

تأثیر کاربرد ورمی کمپوست بر رشد و روابط آبی گیاه کینوا در شرایط تنش شوری

سجاد علیار^{۱*}، ناصر علی اصغرزاد^۲، عادل دباغ محمدی نسب^۳، شاهین اوستان^۴

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- استاد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴- استاد شیمی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه: Email: aliyarsajad73@gmail.com

چکیده

اهداف: کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) گیاه یک‌ساله بهاره و شبه غله از تیره اسفناجیان است و ارزش غذایی بالایی دارد. مطالعات نشان داده است که استفاده از کودهای آلی مانند ورمی کمپوست می‌تواند اثرات منفی تنش شوری را در گیاهان کاهش داده و رشد و عملکرد آنها را بهبود ببخشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت گلدانی با طرح آماری کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با سه تکرار در خاک شن‌لومی استریل انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل ورمی کمپوست (در دو سطح صفر و دو درصد) و شوری حاصل از نمک کلرید سدیم شامل سطوح ۱/۰۶ (هدایت الکتریکی اولیه خاک)، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر متقابل شوری و ورمی کمپوست در تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بودند ($p \leq 0.05$)، وزن تر و خشک‌ریشه در حضور و عدم حضور ورمی کمپوست با افزایش شوری کاهش پیدا کرد. در سطوح متناظر شوری (به جز 30 dS.m^{-1}) تیمار ورمی کمپوست سبب افزایش وزن تر و خشک‌ریشه شد. اثر منفی شوری بر وزن تر و خشک بخش هوایی کمتر از بخش ریشه بود و کاهش معنی‌دار در سطح 30 dS.m^{-1} اتفاق افتاد. شاخص کلروفیل با افزایش شوری کاهش یافت ولی در تمام سطوح شوری تیمار ورمی کمپوست سبب افزایش معنی‌دار آن گردید. تیمار ورمی کمپوست تا 10 dS.m^{-1} اثر مثبت خود بر هدایت روزنه‌ای را نشان داد. نشت الکترولیت تا 10 dS.m^{-1} در تیمار ورمی کمپوست کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: کاربرد ورمی کمپوست بر میزان تولید زیست‌توده کینوا تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود وضعیت رشد و عملکرد آن در شرایط تنش شوری گردیده است.

واژه‌های کلیدی: کینوا، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، ورمی کمپوست، هدایت روزنه‌ای

The Effect of Vermicompost Application on Growth and Water Relationships of Quinoa Plant under Salinity Stress Conditions

Sajad Aliyar^{1*}, Naser Aliasgharzad², Adel Dabbagh Mohammadi Nasab³, Shahin Ostan⁴

Received: 19 May 2020 Accepted: 25 March 2021

1-MSc of Soil Biology and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

2-Prof. of Soil Biology and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

3-Prof. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

4-Prof. of Soil Chemistry, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

*Corresponding Author Email: aliyarsajad73@gmail.com

Abstract

Background & Objective: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is an herbaceous spring-annual plant and a pseudocereal, belonging to the Chenopodiaceae, and have high nutritional value. Studies have shown that the use of organic fertilizers such as vermicompost can reduce the negative effects of salinity stress on plants and improve their growth and yield.

Materials & Methods: This experiment was conducted in a completely randomized design with factorial arrangement with three replications in a sterile sandy loam soil under greenhouse conditions. Experimental factors included vermicompost levels of 0 and 2%, and sodium chloride salinity levels of 1.06 (soil initial electrical conductivity), 5, 10, 20 and 30 dS.m⁻¹.

Results: The results showed that the interaction between salinity and vermicompost was significant ($p \leq 0.05$) on all measured traits. The fresh and dry weight of roots decreased in the presence and absence of vermicompost with increasing salinity. At different salinity levels (except for 30 dS.m⁻¹), vermicompost treatment increased roots fresh and dry weight. The negative effect of salinity on fresh and dry weight of shoots was less than roots and a significant decrease occurred at 30 dS.m⁻¹. Chlorophyll index decreased with increasing salinity but it increased significantly at all salinity levels in vermicompost treated plants. Vermicompost treatment showed a positive effect on stomatal conductance at salinity levels of ≤ 10 dS.m⁻¹. Electrolytes leakage decreased in vermicompost treated plants at salinity levels of ≤ 10 dS.m⁻¹.

Conclusion: The vermicompost application had a positive effect on the biomass production, growth status and yield of quinoa under salinity stress.

Keywords: Quinoa, Relative Water Content, Electrolyte Leakage, Vermicompost, Stomatal Conductance

خانواده تاجخروسیان و زیر خانواده اسفناجیان بوده و شرایط رشد آن شبیه اسفناج می‌باشد. این گیاه دارای سیستم ریشه‌ای قوی بوده و نسبت به تنش خشکی و شوری مقاوم می‌باشد. طول دوره رشد این گیاه بین ۹۰ تا ۱۲۵ روز متغیر است. این گیاه مقاومت زیادی در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیر زیستی مانند سرما،

مقدمه

کینوا گیاه دولپه‌ای با حدود ۹۳ درصد خودگشنی است که از کوه‌های آند واقع در کرانه غربی آمریکای لاتین منشأ گرفته و بومی کشورهای بولیوی، پرو، اکوادور و شیلی می‌باشد (جاکوبسن و همکاران ۲۰۰۵). این گیاه یکساله به مادر دانه‌ها معروف است که جزء

