیت مناسب برای کشاورزی بسیار محدود شده است (Mahlooji *et al.*, 2018). بدیهی است که در چنین شرایطی استفاده از آب‌های با کیفیت نامناسب برای تولید محصولات کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر است؛ بنابراین پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر محلول‌پاشی کلات و نانو روی بر عملکرد و شاخص‌های رشدی سه رقم جو در شرایط شوری آب آبیاری انجام گردید.

2011). امروزه علاوه بر عناصر غذایی پرمصرف، استفاده از عناصر ریزمغذی به‌عنوان ابزار مهم برای حصول حداکثر عملکرد در واحد سطح مورد توجه است (Mosavi *et al.*, 2007).

روی یک ریزمغذی ضروری برای انسان، دام و گیاه است که به‌عنوان بخش فلزی آنزیم‌ها و کوفاکتور تنظیم‌کننده تعداد زیادی از آنزیم‌ها عمل می‌کند. روی برای سنتز کلروفیل ضروری است و نقش مهمی در تولید زیست‌توده گیاهی بازی می‌کند. روی در گرده‌افشانی، باروری و جوانه‌زنی گیاهان نیز نقش مهمی به عهده دارد. کمبود روی به‌عنوان یک مشکل اساسی به‌خصوص در گیاهان رشد کرده در خاک‌های شور با مقادیر بالای pH شناخته می‌شود. ولی بررسی‌های اخیر نشان داده‌اند که کاربرد مقدار کمی از عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی به‌صورت محلول‌پاشی، می‌تواند توانایی تحمل گیاهان را نسبت به تنش شوری متأثر نماید (Narimani and Seyed Sharifi, 2020). ریزمغذی روی در شرایط شوری به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، تجمع پرولین و قندهای محلول، افزایش محتوای کلروفیل نقش اساسی در بهبود رشدی گیاه دارد (Kheirizadeh Arough *et al.*, 2016). استفاده از نانو کودها منجر به افزایش کارایی مصرفی عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود (Peyvandi *et al.*, 2012).

نتایج پژوهشی نشان داد که با افزایش شوری خاک عملکرد، سرعت ظهور برگ و برخی شاخص‌های رشدی جو کاهش یافت و عکس این حالت در تغذیه برگ با نانو اکسید روی به‌دست آمد (Seyed Sharifi *et al.*, 2017). در پژوهش دیگری، محققان دریافتند افزودن روی در شرایط شوری کم تا متوسط می‌تواند از طریق بهبود وضعیت عناصر غذایی در گیاه و کاهش اثرات شوری موجب رشد بیشتر و تا حدودی افزایش عملکرد دانه گندم گردد (Ahmadi *et al.*, 2006). بیشترین عملکرد دانه گندم مربوط به کاربرد توأم سولفات روی و نانو اکسید روی در عدم اعمال شوری و کمترین آن به عدم کاربرد روی در شرایط شوری ۹۰ میلی‌مولار محلول خاک بود (Narimani and Seyed Sharifi, 2020). در پژوهشی که به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر

مواد و روش‌ها

بین ۳/۷ تا ۲۶/۴ درجه سانتی‌گراد در نوسان بود که به ترتیب به ماه‌های دی و خرداد تعلق داشت. بیشترین میزان بارندگی ماهیانه در دی‌ماه ۴۳/۵ میلی‌متر و میانگین بارندگی سالیانه دراز مدت ۹۳/۵ میلی‌متر را نشان می‌دهد. خصوصیات خاک و آب محل اجرای آزمایش در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

آزمایش در منطقه رودشت واقع در ۶۰ کیلومتری شرق اصفهان در محل ایستگاه تحقیقات شوری اجرا گردید. ایستگاه فوق در مختصات جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۵۲۷ متر از سطح دریا واقع شده است. متوسط دمای ماهانه طی دوره رشد

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Soil chemical characteristics at the experimental site (0-30 cm)

EC	pH	نیتروژن کل T.N	کربن آلی O.C	مغذی‌ها						سدیم Available Na	کلسیم+منیزیم Available Ca + Mg
				فسفر قابل جذب Available P	پتاسیم قابل جذب Available K	مس قابل جذب Available Cu	روی قابل جذب Available Zn	منگنز قابل جذب Available Mn	آهن قابل جذب Available Fe		
(dS/m)		(%)		(mg/kg)						(meq/L)	
13	7.7	0.05	0.47	11.8	340	2.38	0.72	6.48	5.54	60	79.1

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب‌های مورد استفاده برای آبیاری

Table 2- Chemical characteristics of water used for irrigation

سطوح شوری Salinity levels (dS/m)	خصوصیات Characteristics						
	EC (dS/m)	pH	سولفات SO ₄ ²⁻	بیکربنات HCO ₃ ⁻	کلرید Cl ⁻	سدیم Na ⁺	کلسیم+منیزیم Ca ²⁺ +Mg ²⁺
			(meq/L)				
2	1.4	7.7	0.8	2.0	1.4	1.5	2.6
10	9.7	8.1	26.9	5.7	60	47.8	44
18	17.8	7.6	54.9	6.4	111	99.3	72

حداقل (آب آبیاری حداکثر تا دو دسی‌زیمنس بر متر تا پایان فصل رشد به‌عنوان شاهد و تأمین از آب رودخانه)، متوسط (آب آبیاری معادل ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و تأمین از تلفیق آب چاه ایستگاه آب و زهکش)، زیاد (معادل ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر و تأمین از آب زهکش) بود. عامل محلول‌پاشی کود روی به‌صورت افقی و شامل مصرف نانو اکسید روی (۱۰۰ گرم در هکتار Nano Zinc Oxide)، کلات روی (یک کیلوگرم در هکتار Zn-EDTA)، مخلوط کلات روی و نانو اکسید روی (EDTA+Nano ZnO) و عدم محلول‌پاشی روی (مصرف آب) به‌عنوان شاهد بود. سه رقم جو (نیمه‌حساس موروکو، نیمه‌متحمل نصرت و متحمل به شوری خاتم) به‌صورت عمودی در داخل کرت‌های اصلی خرد شدند. کلات روی، تولید شرکت

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش بلوک‌های خرد شده با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت اصفهان انجام شد. فاکتورها شامل کیفیت آب آبیاری در سه سطح: کم (شاهد با شوری دو دسی‌زیمنس بر متر)، متوسط (عرف محل و معادل ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) زیاد (۱۸ دسی‌زیمنس بر متر)، محلول‌پاشی کود روی (نانو اکسید روی، کلات روی، مخلوط و عدم محلول‌پاشی) و ارقام جو (نیمه‌حساس موروکو، نیمه‌متحمل نصرت و متحمل خاتم به شوری) بودند. کاشت توسط ردیف‌کار مخصوص کاشت غلات در کرت‌هایی شامل شش ردیف چهار متری با فواصل بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع در آبان‌ماه انجام شد. عامل اصلی (عمودی) نوار شامل کیفیت آب آبیاری در سه سطح:

در رابطه ۳:

- H: شاخص حرارتی (میزان درجه روز رشد تجمعی پس از کاشت) و همان GDD درجه روز رشد (در طی دوره رشد حدوداً در هر روز، گیاه ۱۰ واحد گرمایی بطور متوسط دریافت می‌کند به همین دلیل از معیار ۱۰ واحد گرمایی در رسم نمودار استفاده شده است)

- n: تعداد روزهای رشد

- T_{max}: حداکثر روزانه درجه حرارت هوا با حد بالایی ۳۰

درجه سانتی‌گراد

- T_{min}: حداقل روزانه درجه حرارت هوا با حد پایینی صفر

درجه سانتی‌گراد

- T_b: دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد

(Karimi and Siddique, 1991; Karimi, 1990).

در محاسبه درجه روز رشد دماهای بالاتر از تحمل فیزیولوژیکی گیاه و دماهای پایین‌تر از درجه حرارت پایه گیاه، مورد استفاده قرار نگرفت (Thomason *et al.*, 2004). عملکرد دانه از برداشت خط پنجم کشت و پس از حذف حاشیه در مرحله رسیدگی دانه بدست آمد. کلبه محاسبات آماری مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها بوسیله آزمون دانکن در سطح پنج درصد انجام گردید. معادلات برآورد ماده خشک تولیدی با استفاده از روش رگرسیون بین وزن خشک و H (درجه‌روزرشد) اندازه‌گیری شد. سرعت رشد نسبی محصول نیز با استفاده از فرمول (مشتق معادله TDW) محاسبه و سرعت رشد محصول نیز از حاصل ضرب مقدار ماده خشک در سرعت رشد نسبی (CGR = TDM * RGR) محاسبه گردید، ترسیم شاخص‌های رشد به وسیله نرم‌افزار EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

کل ماده خشک (TDM)

شکل ۱a نشان می‌دهد که تجمع ماده خشک تا حدود ۷۰۰ درجه روز رشد پس از کاشت بطئی بوده و سپس بسته به کیفیت آب آبیاری در شوری حداقل، متوسط و حداکثر به ترتیب تا حدود ۱۴۷۰، ۱۳۸۰ و ۱۳۰۰ درجه روز، رشد سریعی داشته و پس از آن رشد مجدداً کند شد. شکل ۱b نشان می‌دهد که

تریدکوپ اسپانیا و دارای ۱۴ درصد عنصر روی بود. نانوآکسید روی، تولید شرکت نوترینو چین با خلوص ۹۹ درصد و متوسط قطر ذرات کمتر از ۳۰ نانومتر و سطح ویژه مخصوص بیش از ۳۰ مترمربع بر گرم استفاده شد. بر اساس توصیه آزمایشگاهی، کود سرک نیتروژنه به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سه نوبت مصرف و مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ با علف‌کش توفوردی انجام شد. آبیاری به صورت کرتی پس از تلفیق آب چاه و زهکش و رسیدن به هدایت الکتریکی مورد نظر انجام شد.