بی‌بو است که دارای ساختار مناسب، ظرفیت نگهداری آب زیاد، مقادیر نسبتاً زیاد عناصر غذایی قابل‌دسترس و نیز متابولیت‌های میکروبی می‌باشد که ممکن است به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه نیز عمل کنند (پائول و همکاران ۲۰۰۹). ورمی‌کمپوست دارای عناصر غذایی گیاهان به شکل‌های قابل‌دسترس شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی، مس و بور می‌باشد که اثر مثبت بر تغذیه گیاهان دارند (تونسین و همکاران ۲۰۱۰). درصد بالای اسید هیومیک در ورمی‌کمپوست در سلامتی گیاه نقش داشته و این ماده، ساخت ترکیبات فنولیک همچون آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها را افزایش و در نتیجه موجب بهبود کیفیت گیاه و نیز به‌عنوان بازدارنده آفات و امراض عمل می‌کنند (تونسین و همکاران ۲۰۱۰). پیوست و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست، ارتفاع و تعداد برگ اسفناج را در مقایسه با عدم کاربرد ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری افزایش داد. اولیوا و همکاران (۲۰۰۸) در یک آزمایش گلخانه‌ای مشاهده نمودند که کاربرد ورمی‌کمپوست نقش بالقوه‌ای در محدود کردن اثر منفی شوری بر گیاه تمبر هندی دارد. در بررسی اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و شوری بر رشد آفتابگردان، احمد و جابن (۲۰۰۹) مشاهده کردند که ورمی‌کمپوست اثر منفی شوری را کاهش داد. نتایج آزمایش گلخانه‌ای بیک خورمیزی و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست می‌تواند تا حدودی آثار نامطلوب شوری بر گیاهچه‌های لوبیا را محدود نماید.

با توجه به موارد گفته‌شده، این گیاه مقاومت نسبتاً خوبی برای رشد در شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری از خود نشان داده است و در این پژوهش اثر کاربرد ورمی‌کمپوست در کاهش آثار نامطلوب شوری بر عملکرد و روابط آبی گیاه کینوا در یک خاک شن‌لومی تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت.

شوری و خشکی از خود نشان می‌دهد و قابلیت رشد در شرایط نامساعد محیطی را دارد (جاکوبسن و همکاران ۲۰۰۹). کینوا گیاهی است که علاوه بر دانه، از برگ‌های جوان آن نیز به‌عنوان سبزی تازه و یا به‌صورت پخته استفاده می‌شود. به دلیل ارزش غذایی بالا و توازن اسیدآمینهای بسیار مطلوب این گیاه با شیر خشک مقایسه شده و برای معرفی نقش و ارزش این گیاه در امنیت غذایی و توسعه تولید و مصرف آن، مجمع عمومی سازمان ملل متحد سال ۲۰۱۳ را به نام سال بین‌المللی کینوا نام‌گذاری کرده بود (فائو ۲۰۱۲). یکی از چالش‌های اساسی در کشاورزی در سراسر جهان، کاهش عملکرد گیاهان به دلیل شوری خاک است (مانس و تستر ۲۰۰۸). پاسخ گیاهان به سطوح بالای کلرید سدیم پیچیده بوده و شامل تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و سوخت‌وساز آن‌ها می‌باشد (هلال و همکاران ۱۹۹۸). پاسخ گیاهان به شوری در مراحل مختلف رشد نیز متفاوت است (چارترزولاکیس و کلاپاکی ۲۰۰۰). شوری، غلظت عناصر غذایی و انتقال آن‌ها را در ریشه، شاخساره و میوه گیاهان تحت تأثیر قرار داده (صفرزاده شیرازی و همکاران ۱۳۸۹) و یکی از مسائل اصلی تأثیرگذار بر میزان عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان می‌باشد. بیش از ۷ درصد خاک‌ها و حدود ۹۷/۵ درصد آب جهان شور است (هارپادی و همکاران ۲۰۱۱). فعالیت‌های انسانی این چالش را تشدید کرده و بررسی روش‌های جدید برای رویارویی با این چالش ضروری است. افزایش فراهمی عناصر غذایی در طول دوره رشد گیاه، راهکاری مناسب برای مقابله با شوری می‌باشد (کایا و همکاران ۲۰۰۱). استفاده از مواد آلی علاوه بر افزایش قابلیت باروری خاک در زمین‌های کشاورزی و بهبود حاصلخیزی خاک، می‌تواند راهکار مناسبی برای کم کردن آثار مضر ناشی از خاک‌های شور بر رشد گیاهان باشد (لاخدار و همکاران ۲۰۰۹).

تولید ورمی‌کمپوست یک روش نویدبخش برای تبدیل ضایعات آلی به مواد مفید می‌باشد که در این فرآیند از کرم خاکی *Eisenia fetida* جهت تبدیل ضایعات آلی به ورمی‌کمپوست استفاده شده و محصول نهایی ماده‌ای

مواد و روش‌ها آماده‌سازی خاک

خاک موردنظر از ایستگاه تحقیقات خلعت‌پوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انتخاب و از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری برداشت شد. بعد از هواخشک کردن خاک و عبور از الک دو میلی‌متری ویژگی‌های مهم خاک شامل بافت (کلوت ۱۹۸۶)، درصد کربن آلی (نلسون و سامرز ۱۹۸۲)، فسفر قابل‌جذب (اولسن و سامرز ۱۹۸۲)، کربنات کلسیم معادل (آلیسون و مودی ۱۹۶۵) و پتاسیم قابل‌جذب (توماس ۱۹۸۲) اندازه‌گیری شدند که نتایج آن در جدول یک ارائه شده است. خاک موردنیاز برای کشت گلدانی از غربال ۴/۷ میلی‌متری عبور داده شد و در فشار یک اتمسفر و دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت در اتوکلاو استریل شده و سپس در هر گلدان به مقدار ۲ کیلوگرم قرار داده شد.