جهت بررسی روند تغییر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، از مرحله ساقه رفتن (۹۱ روز پس از کاشت) هر هفت روز یک‌بار از خطوط اصلی هر کرت، با رعایت اثر حاشیه‌ای از سطحی معادل ۰/۰۴ متر مربع برداشت صورت گرفت. برای تعیین وزن خشک نمونه‌ها، ساقه و برگ به تفکیک در آون با دمای ۵ ± ۷۰ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۷۲ ساعت یا بیشتر (تا زمان ثابت شدن وزن آن‌ها) قرار گرفته و سپس توزین شدند. از این داده‌ها برای محاسبه بیوماس کل، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی استفاده گردیدند. در انجام محاسبات مربوطه بر اساس تجزیه رگرسیونی مشخص شد که تغییرات وزن خشک گیاه از چه معادله‌ای تبعیت می‌کند و به منظور کاهش هرچه بیشتر وابستگی واریانس‌ها به میانگین‌ها، با تبدیل آن به لگاریتم نپین، روابط ۱ و ۲ مورد استفاده قرار گرفت (Mahlooji and Afiuni, 2005; Karimi and Siddique, 1991).

$$TDM^1 = e^{at/2+bt+ct^2} \quad (1)$$

$$LAI^2 = at/2+bt+ct^2 \quad (2)$$

در روابط فوق a، b، c ضرایب رگرسیونی، t درجه روز رشد، TDM ماده خشک کل و LAI شاخص سطح برگ می‌باشد. درجه حرارت روز رشد در هر مرحله نمونه‌برداری با توجه به آمارهای هواشناسی کشاورزی ایستگاه آمبروترمیک رودشت اصفهان، دماهای پایه و حداکثر و حداقل گیاه با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید.

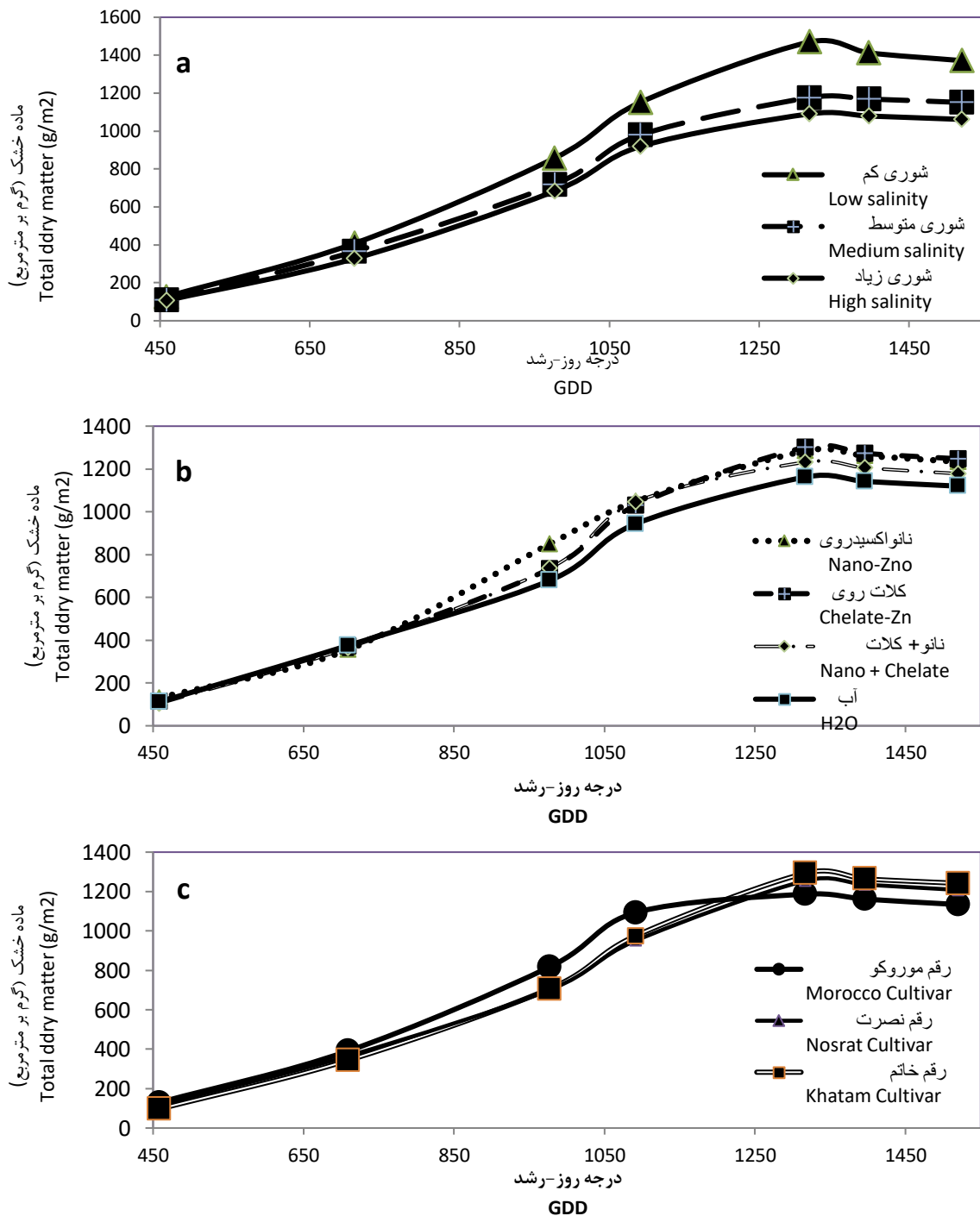
$$H = GDD = \sum n [(T_{max} + T_{min}) / 2] - T_b \quad (3)$$

² LAI: Leaf Area Index

¹ TDM: Total Dry Matter

شوری)، نصرت (نیمه‌متحمل به شوری) و رقم خاتم متحمل به شوری به ترتیب حداکثر تا حدود ۱۲۶۷، ۱۴۷۲ و ۱۴۸۷ درجه روز رشد پس از کاشت، رشد سریعی داشته و پس از آن رشد مجدداً کند شد. حداکثر عملکرد ماده خشک در حداقل شوری آب آبیاری، محلول پاشی نانو روی و رقم خاتم بدست آمد.

تجمع ماده خشک در نانو روی، کلات روی، مخلوط نانو و کلات روی و نهایتاً تیمار شاهد به ترتیب حداکثر تا حدود ۱۵۰۷، ۱۴۳۸، ۱۳۸۴ و ۱۳۰۶ درجه روز رشد پس از کاشت، رشد سریع داشت و سپس از میزان رشد کاسته شد. شکل ۱c نشان می‌دهد که تجمع ماده خشک در ارقام موروکو (نیمه‌حساس به



شکل ۱- تغییرات تجمع کل ماده خشک (TDM) در کیفیت‌های مختلف آب آبیاری (a)، کود روی (b) و ژنوتیپ‌های جو (c)

Figure 1- Changes of accumulation of total dry matter (TDM) per quality of water irrigation (a), zinc fertilizer (b) and barley genotypes (c).

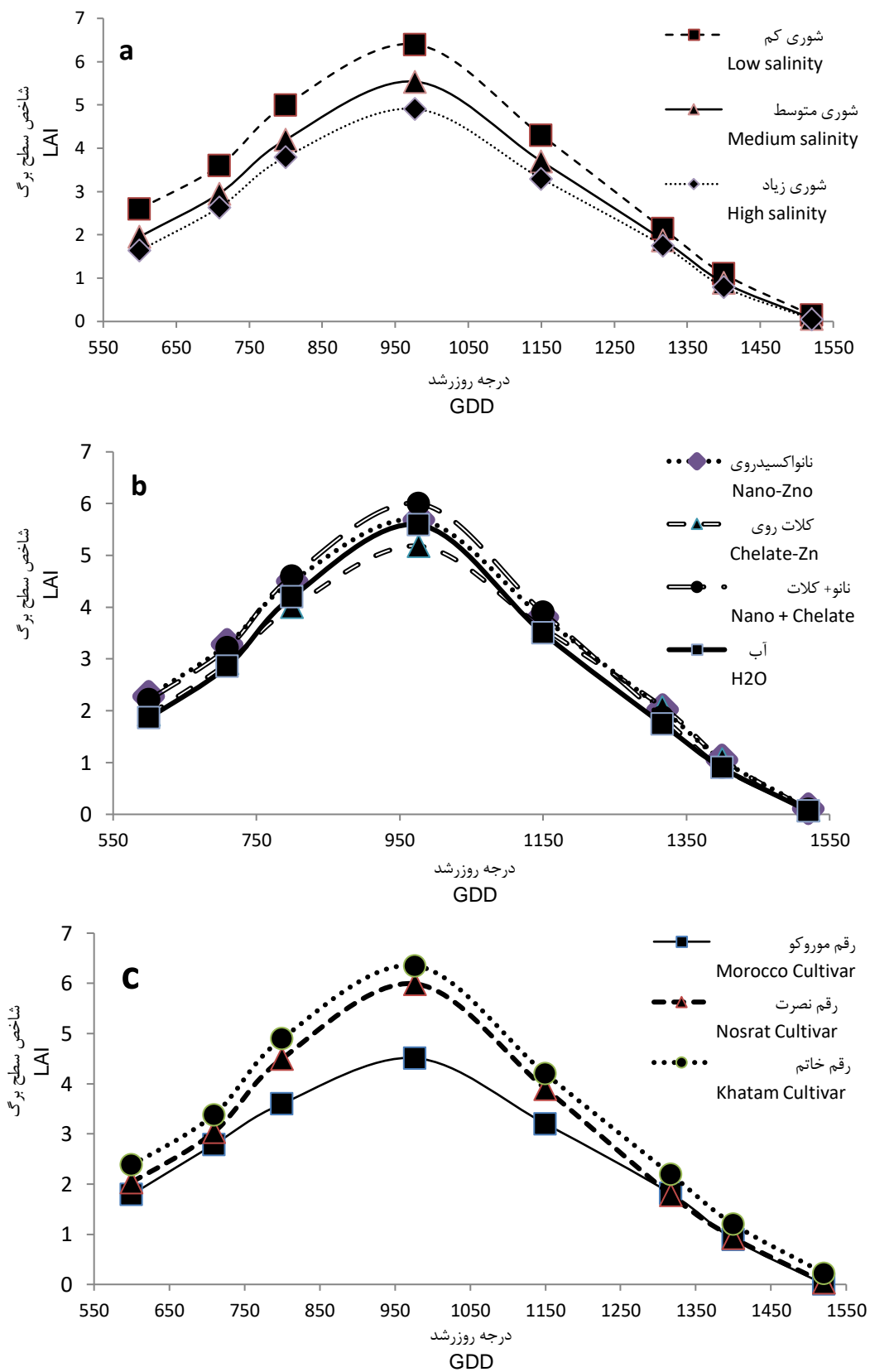
است که آن برگ‌ها اشغال می‌کنند (Piri *et al.*, 2018). در تیمارهای مختلف تا حدود ۱۰۰۰ درجه روز رشد، سطح برگ سریع زیاد می‌گردد و پس از آن سطح برگ مجدداً کاهش داشته است. حداکثر سطح برگ در حداقل شوری آب آبیاری، محلول‌پاشی نانو روی و مخلوط کودی روی و رقم خاتم می‌باشد (شکل‌های ۲a، ۲b و ۲c). حداقل سطح برگ در حداکثر شوری آب آبیاری، تیمار کودی بدون عنصر روی (شاهد) و رقم نیمه‌حساس به شوری موروکو بود که منطبق با نتایج TDM می‌باشد. علت کاهش سطح برگ در انتهای فصل رشد، افزایش درجه حرارت هوا (بیش از ۳۰ درجه‌سانتی‌گراد)، پیری و زوال برگ، ترشح هورمون، ریزش برگ‌ها و در نهایت کم شدن وزن خشک اندام‌های هوایی است. در پژوهشی که با هدف ارزیابی سطوح شوری آب آبیاری بر سه رقم جو انجام شد، بررسی شاخص سطح برگ نشان داد که در هر سه رقم روند تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به زمان از یک معادله درجه دو تبعیت می‌کند بدین‌صورت که ابتدا پس از یک سیر صعودی و رسیدن به حداکثر، مجدداً سیر نزولی می‌یابد (Seyed Sharifi and Nazarli, 2016).

هر گونه شرایط نامساعد محیطی مانند عدم تأمین آب مطلوب مورد نیاز برای گیاه باعث کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش جذب نور می‌شود که بدنبال این موضوع کاهش فتوسنتز و سرعت رشد محصول سبب خارج شدن جامعه گیاهی از تراکم مطلوب شده و در نهایت سبب کاهش عملکرد می‌گردد (Shariatmadari *et al.*, 2011). نتایج پژوهشی نشان داد بین سطوح مختلف آب آبیاری تفاوت‌هایی وجود داشت به‌طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ جو به آبیاری با آب معمولی و کمترین آن به بالاترین سطح از شوری آب آبیاری تعلق داشت (SeyedSharifi and Nazarli, 2016). در پژوهشی که روی ذرت شیرین انجام شد، محققان دریافتند با محلول‌پاشی کود روی و افزایش میزان کلروفیل فتوسنتز گیاه افزایش یافت و علاوه بر آن با تولید هورمون اکسین و به‌دنبال آن طولی شدن سلول‌ها سطح برگ افزایش یافت (Mohammadi Limaiei *et al.*, 2019).

حداقل عملکرد ماده خشک در حداکثر شوری آب آبیاری، تیمار کودی بدون عنصر روی شاهد و رقم نیمه‌حساس به شوری موروکو بود. علت این کاهش ماده خشک، ریزش برگ‌ها در پایان فصل رشد بوده که باعث کم شدن وزن خشک اندام‌های هوایی گردید. شدت ریزش برگ‌ها و در نتیجه کاهش وزن خشک لندام‌های هوایی در تیمارهای مختلف، متفاوت بود. در پژوهشی که به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت شیرین انجام شد، محققان دریافتند در کلیه تیمارها سرعت تجمع ماده خشک در ۵۵ روز پس از کشت پایین بود ولی با گذشت زمان و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها بر اثر گسترش پوشش گیاهی و افزایش سطح برگ، میزان فتوسنتز پوشش گیاهی افزایش یافت و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفت (Mohammadi Limaiei *et al.*, 2019). نتایج پژوهش دیگری نشان داد در حالت عدم اعمال شوری و تغذیه برگ‌ها با نانو اکسید روی، میزان تجمع ماده خشک جو نسبت به حالت اعمال شوری و عدم تغذیه برگ‌ها روند افزایشی نشان داد (Seyed Sharifi *et al.*, 2017). اعمال تنش شوری به‌دلیل کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه، عامل اصلی کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌باشد و به‌تدریج با افزایش تجمع املاح در اندام‌های گیاهی خسارت ناشی از سمیت یون‌ها نیز افزایش یافته و در نهایت موجب کاهش رشد می‌گردد (Kafi *et al.*, 2011). تجمع ماده خشک در حقیقت تبدیل نور به زیست‌توده طی فرآیند فتوسنتز می‌باشد که خود در ارتباط با سطح فتوسنتزکننده و به‌تبع آن جذب نور فعال فتوسنتزی است. از سوی دیگر، کاهش محتوی کلروفیل‌ها و کارتنوئید برگ‌ها تحت تنش شوری، کلروز برگ و ریزش و در نهایت کاهش سطح فتوسنتزکننده از اثرات معمول شوری عنوان شده است (Parida and Dass, 2005). به‌نظر می‌رسد سرعت افزایش و تجمع ماده خشک بالاتر در آبیاری با آب معمولی به‌دلیل بالا بودن سطح فتوسنتزکننده و به‌تبع آن جذب نور فعال فتوسنتزی بوده است (Ghanbari *et al.*, 2015).