آماده‌سازی بذر

به‌منظور حذف آلودگی سطحی، بذرهای گیاه کینوا بعد از چندین بار شستشو با آب مقطر و غوطه‌ورسازی در اتانول ۷۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه، به داخل محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد انتقال یافته و بعد از هفت دقیقه، حدود ۱۰ بار با آب مقطر استریل کاملاً شستشو گردیدند.

کشت گیاه و اعمال تیمارها

در این آزمایش از بزرگیاه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd cv. Titicaca*) استفاده گردید. تیمارهای لازم از طریق مخلوط نسبت های وزنی ورمی‌کمپوست و خاک (بیست گرم ورمی-کمپوست به ازای یک کیلوگرم خاک) تهیه شدند. هر واحد آزمایشی از یک گلدان با ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر و قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر تشکیل شد. ابتدا گلدان‌ها به دودسته تقسیم شدند در دسته اول در هر گلدان دو کیلوگرم خاک و چهل گرم ورمی‌کمپوست کاملاً مخلوط گردیده و در دسته دوم فقط دو کیلوگرم خاک (بدون ورمی‌کمپوست) ریخته شد. قبل از کاشت، در همه گلدان‌ها رطوبت خاک

به مقدار ۰/۸FC رسانیده و سپس کشت بذور انجام گرفت و ۸ بذر در هر گلدان کشت و سپس گیاهان به مدت دو هفته تا سبز شدن بدون اعمال شوری و پس از این زمان، مطابق تیمارهای آزمایشی (سطوح مختلف شوری) آبیاری شدند. قبل از اعمال تنش شوری، ابتدا توسط پیش آزمونی میزان کلرید سدیم لازم برای هر گلدان جهت رسیدن به EC موردنظر مشخص گردید. مثلاً برای اعمال شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۰/۴۷ گرم نمک کلرید سدیم در داخل آب حل گردید و همراه آب آبیاری به گلدان مربوطه اضافه شد. (علیاری ۲۰۲۱). در مدت آزمایش رطوبت خاک در حد ۰/۸FC نگهداری شد. بر اساس آزمون خاک و طبق توصیه کودی (صالحی و دهقانی ۱۳۹۷)، ۱۳۰ میلی‌گرم کود اوره برای هر کیلوگرم خاک استفاده شد از کود فسفر و پتاسیم نیز با توجه به نتایج آزمون خاک استفاده نگردید. تیمارهای آزمایش شامل ورمی‌کمپوست (در دو سطح صفر و دو درصد) و شوری (شامل پنج سطح ۱/۰۶، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) بود که در سه تکرار اجرا شد. ورمی‌کمپوست مورد استفاده، محصول شرکت قیزیل توپراق سهند بود که از کود گاوی تهیه و مشخصات آن در جدول ۲ ارائه شده است. شرایط گلخانه برای رشد گیاه به‌صورت فتوپریود ۱۲ ساعت روشنایی طبیعی (نور خورشیدی) و دمای گلخانه در طول آزمایش روزانه ۲۳±۳ و شبانه ۱۸±۳ درجه سلسیوس بود.

اندازه‌گیری شاخص‌های قبل از برداشت

شاخص کلروفیل برگ

شاخص کلروفیل پس از رشد کامل برگ‌ها در طول دوره رویشی و برای ۱۲ برگ در هر گلدان با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (Hansatech, CL-01) اندازه‌گیری شد. این دستگاه شاخص کلروفیل را در دو طول موج ۶۲۰ و ۶۴۰ نانومتر بر اساس مقدار نور جذب‌شده توسط کلروفیل بدون تخریب برگ به‌صورت یک عدد تعیین می‌کند که شاخصی از مقدار کلروفیل برگ می‌باشد. برای این منظور ۱۲ برگ سالم از هر گلدان انتخاب شد. پس از پاک کردن برگ، پهن‌ترین بخش برگ میان انبرک دستگاه قرار گرفت؛ سپس

منظور بر اساس روش طباطبائی (۲۰۰۹) حداقل دو ماه پس از اعمال تیمارها و از برگ‌های جوان و توسعه‌یافته، نمونه‌برداری انجام گرفت. نمونه‌های برگ‌ی در ابعاد یک سانتی‌متر مربع بریده شد و جهت زدودن آلودگی‌های سطحی، ۳ بار با آب مقطر شسته شدند. نمونه‌ها پس از شستشو در داخل لوله‌های شیشه‌ای درپوش دار حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر گذاشته‌شده و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. سپس هدایت الکتریکی اولیه (EC1) با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد نمونه‌ها در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت و پس از سرد شدن در دمای اتاق، هدایت الکتریکی ثانویه (EC2) اندازه‌گیری شد. در نهایت درصد نشت الکترولیت (ELP) برگ برحسب درصد از طریق رابطه ۲ محاسبه شد.

$$\text{ELP} (\%) = (EC1 / EC2) \times 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

اندازه‌گیری شاخص‌های پس از برداشت

وزن‌تر و خشک

برداشت گیاهان ۹۰ روز پس از کشت انجام گرفت. بخش هوایی گیاهان از سطح خاک قطع و وزن‌تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از جدا کردن ریشه‌ها از خاک، ریشه‌ها با مقدار زیادی آب مقطر شسته‌شده و بعد از اینکه آب اضافی آن‌ها با کاغذ خشک‌کن گرفته شد، وزن‌تر آن‌ها نیز تعیین گردید. کلیه نمونه‌های گیاهی در داخل پاکت‌های کاغذی به داخل آون فن‌دار منتقل و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت سه روز خشک شدند. پس‌ازاین مدت نمونه‌ها از آون خارج و به کمک ترازوی ۰/۰۰۱ g وزن خشک آن‌ها تعیین شد.

تجزیه آماری داده‌ها

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل شامل فاکتور اول ورمی کمپوست با دو سطح و فاکتور دوم شوری با پنج سطح و سه تکرار برای هر نمونه انجام شد. آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار

شاخص کلروفیل آن اندازه‌گیری شد. میانگین اندازه‌گیری‌ها به‌عنوان شاخص کلروفیل برگ برای آن گلدان (واحد آزمایشی) در نظر گرفته شد (پنگ و همکاران ۱۹۹۹).

اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای

اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای توسط دستگاه پورومتر انتشاری (AP4 Porometer, Delta T Devices, Cambridge UK) صورت گرفت. قبل از اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای، دستگاه با به‌کارگیری صفحه مخصوص مشبک و بر اساس دستورالعمل توصیه‌شده توسط کارخانه سازنده، واسنجی گردید. بدین منظور برگ‌هایی که به‌طور کامل رشد یافته و در مقابل نور قرار داشتند، به‌وسیله پورومتر قرائت شدند. این قرائت برای شش برگ در هر گلدان و دو هفته قبل از برداشت گیاهان انجام شد (رامیرز-والجو و کلی ۱۹۹۸).

محتوای نسبی آب برگ^۱

برای اندازه‌گیری مقدار نسبی آب برگ (RWC) ابتدا از هر بوته قطعه‌ای از برگ بریده و بلافاصله وزن‌تر (Wf) آن به کمک ترازوی حساس (±۰/۰۰۱) اندازه‌گیری شد. سپس به پتری‌دیش‌های درب‌دار حاوی آب مقطر منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شدند تا با جذب آب به آماس کامل برسند. پس از خارج کردن نمونه‌ها از پتری‌دیش، آب اضافی موجود در سطح نمونه‌ها به‌وسیله دولایه کاغذ صافی حذف و وزن آن (Wt) تعیین شد. سپس نمونه‌ها به آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس انتقال و پس از ۲۴ ساعت دوباره توزین شدند (Wd). در نهایت RWC از رابطه ۱ محاسبه گردید (علیزاده ۲۰۰۴):

$$RWC = (Wf - Wd) / (Wt - Wd) \quad (\text{رابطه ۱})$$

درصد نشت الکترولیت^۲

درصد نشت الکترولیت برای تعیین نفوذپذیری غشای سلولی برگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین

^۲ Electrolyte Leakage Percentage (ELP)

^۱ Relative Water Content of leaf

نتایج و بحث

SPSS و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

خصوصیات خاک مورد آزمایش و ورمی-کمپوست به‌کاررفته در این تحقیق در جداول ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

کلاس بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (g. cm ⁻³)	رطوبت FC (۱۰ KPa) درصد وزنی	EC (dS. m ⁻¹)	pH	کربنات کلسیم (%)	کربن آلی (%)	پتاسیم قابل جذب (mg. kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب (mg. kg ⁻¹)
شن‌لومی	۱/۴	۱۴	۱/۰۶	۷/۳۱	۵/۴	۰/۵۸	۳۴۳/۳۱	۱۰/۳

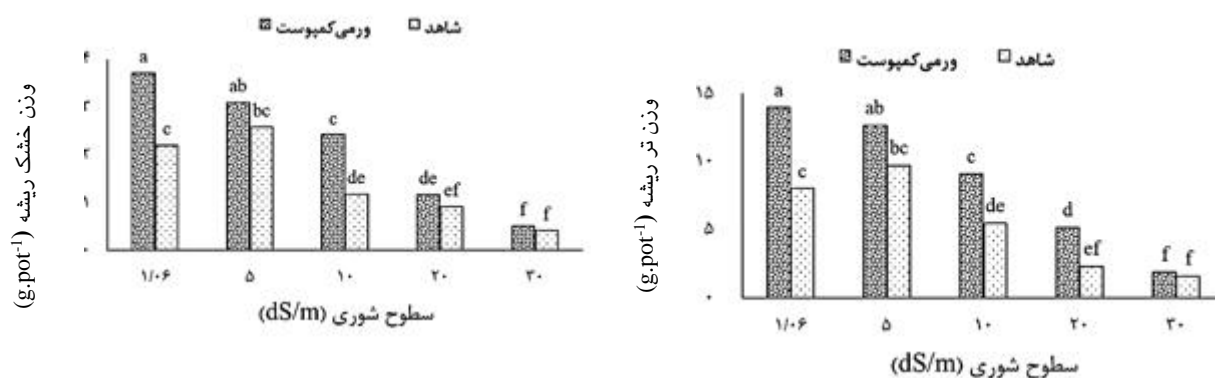
جدول ۲- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد آزمایش

نیترژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	آهن (%)	روی (%)	کلسیم (%)	منیزیم (%)	هیومیک (%)	فولویک (%)	ماده آلی (%)	EC (dS.m ⁻¹)	pH
۲/۳	۰/۹۳	۲/۹۳	۰/۷۸	۰/۱۷	۳/۸۶	۰/۸۱	۱۱/۶	۳/۵	۵۶/۷	۵/۶	۷/۸۴

وزن تر و خشک‌ریشه

آنالیز واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل تیمارهای ورمی‌کمپوست × شوری بر وزن تر و خشک‌ریشه معنی‌دار می‌باشد ($p < 0.05$). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد در همه سطوح شوری (به جز سطح ۳۰ dS/m) تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست دارای وزن تر و خشک بالاتری نسبت به تیمار شاهد دارند. کاربرد دو درصد کود آلی

ورمی‌کمپوست منجر به افزایش وزن خشک‌ریشه کینوا در سطوح شوری (۱، ۵، ۱۰، ۰/۶، ۰/۵ و ۱۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس برمتر) به ترتیب (۴۰/۵۷، ۱۶/۷۸، ۵۱/۰۲ و ۲۱/۶۹ درصد) و برای وزن تر ریشه کینوا در سطوح شوری مذکور به ترتیب (۴۲/۵۸، ۲۳/۳۶، ۴۰/۰۳ و ۵۵/۰۹ درصد) نسبت به تیمار شاهد بدون ورمی‌کمپوست شد. کاربرد ورمی‌کمپوست در سطح شوری ۳۰ dS.m⁻¹ نیز باعث افزایش وزن تر و خشک گیاه کینوا شد، که این افزایش معنی‌دار نبود (شکل ۱)



شکل ۱- ترکیبات تیماری تنش شوری و ورمی‌کمپوست برای وزن تر و خشک‌ریشه گیاه کینوا

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات ساده و متقابل ورمی کمپوست و شوری بر پارامترهای اندازه‌گیری شده گیاه کینوا

میانگین مربعات										
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	نسبت وزن ریشه به هوایی	وزن خشک بخش هوایی	وزن تر بخش هوایی	هدایت روزنه	شاخص کلروفیل	نشت الکتروولت	محتوی نسبی آب برگ
ورمی کمپوست	۱	۵/۰۵۱**	۷۱/۳۰۲**	۸۲/۲۴**	۳۴۵/۰۸۵**	۴۹۴۵/۲۲۳**	۰/۱۰۰**	۲۵۹۳/۰۲۶**	۱۳۶۲/۲۸۲ ^{ns}	۷۷۴/۲۱۳ ^{ns}
شوری	۴	۲۹/۲۳۵**	۴۱۲/۷۰۳**	۳۱۹/۲۲۱**	۱۴۱/۰۲۱**	۲۰۷۴/۰۲۹**	۰/۱۹۹**	۲۸۸۳/۶۰۸**	۱۴۵۴۶/۹۹۸**	۱۴۶۷/۲۹۳*
ورمی کمپوست × شوری	۴	۱/۹۱۳*	۲۷/۰۰۸*	۱۸/۲۴*	۳۴/۱۹۵**	۴۸۹/۸۸۳**	۰/۰۵۷*	۱۹۲۹/۳۷۹**	۱۵۷۳/۴۶۳*	۱۵۴/۰۵۲۵*
خطا	۲۰	۰/۷۸۲	۹/۲۶۷	۷/۴۱۸	۱۵/۱۱۰	۲۱۵/۶۱۱	۰/۰۰۴	۳۰/۲۵۵	۷۶۴/۹۱۴	۶۸۲/۱۲۲
ضریب تغییرات (%)		۲۱/۱۷	۱۱/۷۴	۱۴/۰۴	۷/۲۹	۲۲/۰۲	۱۳/۹	۶/۴۴	۹/۵۳	۲۴/۸۱

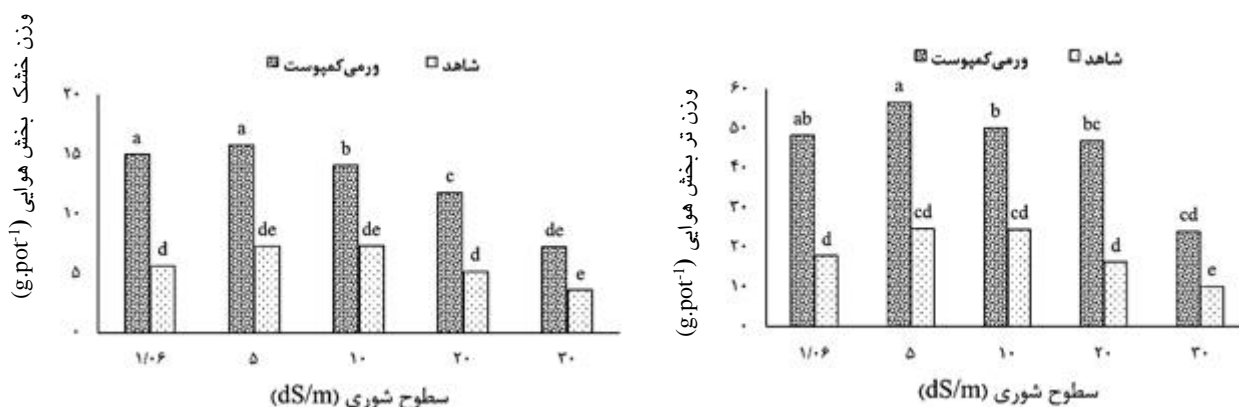
** معنی دار در سطح یک درصد، * معنی دار در سطح پنج درصد و ns: غیر معنی دار می باشد.