شاخص سطح برگ (LAI)

شاخص سطح برگ بیان‌کننده نسبت سطح برگ به زمینی



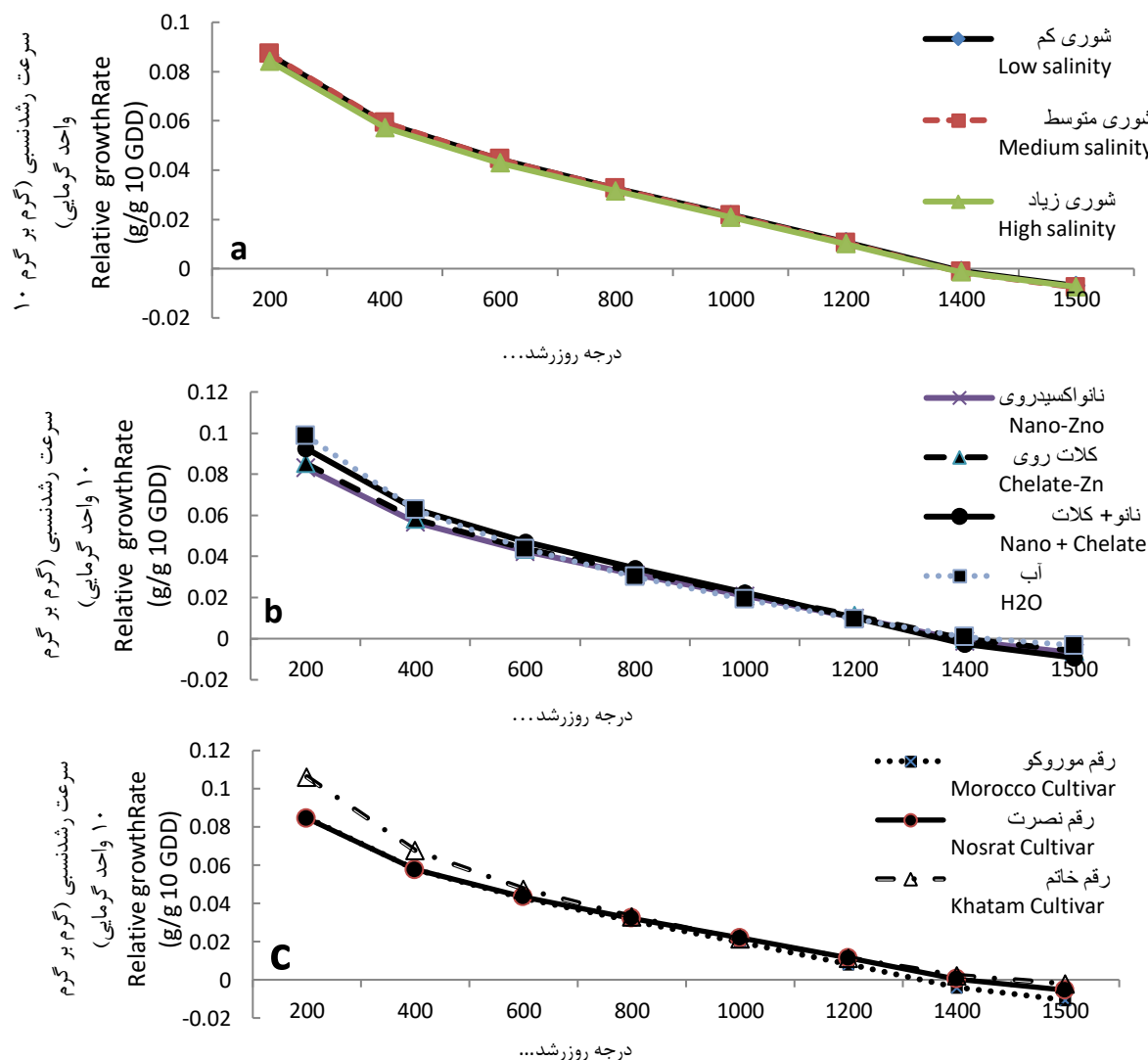
شکل ۲ - تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در کیفیت‌های مختلف آب آبیاری (a)، کودهای روی (b) و ژنوتیپ‌های جو (c)

Figure 2- Changes leaf area index (LAI) per quality of water irrigation (a), zinc fertilizer (b) and barley genotypes (c)

سرعت رشد نسبی (RGR)

زمان به سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پائینی با گذشت زمان نسبت داده شده است. در پژوهشی که روی جو انجام شد، بررسی روند تغییر سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف شوری و تغذیه برگ با نانو اکسید روی نشان داد که RGR با افزایش سن گیاه به‌طور مداوم کاهش یافته و در انتهای فصل به کمترین میزان خود می‌رسد. به‌نظر می‌رسد که گذشت زمان کاهش RGR به‌دلیل افزوده شدن بافت‌های ساختاری گیاه باشد که جزء بافت‌های فعال متابولیکی نبوده چنین بافت‌هایی سهمی در میزان رشد ندارند. علاوه بر این، در سایه قرار گرفتن و افزایش سن برگ‌های تحتانی گیاه نیز دلیل دیگری بر کاهش سرعت رشد نسبی با گذشت زمان است (Seyed Sharifi *et al.*, 2017).

سرعت رشد نسبی به تجمع ماده خشک در واحد زمان و واحد وزن خشک گیاه گویند. در این مطالعه، میزان رشد نسبی به‌صورت گرم بر گرم بر ۱۰ درجه روز رشد اطلاق شده است (Karimi and Azizi, 1998). شکل ۳a نشان می‌دهد که RGR در تیمارهای مختلف، حداکثر در ابتدای فصل رشد است. متوسط RGR در طول دوره رشد، در کیفیت‌های مختلف آب ۲،۱۰ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب حدود ۰/۰۳۶۶۹، ۰/۰۳۶۷۴ و ۰/۰۳۶۷۷ گرم بر گرم در ۱۰ واحد گرمایی بوده، ولی در مرحله سنبله‌دهی حدود ۰/۰۲۱ گرم بر گرم در ۱۰ واحد گرمایی بود. میزان رشد نسبی نسبت به زمان کاهش یافته و در پایان فصل رشد منفی است. علت کاهش RGR نسبت به



شکل ۳- تغییرات سرعت رشد نسبی در کیفیت‌های مختلف آب آبیاری (a)، کود روی (b) و ژنوتیپ‌های جو (c)

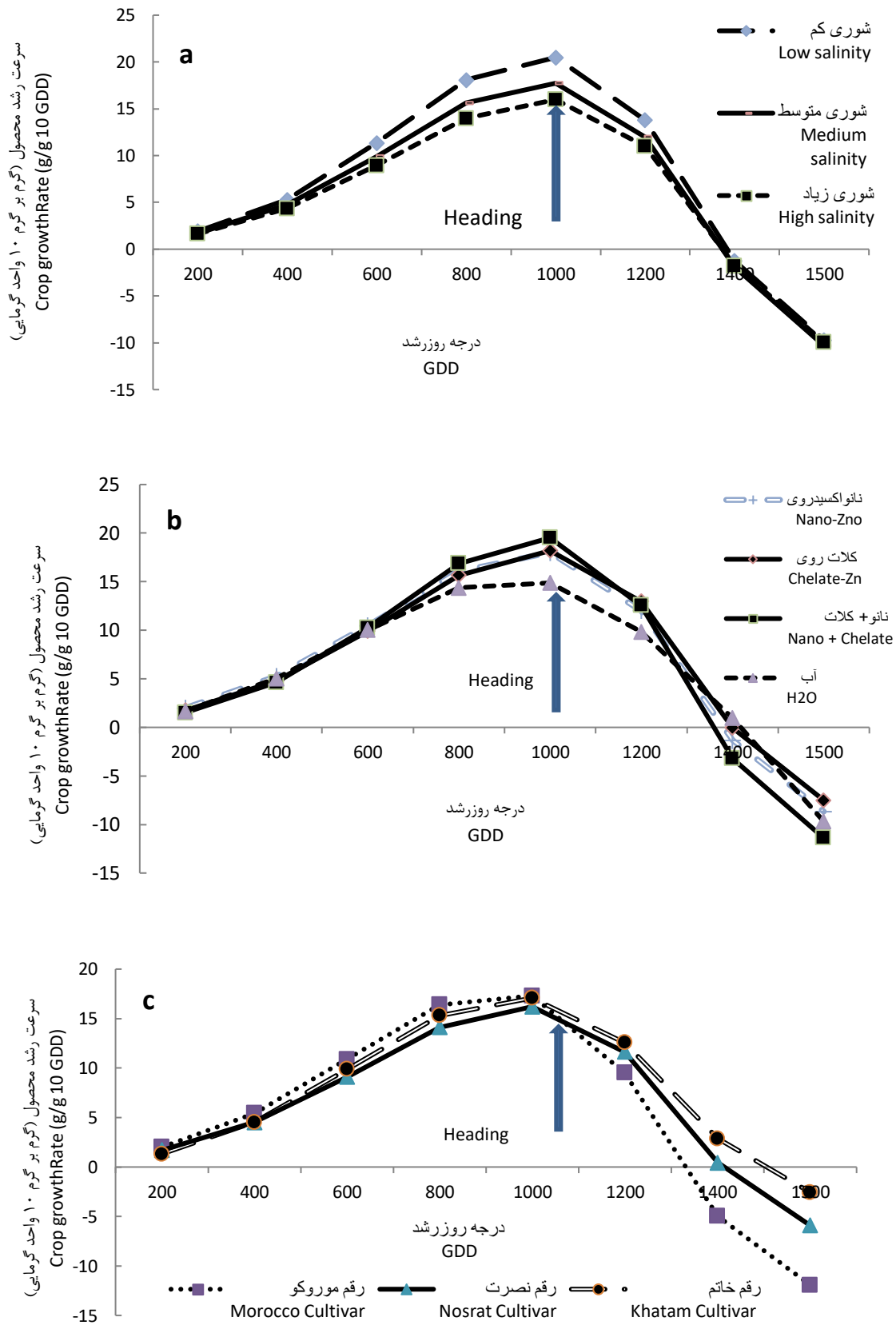
Figure 3- Changes of relative growth rate per quality of water irrigation (a), zinc fertilizer (b) and barley genotypes (c)

کمتر بود. طی شروع و افزایش تنش شوری، فرآیندهای اصلی گیاه مانند فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها، متابولیسم چربی و انرژی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و مجموع این عوامل باعث کاهش رشد و تولید ماده خشک می‌گردد (Ghanbari et al., 2015).

سرعت رشد محصول (CGR)

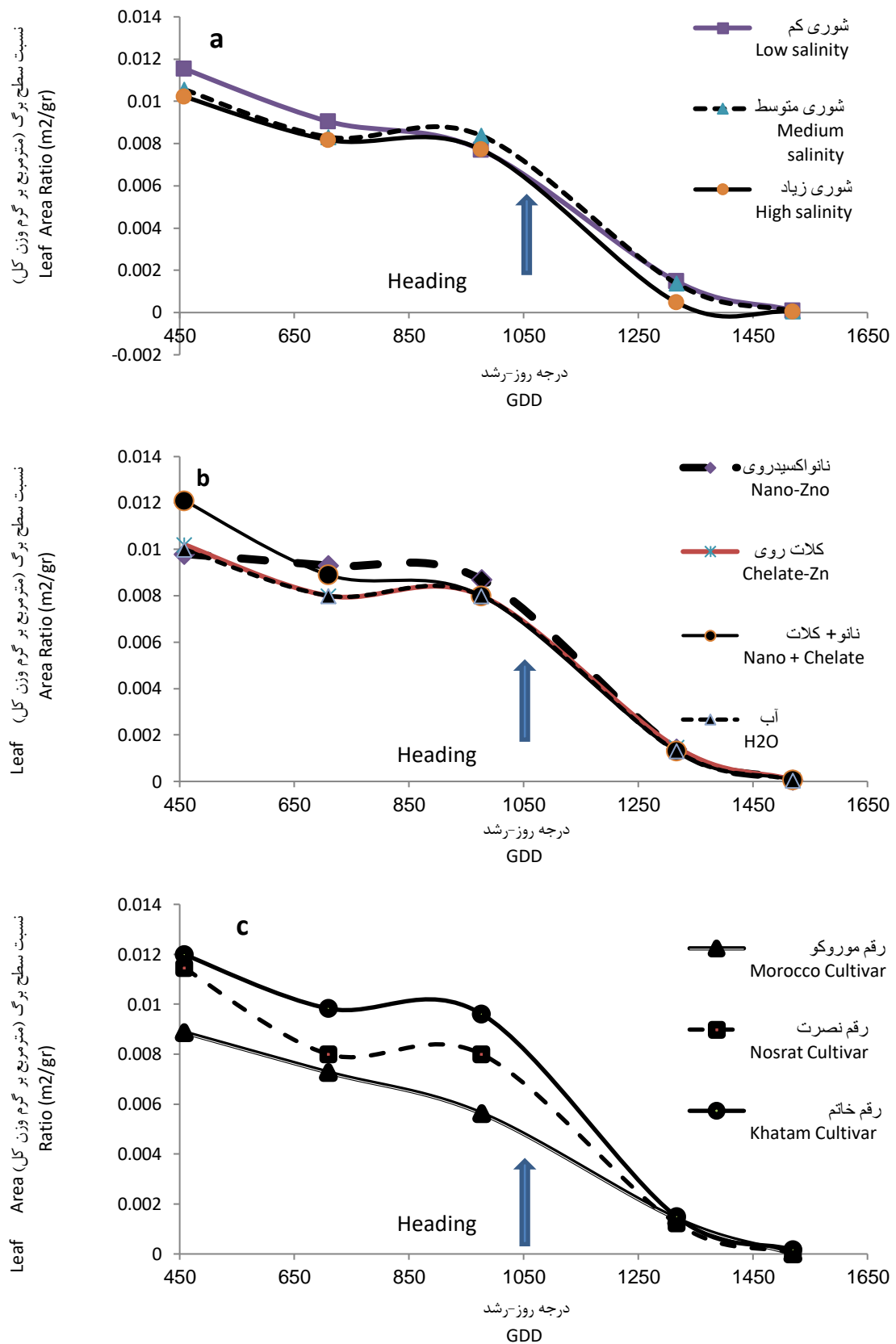
سرعت رشد محصول میزان تجمع ماده خشک در طی زمان در واحد سطح زمین را نشان می‌دهد (Ghanbari et al., 2015). در این مطالعه سرعت رشد محصول برحسب میزان تجمع ماده خشک (گرم) در واحد سطح مزرعه (مترمربع) و در ۱۰ درجه روز رشد محاسبه گردید. شکل‌های ۴ روند تغییرات CGR را در طول فصل رشد نشان می‌دهند. در کیفیت‌های مختلف آب آبیاری ۲، ۱۰ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر، میزان سرعت رشد محصول در مرحله سنبله‌دهی، به ترتیب ۱۹/۶، ۱۷/۹ و ۱۷/۱ گرم بر متر مربع در ۱۰ درجه روز رشد بود. متوسط سرعت رشد محصول در طول دوره رشد، در کیفیت‌های فوق به ترتیب ۹/۹۲، ۹/۶۳ و ۹/۶ گرم بر متر مربع در ۱۰ درجه روز رشد بود. تنش شوری سبب کاهش CGR در مرحله سنبله‌دهی و متوسط کل دوره رشد گردید (شکل ۴a). به نظر می‌رسد افزایش شوری و تجمع یون‌ها به ویژه سدیم می‌تواند منجر به کاهش میزان محتوای نسبی آب سلول شده، سطح برگ و فتوسنتز کاهش یافته و سرعت رشد محصول با افت مواجه شود. در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد مقدار CGR زیره سبزی از ۷/۶۵ گرم در مترمربع در روز در تیمار آبیاری با آب غیر شور به ۵/۸۹ گرم در مترمربع در روز در تیمار آبیاری با آب شور رسید (Kafi and Keshmiri, 2016). زمانی که سرعت رشد محصول به مرز صفر می‌رسد بدین معناست که وزن خشک کل گیاه ثابت شد و با منفی شدن سرعت رشد محصول وزن خشک گیاه به علت ریزش خفیف برگ‌ها کاهش یافته است و با افزایش غلظت نمک آثار سوء شوری سبب می‌شود گیاه جهت فرار از اثرات سوء شوری، دوره رشد خود را با دریافت درجه روز رشد کمتری به اتمام برساند و این کاهش طول دوره رشد باعث کاهش ماده خشک تولیدی گیاه و در نهایت عملکرد کمتر آن می‌شود (Rahimi, 2012).

متوسط RGR در تیمار بدون مصرف کود روی ۰/۳۵۹ و در سه تیمار حاوی کود روی ۰/۳۷ گرم بر گرم در ۱۰ واحد گرمایی بود. متوسط سرعت نسبی رشد در طول دوره رشد در ارقام موروکو نیمه حساس به شوری، نصرت نیمه متحمل به شوری و خاتم متحمل به شوری به ترتیب ۰/۳۵۴۶، ۰/۳۶۶۶ و ۰/۳۸۴۱ گرم بر گرم در ۱۰ واحد گرمایی بود. میزان رشد نسبی در سنبله‌دهی رقم موروکو نیمه حساس به شوری، نیمه متحمل به شوری و خاتم متحمل به شوری به ترتیب ۰/۱۹، ۰/۲۲ و ۰/۲۴ گرم بر گرم در ۱۰ واحد گرمایی بود. رقم نیمه متحمل و متحمل به شوری نسبت به رقم نیمه حساس به شوری، RGR کمتری در ابتدای فصل رشد داشت ولی با گذشت زمان، رقم متحمل تر، سرعت رشد نسبی بیشتری بود (شکل ۳b). در پایان فصل رشد RGR رقم موروکو با دریافت حدود ۱۳۵۰ واحد گرمایی و زودتر از سایر ارقام صفر گردید و این روند در دو رقم متحمل تر به شوری حدود ۱۴۵۰ واحد گرمایی بدست آمد (شکل ۳c)، ولی با روند تغییرات RGR سایر ارقام تشابه نزدیکی داشت. در کل طول دوره رشدی، نتایج نشان داد که با مصرف کود روی، کیفیت مناسب تر آب آبیاری و رقم متحمل تر به شوری، می‌توان سرعت نسبی رشد را افزایش داد. در همین راستا، محققین دریافتند در تیمارهایی که از کودهای عناصر کم مصرف استفاده شد، کاهش سرعت رشد نسبی با ثبات بیشتری نسبت به شاهد صورت گرفت که به دلیل فعال بودن بیشتر اندام‌های هوایی بخصوص برگ‌های پائینی می‌باشد و در مرحله خمیری در تیمارهایی که از سولفات روی استفاده شده است دارای سرعت رشد نسبی بیشتری نسبت به بقیه تیمارها می‌باشد (Sajedi and Ardakani, 2008). بیشترین سرعت رشد نسبی به میزان ۰/۲۰۹ گرم بر مترمربع در روز به تیمار مصرف سولفات روی مربوط بود. کمترین مقدار آن برابر ۰/۱۵۵ گرم بر مترمربع در روز به تیمار شاهد مربوط بود (Farahvash et al., 2015). در پژوهش دیگری، بیشترین سرعت رشد نسبی جو به ترکیب تیماری عدم اعمال شوری × تغذیه برگی با ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی و کمترین آن به شوری ۷۵ میلی مولار × عدم تغذیه برگی تعلق داشت (Seyed Sharifi et al., 2017). محققین اظهار داشتند سرعت رشد نسبی زیره سبزی در تیمار آبیاری با آب شور