وزن تر و خشک بخش هوایی

تجزیه واریانس داده‌های این بخش نیز نشان داد (جدول ۳) که اثر متقابل تیمارهای ورمی کمپوست × شوری بر وزن تر و خشک بخش هوایی معنی دار شده است ($p < 0.01$). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری × ورمی کمپوست نشان داد در همه سطوح شوری به جز شوری 30 dS.m^{-1} تیمارهای حاوی ورمی کمپوست دارای وزن تر و خشک بالاتری نسبت به تیمار شاهد دارند. با افزایش سطوح شوری، وزن خشک بخش هوایی در حضور ورمی کمپوست تا شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی دار نداشت ولی در سطوح بعدی تا شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی داری کاهش یافت. وزن تر بخش هوایی تا شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی داری نداشت وزن تر در عدم حضور ورمی کمپوست تا شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی داری نداشت اما در سطح شوری ۳۰ دسی‌زیمنس این کاهش معنی دار بود کاربرد دو درصد کود آلی ورمی کمپوست منجر به افزایش وزن خشک کینوا در سطوح شوری (۰.۶، ۱.۰، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) به ترتیب (۶۲/۶۰، ۵۳/۹۱، ۴۸/۱۵، ۵۶/۲۰ و ۵۰/۵۳ درصد) و برای وزن تر بخش هوایی کینوا در سطوح شوری مذکور به ترتیب (۶۳/۰۸، ۵۶/۵۲، ۵۱/۱۲، ۶۵/۲۸ و ۵۷/۶۱ درصد) نسبت به تیمار شاهد بدون ورمی-کمپوست شد. (شکل ۲).

ریشه‌ها اولین اندام گیاه هستند که آثار تنش

شوری را تجربه می‌کنند و پس از آن اندام‌های هوایی تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرند. در این تحقیق، کاهش وزن تر و خشک ریشه با افزایش غلظت شوری در گیاه کینوا مشاهده شد. ریشه به دلیل ارتباط مستقیم با شوری بیشتر از سایر اندام‌ها در معرض تنش شوری بوده و به عنوان یک فیلتر، عبور یون‌ها را کنترل و نسبت مطلوب یون‌های سدیم و پتاسیم را برای فعالیت های سلول فراهم می‌سازد (کافی و همکاران ۱۹۹۹). باخمن و متسگر (۲۰۰۸) گزارش کردند که اضافه کردن ورمی کمپوست به خاک باعث شد که مساحت برگ و وزن ریشه و ساقه در گل همیشه‌بهار فرانسوی افزایش پیدا کند. این محققین بهبود رشد گیاه را به بیشتر بودن فراهمی عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و همچنین عناصر کم‌مصرف در تیمارهای حاوی ورمی کمپوست نسبت دادند. برخی دیگر از ویژگی‌های مثبت ورمی کمپوست که موجب افزایش رشد گیاهان می‌شود مربوط به بهبود خواص فیزیکی و زیستی خاک است (عطیه و همکاران ۲۰۰۲). ادوارد و باروز (۱۹۸۸) افزایش رشد ریشه و رشد گیاه در تیمارهای حاوی ورمی کمپوست را به افزایش فعالیت مواد شنبه هورمونی اکسین، سیتوکینین، جیبرلین همچنین ویتامین B12 مربوط دانسته‌اند.



شکل ۲- ترکیبات تیماری تنش شوری و ورمی کمپوست برای وزن تر و خشک بخش هوایی گیاه کینوا

معرض اثرات زیان بار شوری قرار گرفته و برای کاهش خسارات وارده اقدام به اتخاذ مکانیسم‌هایی می‌کند و اقدامات ریشه برای کاهش اثرات منفی شوری، باعث تأخیر در بروز آثار منفی در بخش هوایی گردیده و لذا آثار و خسارات شوری در بخش هوایی با شدت کمتری ظهور پیدا کرده که حضور ورمی کمپوست با تأمین عناصر بخش هوایی به این کار کمک می‌کند (عطیه و همکاران ۲۰۰۲).

نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی

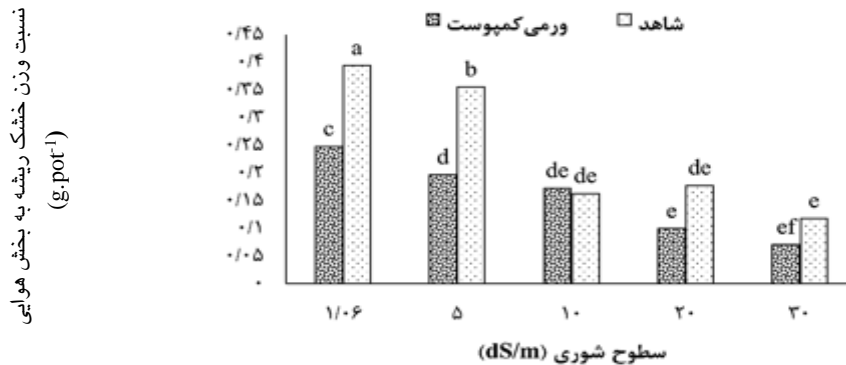
تجزیه واریانس داده‌های این بخش نیز نشان داد (جدول ۳) که اثر متقابل تیمارهای ورمی کمپوست × شوری بر نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی معنی دار شده است ($p < 0.05$). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری × ورمی کمپوست نشان داد که روند کلی نسبت وزن خشک ریشه بر بخش هوایی با افزایش شوری کاهش می‌یابد. این نسبت در تیمارهای حاوی ورمی کمپوست به غیر از سطح شوری ۱/۰۶ دسی‌زیمنس بر متر روند کاهش معنی دار نبوده ولی در تیمار شاهد بدون ورمی کمپوست تا سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر این نسبت به صورت معنی داری کاهش یافت ولی از شوری ۱۰ تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر باهم اختلاف معنی داری نشان ندادند (شکل ۳).

از آنجا که کود ورمی کمپوست دارای عناصر غذایی متعدد و از جمله نیتروژن است، شرکت این عنصر در ساختار ماکرو مولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک را می‌توان از جمله عوامل مؤثر بر افزایش وزن تر و خشک بوته در نتیجه مصرف کود ورمی کمپوست محسوب کرد (نیاکان و همکاران ۲۰۰۳). فراهمی بیشتر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن (آستارایی ۲۰۰۶)، حضور باکتری‌های حل‌کننده فسفات و سایر ریز جانداران در ورمی کمپوست (عزیزی و همکاران ۲۰۰۷)، افزایش تثبیت نیتروژن (سینها و همکاران ۲۰۱۰)، بالا بودن جمعیت میکروبی در ورمی کمپوست (عدیل انصاری و سوخرج ۲۰۱۰) افزایش هوموس خاک، عناصر غذایی و ظرفیت تبادل کاتیونی (چوهان و همکاران ۲۰۱۰) از دلایل افزایش وزن خشک بخش هوایی در گیاهان در صورت استفاده از ورمی کمپوست در بستر کشت می‌باشد. نتایج این بخش با تحقیقات (عزیزی و همکاران ۲۰۱۲) : مک گینیس و همکاران (۲۰۰۳) در ریحان، عطیه و همکاران (۲۰۰۰) در گوجه‌فرنگی همخوانی دارد.

شدت کاهش وزن تر و خشک بخش هوایی با افزایش شوری در هر دو حالت با و بدون ورمی کمپوست کمتر از بخش ریشه بوده و احتمالاً به دلیل تماس مستقیم ریشه با اثرات منفی شوری می‌باشد. ابتدا ریشه در

فتوسنتزی به بخش هوایی بیشتر از ریشه بوده است. عطیه و همکاران (۲۰۰۲) گزارش نموده‌اند که خواص

کافی و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که کاهش این نسبت حاکی از آن است که اختصاص مواد



شکل ۳- ترکیبات تیماری تنش شوری و ورمی کمپوست برای نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی گیاه کینوا.

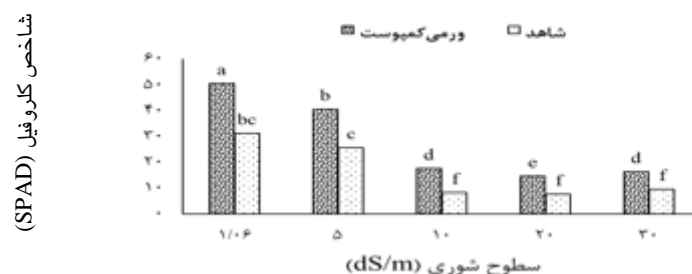
بیشتری ایجاد نمودند، این نسبت را در مرحله پر شدن دانه‌ها نیز حفظ کرده‌اند. لذا، اغلب متخصصین فیزیولوژی گیاهی، این نسبت را به عنوان یک معیار مناسب برای گزینش مقاومت به تنش‌های شوری و خشکی معرفی می‌کنند (لال خاجانچی و همکاران ۲۰۰۷)

شاخص کلروفیل

آنالیز واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل تیمارهای ورمی کمپوست × شوری بر میزان کلروفیل برگ معنی‌دار شده است ($p < 0.01$). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری × ورمی کمپوست نشان داد که با افزایش غلظت شوری، میزان کلروفیل برگ کاهش یافته و کاربرد ورمی کمپوست در همه سطوح شوری، میزان کلروفیل برگ را نسبت به تیمار شاهد افزایش داده بود. کاربرد دو درصد کود آلی ورمی کمپوست منجر به افزایش شاخص کلروفیل گیاه کینوا در سطوح شوری (۱/۰۶، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) به ترتیب (۳۸/۲۵، ۳۶/۸۰، ۵۳/۲۲، ۴۷/۶۲ و ۴۲/۱۱ درصد) گردیده بود (شکل ۴).