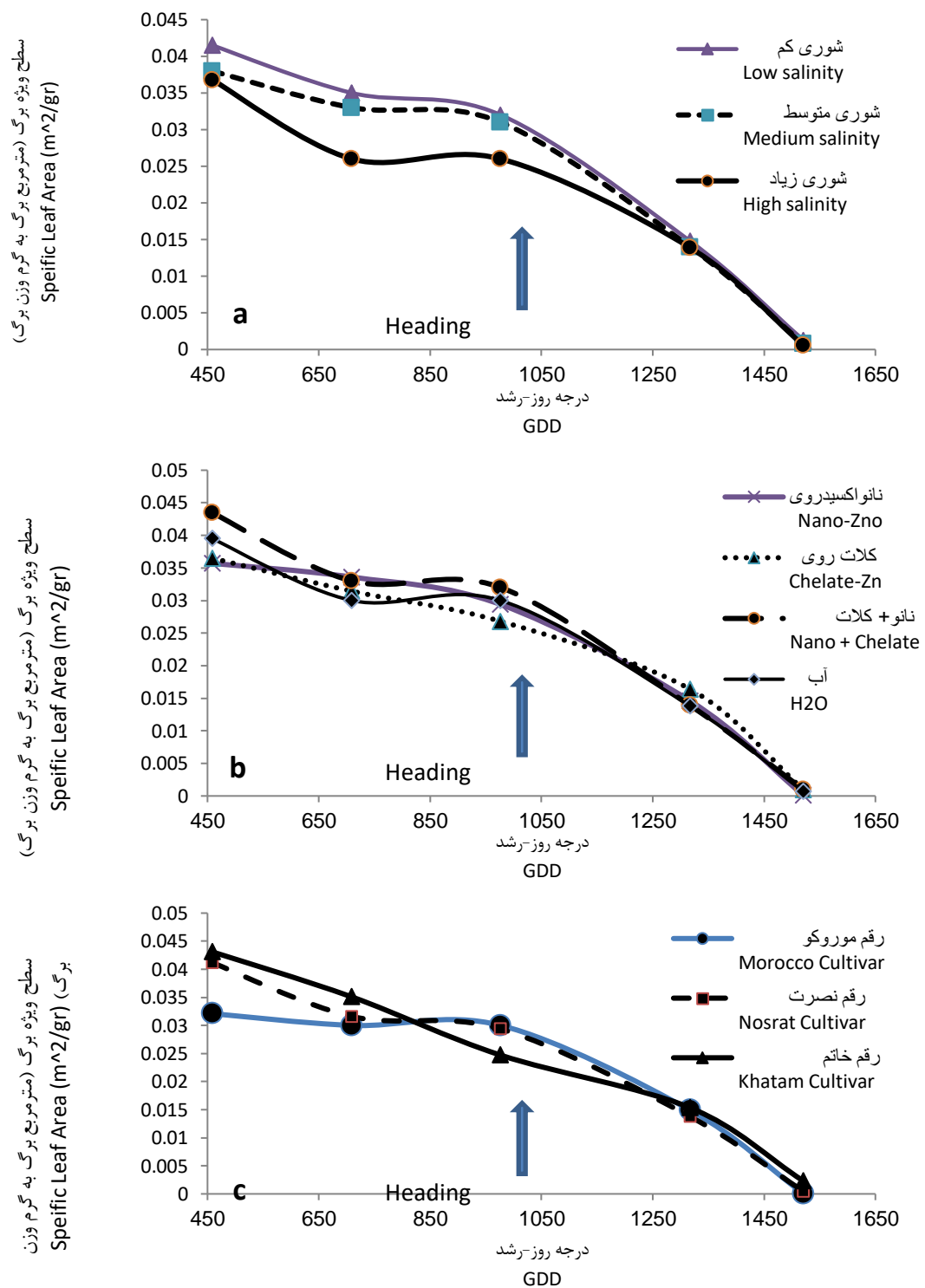
شکل ۴- تغییرات سرعت رشد محصول در کیفیت های مختلف آب آبیاری (a)، کود روی (b) و ژنوتیپ های جو (c)

Figure 4- Changes of crop growth rate per quality of water irrigation (a), zinc fertilizer (b) and barley genotypes (c)



شکل ۵- تغییرات نسبت سطح برگ در کیفیت‌های مختلف آب آبیاری (a)، کود روی (b) و ژنوتیپ‌های جو (c)

Figure 5- Changes of leaf area ratio per quality of water irrigation (a), zinc fertilizer (b) and barley genotypes (c)



شکل ۶- تغییرات سطح ویژه برگ در کیفیت های مختلف آب آبیاری (a)، کود روی (b) و ژنوتیپ های جو (c)

Figure 6- Changes of specific leaf area per quality of water irrigation (a), zinc fertilizer (b) and barley genotypes

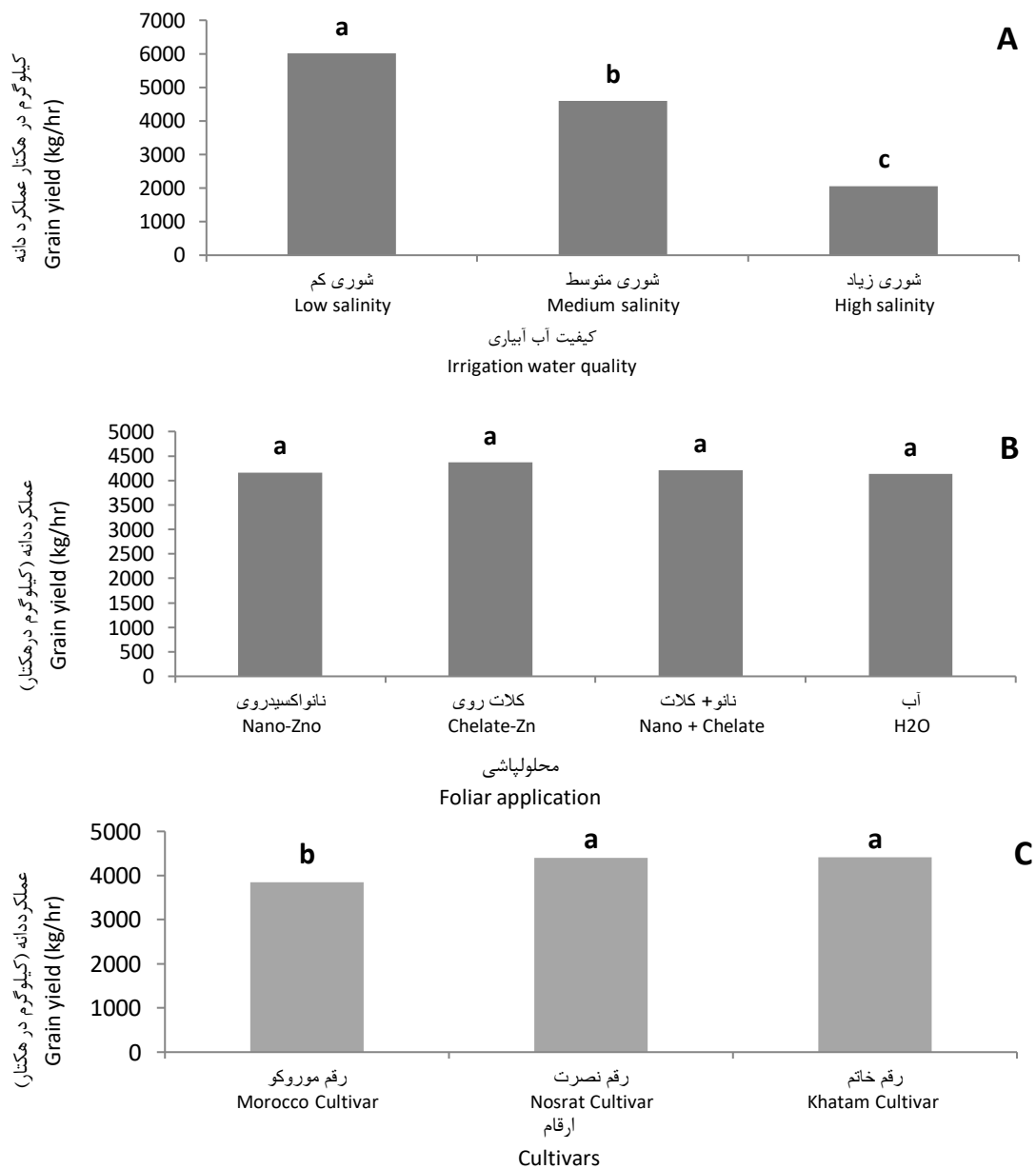
بیشترین عملکرد دانه جو در تغذیه برگگی ۰/۷۵ گرم در لیتر × عدم اعمال شوری و کمترین آن در حالت عدم تغذیه برگگی در بالاترین سطح از شوری برآورد گردید (Seyed Sharifi *et al.*, 2017). عملکرد دانه از ۳۸۴۳ تا ۴۴۰۷ کیلوگرم در هکتار در

عملکرد دانه

عملکرد دانه در کیفیت حداکثر شوری آب آبیاری (۱۸ دسی‌زیمنس بر متر) و حداقل شوری (دو دسی‌زیمنس بر متر) از ۲۰۵۴ تا ۶۰۰۶ کیلوگرم در هکتار متفاوت بود (شکل ۷a).

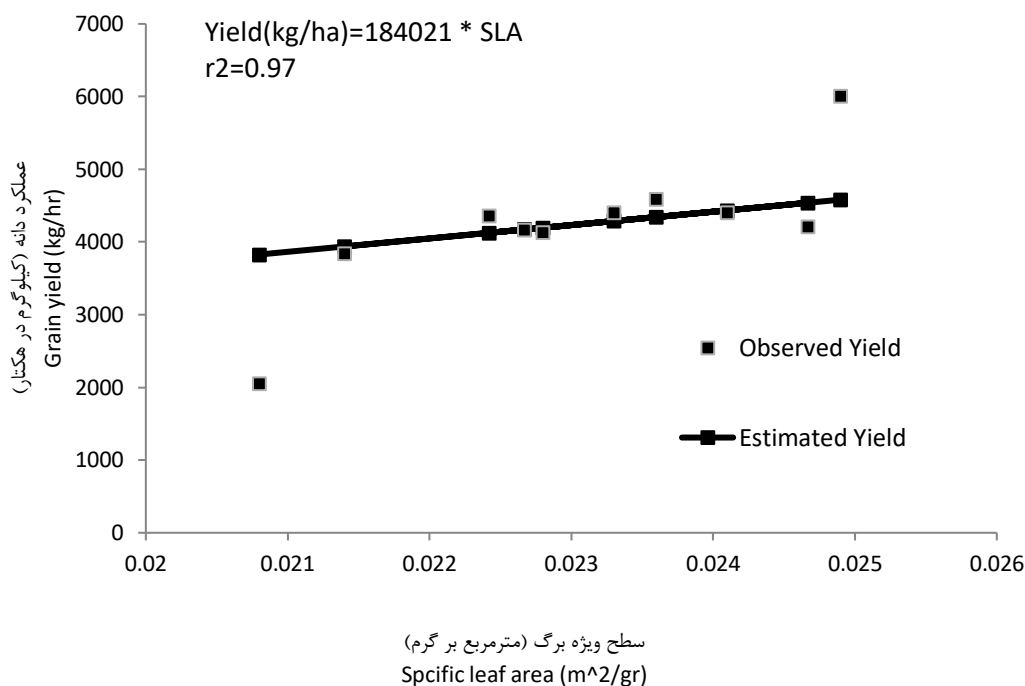
پتانسیل بیشتری در استفاده از تشعشع خورشیدی را دارند و بخش بیشتری از نور دریافتی را برای تأمین اسیمیلات‌های لازم برای پرکردن دانه استفاده می‌کنند. از بین شاخص‌های مورد مطالعه، شاخص سطح ویژه برگ با عملکرد دانه، همبستگی مثبت معنی‌دار بالایی ($r^2=0.97$) را نشان داد (شکل ۸). با توجه به نتایج بدست آمده و همبستگی بالای بین شاخص سطح ویژه برگ و عملکرد دانه احتمالاً از این شاخص بتوان در مطالعات تنش شوری استفاده نمود و آن را توصیه نمود.

رقم نیمه‌حساس به شوری موروکو و رقم خاتم متحمل به شوری متفاوت بود (شکل ۷c). در پژوهشی محققان (Narimani and Seyed Sharifi, 2020) گزارش نمودند عنصر روی می‌تواند، از طریق کنترل کلنل‌های عبور یون کلر و جلوگیری از جذب آن، موجب افزایش جذب یون نیترات شده و با کمترین آسیب به غشای پلاسمایی، موجب کاهش خسارت‌های ناشی از تنش شوری و افزایش عملکرد شود. به نظر می‌رسد ارقامی که در اثر تنش‌های محیطی، سرعت زوال برگ در آن‌ها کمتر است



شکل ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه در کیفیت‌های مختلف آب آبیاری (A)، کودهای روی (B) و ژنوتیپ‌های جو (C)

Figure 7- Comparison of mean grain yield per quality of water irrigation (A), zinc fertilizer (B) and barley genotypes (C)



شکل ۸- رابطه میانگین های عملکرد دانه و سطح ویژه برگ

Figure 8- Relationship between rain yield and specific leaf area

دیگر ارقام، متحمل به شوری بود. به نظر می‌رسد که در شرایط شوری آب آبیاری، جذب عنصر روی از خاک توسط ریشه گیاه دچار اختلال شده، بنابراین گیاه نسبت به محلول پاشی عنصر روی، واکنش مثبت و مناسبی نشان داده که این امر در نهایت افزایش رشد و عملکرد گیاه را به همراه داشته است. در مجموع به نظر می‌رسد که به منظور افزایش شاخص‌های رشدی و همچنین عملکرد دانه جو در شرایط شوری آب آبیاری، تغذیه برگی با کود روی و استفاده از رقم خاتم قابل توصیه باشد.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری عملکرد دانه، وزن خشک کل، سرعت رشد محصول، نسبت سطح برگ و سطح ویژه برگ، کاهش یافت. محلول پاشی عنصر روی نسبت به بدون محلول پاشی (شاهد) موجب افزایش وزن خشک، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد محصول و نسبت سطح برگ شد و عملکرد دانه گردید. رقم خاتم، به دلیل داشتن وزن خشک، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد محصول و نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ و عملکرد دانه بیشتر نسبت به

References

- Ahmadi, M., Astaraee, A., Keshavarz, P. and Nasiri Mahalati, M., 2006. Effect of irrigation water salinity and zinc application on yield and chemical compositions of wheat. *Desert*, 11(1), pp.129-141. [In Persian].
- Alarcon, J.J., Sanchez-Blanco, M.J., Bolarin, M.C. and Torrecillas, A., 1994. Growth and osmotic adjustment of two tomato cultivars during and after saline stress. *Plant and Soil*, 166, pp.75-82.
- Alipour Telokolai, Z., Gerami, M., Ghorbanpour, A. and Majidian, P., 2020. Study of some morphological responses of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) to chitosan elicitor under salt stress. *Journal of Crop Breeding*, 12(33), pp.150-161. [In Persian]. doi: 10.29252/jcb.12.33.150

- Cramer, G.R., Alberico, G.J. and Schmidt, C., 1994. Leaf expansion limits dry matter accumulation of salt-stressed maize. *Plant Physiology*, 21(5), pp.663-674. doi: [org/10.1071/pp9940663](https://doi.org/10.1071/pp9940663)
- Farahvash, F., Mirshekari, B., Farzaniyan, M. and Hoseainzadeh-Moghbeli, A.H., 2015. Effect of zinc sulfate and ascorbic acid on some morphophysiological traits of purplea (*Purple coneflower*) under water deficit conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 9(1), pp.57-78. [In Persian].
- Firoozi, Y., Feizi, H., Mehraban, A. and Alipanah, M., 2018. Effects of foliar application time of nano-micronutrients on quantity and qualitative traits in rainfed durum wheat genotypes in Moghan. *Journal of Field Crops Research*, 16(1), pp.97-112. [In Persian]. doi: [10.22067/gsc.v16i1.59050](https://doi.org/10.22067/gsc.v16i1.59050)
- Ghanbari, A., Bardel, J. and Khajeh, M., 2015. Evaluating some growth parameters, water relations and yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.) as affected by quality water irrigations and different fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology*, 9(1), pp.1-20. [In Persian].
- Kafi, M., Bagheri, A., Nabati, J., Zare Mehjerdi, M. and Masoumi, A., 2011. Effects of salinity on some physiological variables of 11 chickpea genotypes under hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse*, 1(4), pp.55-70. [In Persian].
- Kafi, M. and Keshmiri, E., 2016. The changes in the physiological growth and the react of the salinity and number of irrigation water of two cumin cultivars (*Cuminum cyminum* L.). *Journal of Agroecology*, 8(3), pp.463-475. [In Persian]. doi: [10.22067/jag.V8I3.55968](https://doi.org/10.22067/jag.V8I3.55968)
- Karimi, M.M., 1990. Growth analysis of wheat and barley on different soil types. *Iranian Agricultural Research*, 9, pp.17-36. [In Persian].
- Karimi, M.M. and Siddique, K.H.M., 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agriculture Research*, 42, pp.13-20. doi: [org/10.1071/ar9910013](https://doi.org/10.1071/ar9910013)
- Karimi, M. and Azizi, M., 1998. Analysis of crop growth. Mashhad University Press, Pp. 111. Mashhad. [In Persian].
- Khayamim, S., Mazaheri, D., Bannayan Aval, M., Gohari, J. and Jahansooz, M.R., 2004. Assessment of sugarbeet physiologic and technologic characteristic at different plant density and nitrogen use levels. *Pajouhesh and Sazandegi*, 60, pp.21-29. [In Persian].
- Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M. and Barmaki, M., 2016. Effect of zinc and bio fertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in Triticale under salinity condition. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1), pp.116-124. doi: [10.15835/nbha44110224](https://doi.org/10.15835/nbha44110224)
- Mahlooji, M. and Afiuni, D., 2005. Study of growth analysis and grain yield in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Pajouhesh and Sazandegi*, 63, pp.37-42. [In Persian].
- Mahlooji, M., SeyedSharifi, R., Razmjoo, J., Sabzalian, M.R. and Sedghi, M., 2018. Effect of salt stress on photosynthesis and physiological parameters of three contrasting barley genotypes. *Photosynthetica*, 56(2), pp.549-556. doi: [10.1007/s11099-017-0699-y](https://doi.org/10.1007/s11099-017-0699-y)
- Mohammadi Limaee, A., Majidian, M. and Mohsenabadi, Gh., 2019. Effects of foliar application of zinc, boron

- and copper micronutrients on growth indices and yield of sweet corn. *Journal of Plant Process and Function*, 8(33), pp.431-448. [In Persian]. **doi: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3**
- Mosavi, S.R., Galavi, M. and Ahmadvand, G., 2007. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 6, pp.1256-1260. **doi: 10.3923/ajps.2007.1256.1260**
- Narimani, H. and Seyed Sharifi, R., 2020. Effects of foliar and soil application of zinc on photosynthetic pigments, chlorophyll fluorescence and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under soil salinity. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 10(2), pp.89-105. [In Persian]. **doi: 10.22069/ejsms.2020.16140.1861**
- Nazarbeygi, E. and Naseri, R., 2014. Effects of gibberellic acid and salicylic acid under salinity on Na⁺ and K⁺ absorption and leaf characteristic of two rapeseed lines. *Journal of Crop Ecophysiology*, 8(1), pp.1-16. [In Persian].
- Parida, A.K. and Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), pp.324-349. **doi: 10.1016/j.ecoenv.2004.06.010**
- Piri, H., Ansari, H. and Faridhosseini, A.R., 2018. Investigation of the irrigation management with saline water on sorghum yield and growth indices. *Irrigation Sciences and Engineering*, 40(4), pp.31-46. [In Persian]. **doi: 10.22055/jise.2017.13335**
- Rahimi, A., 2012. Effect of salinity stress on growth analysis of isabgul, french psyllium and great plantain. *Journal of Crop Production and Processing*, 2(4), pp.27-40. [In Persian]. **doi: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9**
- Sadeghzadeh, B., 2013. A review of zinc nutrition and plant breeding. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(4), pp.905-927. **doi: org/10.4067/s0718-95162013005000072**
- Sadeghzadeh, B. and Rengel, Z., 2011. Zinc in Soils and Crop Nutrition. In: Malcolm J. Hawkesford and Peter Barraclough (eds.). *The Molecular and Physiological Basis of Nutrient Use Efficiency in Crops*, Chapter 16. pp: 335-375.
- Sajedi, N.A. and Ardakani, M.R., 2008. Effect of different levels of nitrogen, iron and zinc on physiological indices and forage yield of maize (*Zea mays* L.) in Markazi province. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1), pp.99-110. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v6i1.1180**
- SeyedSharifi, R. and Hokmalipour, S., 2010. Forage Crop. University of Mohaghegh Ardabili and Amidi Press. 585p. Tabriz, Iran. [In Persian].
- SeyedSharifi, R. and Nazarli, H., 2016. Influence of salinity levels of irrigation water with NaCl on phyllochron and leaf appearance rate of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 8(2), pp.297-306. [In Persian]. **doi: org/10.22077/escs.2016.240**
- SeyedSharifi, R., Kamari, H. and Nagafi, Gh., 2017. Effects of nano zinc oxide and soil salinity on contribution of stem reserves in grain yield, leaf appearance rate and some growth indices of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(1), pp.119-137. [In Persian]. **doi: org/10.22077/escs.2017.536**

- Shariatmadari, M.H., Zamani, G.R. and Sayari, M.H., 2011. Effect of salinity stress and iron spraying on leaf area index, light absorption and relations with yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(2), pp.285-293. [In Persian]. doi: **10.22067/gsc.v9i2.11004**
- Soleymani, A., Firoozi, M. and Naranjani, L., 2011. Effect of foliar application of micro nutrients on physiological growth indices and total dry matter yield of forage corn. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(3), pp.340-347. [In Persian]. doi: **10.22067/gsc.v9i3.11963**
- Thomason, W.E., Alley, M.M., Phillips, S.B. and Parrish, D.J., 2004. Using the Virginia cooperative extension climate analysis web tool to better manage and predict wheat development. Virginia Cooperative Extension. Crop and Soil Environmental Sciences.

Effects of saline water and foliar application of chelate and nano zinc oxide on yield and growth indices in barley cultivars

Mehrdad Mahlooji^{1*}, Raouf Seyed Sharifi², Abbas Nasiri Dehsorkhi³

¹ Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

² Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

³ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

*Corresponding Author: mmahlooji2000@yahoo.com

Received: 20 July 2021

Accepted: 3 September 2021

DOI: 10.22034/CSRAR.2023.296048.1105

Abstract

Introduction: Barley is one of the most important sources of livestock feed and is tolerant to drought and salinity. Salinity of water and soil resources is one of the most important agricultural problems in Iran. In salinity conditions, the availability of nutrients in the soil solution is reduced due to the high concentration of chlorine and sodium ions, which leads to disturbance in the nutrition and upsetting of the balance of plant nutrients. Therefore, the role of proper nutrition in these conditions is very important to help maintain the balance of nutritional elements and provide the proper growth and plant performance (Ahmadi et al., 2006). Due to the reduction of fresh water resources and the increase of fresh water consumption on the other hand, the access to water with suitable quality for agriculture is very limited (Mahlooji et al., 2018). It is obvious that in such conditions, it is inevitable to use water of poor quality for the production of agricultural products. Therefore, the current research was conducted with the aim of studying the effect of chelate and nanozinc solution spraying on the yield and growth indices of three barley cultivars under irrigation water salinity conditions.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of irrigation water salinity and foliar application of chelate and zinc nano oxide on yield and some growth indices of barley cultivars, an experiment in the form of a randomized complete block design with arrangement of split blocks with three replications at the station Rodasht salinity research was conducted in Isfahan. Three water irrigation quality including W1=control, 1-2 dS/m (low salinity), W2=10 dS/m (common salinity in the region), W3=18 dS/m (high salinity) were evaluated in vertical factors. The horizontal factors were foliar spraying including (nano zinc-oxide, chelated zinc, mixture of nano and chelated and water spraying as a control). Three different barley including (Morocco as a moderate semi sensitive, Nosrat as a moderate tolerant and Khatam as a tolerant) cultivars split within vertical factors. Statistical analyzes and graphs were performed using SAS and Excel software and comparisons of means were performed using LSD test.

Results and Discussion: The results showed that with increasing salinity of irrigation water, grain yield, dry weight (DM), crop growth rate (CGR), leaf area ratio (LAR) and specific leaf area (SLA) decreased. Foliar application of Zinc element compared with no Zinc increased TDM, RGR, CGR, LAR and grain yield. Khatam cultivar was superior to Morocco cultivar due to its DM, RGR, CGR, LAR, SLA and higher grain yield. Among physiological indices, SLA showed a positive and significant correlation with grain yield ($r^2 = 0.97$). Overall, in order to increase plant growth indices as well as grain yield of barley under salinity irrigation water, foliar application of zinc fertilizer and the use of Khatam cultivar (salt-tolerant) is recommended.

Conclusion: In general, the results showed that with increasing irrigation water salinity, grain yield, total dry weight, crop growth rate, leaf area ratio and specific leaf area of barley decreased. Foliar application of zinc element compared to check (control) caused an increase in dry weight, relative growth rate, crop growth rate and leaf area ratio, and grain yield. Khatam variety was more tolerant to salinity due to its dry weight, relative growth rate, product growth rate and leaf area ratio, specific leaf area and grain yield compared to other varieties. It seems that the absorption of zinc from the soil

by the plant roots is disturbed in the saline irrigation conditions, so the plant has shown a positive and appropriate reaction to the foliar application of zinc, which ultimately increases the growth and yield. He brought the plant with him. In general, it seems that in order to increase the growth indices and also the yield of barley grain under irrigation water salinity conditions, foliar feeding with zinc fertilizer and the use of Khatam variety are recommended.

Keywords: Crop growth rate, Micronutrient, Physiologic indices, Specific leaf area