در نتایج تحقیقات ناوارو و همکاران (۲۰۰۰) در گوجه‌فرنگی و کایا و همکاران (۲۰۰۲) در توت‌فرنگی گزارش شده که با افزایش سطح نمک کلرید سدیم، میزان

موجود در ورمی کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم کننده رشد و فعالیت ریز موجودات باعث تجمع نیتروژن شده و در نتیجه سبب افزایش ارتفاع گیاه، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد گره، وزن تر و خشک بخش هوایی می‌شود. همچنین بیان کردند خسارات وارده به بخش هوایی کم‌تر از بخش ریشه است. احمدی نژاد و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر کود دامی بر عملکرد و ویژگی‌های رشد گندم مشاهده کردند که کاربرد کود دامی ارتفاع گیاه و تعداد برگ در بوته را افزایش داد. در مطالعه علیخانی و محمدی (۲۰۰۸) کاربرد ورمی کمپوست، ارتفاع گیاه و وزن خشک بوته را در گیاه گوجه فرنگی افزایش داد. نتایج تحقیق آرانکون و همکاران (۲۰۰۴) در گیاه توت‌فرنگی و گجالاکشمی و عباسی (۲۰۰۲) در بامیه (*Hibiscus esculentus* L.) و گوجه فرنگی، موید افزایش وزن خشک گیاه در حضور ورمی کمپوست است. احمدی و همکاران (۱۳۸۳) نیز با مطالعه ژنتیکی خصوصیات ریشه گندم گزارش نمودند که تفاوت بسیار معنی‌دار (R/S) بین واریته‌ها از نظر نسبت ریشه به ساقه بود و این تفاوت در مراحل ابتدا و انتهای رشد و نمو ثابت باقی‌مانده است. یعنی ارقامی که در مرحله پنجه زدن ریشه



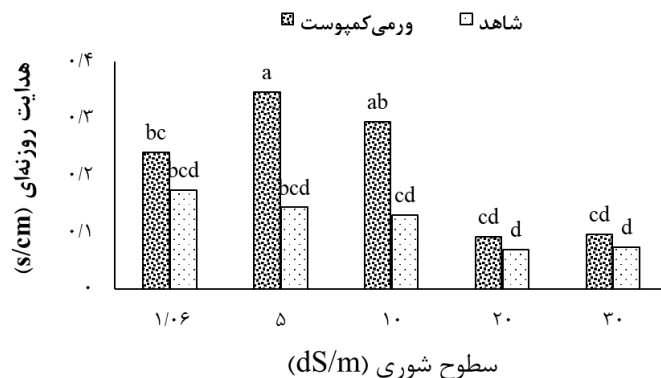
شکل ۴- ترکیبات تیماری تنش شوری و ورمی کمپوست برای شاخص کلروفیل گیاه کینوا

همین‌طور افزایش فعالیت ریزجانداران باعث افزایش نیتروژن گیاه می‌شود و چون نیتروژن در ساخت کلروفیل نقش اساسی داشته، افزودن ورمی کمپوست باعث تجمع نیتروژن در گیاه و به دنبال آن افزایش میزان کلروفیل در گیاه کینوا شده است (هاشمی مجد و همکاران ۲۰۰۴). علاوه بر نیتروژن که باعث افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز می‌گردد، ورمی کمپوست می‌تواند به دلیل دارا بودن عناصری مانند منیزیم و آهن نیز باعث افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز در گیاه گردد.

هدایت روزنه‌ای

آنالیز واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل تیمارهای ورمی کمپوست × شوری بر هدایت روزنه‌ای معنی‌دار بوده ($p < 0.01$) و مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری × ورمی کمپوست نشان داد در تیمار شاهد بدون ورمی کمپوست در همه سطوح، افزایش شوری سبب کاهش هدایت روزنه‌ای شده هرچند این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبوده است ولی در تیمار حاوی ورمی کمپوست هدایت روزنه‌ای در سطوح شوری ۱/۰۶، ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالا بود ولی در دو سطح ۲۰ و ۳۰ دسی زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کاربرد دو درصد کود آلی ورمی کمپوست در تنش شوری حاصل از نمک کلرید

کلروفیل برگ روند کاهشی نشان داده و این موضوع باعث ناکارآمدی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید آسیب‌های ناشی از تنش می‌شود. بعضی از محققین عقیده دارند که کاهش غلظت کلروفیل برگ‌ها در اثر تنش شوری می‌تواند در ارتباط با افزایش فعالیت آنزیم تجزیه‌کننده کلروفیل باشد (رائو و همکاران ۱۹۸۱). رزا ایبارا و مایتی (۱۹۹۵) در پژوهش‌های خود، وجود این رابطه را گزارش کرده‌اند. اثر افزایشی ورمی کمپوست بر مقدار کلروفیل احتمالاً به اثر نیتروژن در ساختار کلروفیل برمی‌گردد. نیتروژن ساختار اصلی همه اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها بوده که به‌صورت یک ترکیب ساختاری در کلروپلاست عمل می‌کند (اودا و همکاران ۲۰۰۸)، با این حال فولت و همکاران (۱۹۸۱) گزارش کردند که رنگ‌پذیری کلروفیل در ارتباط با مقدار مواد غذایی جذب شده توسط گیاه می‌باشد. پانکوویچ و همکاران (۲۰۰۰) با آزمایشی که بر روی گیاهان آفتابگردان و سورگوم انجام دادند، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نیتروژن خاک و محتوای کلروفیل برگ و میزان فتوسنتز مشاهده کردند که با کمبود مقدار نیتروژن خاک ضمن کاهش مقدار کلروفیل، میزان فتوسنتز برگ‌ها نیز پایین می‌آید. چنین می‌توان استنباط نمود که احتمالاً خواص فیزیکی و شیمیایی هیومیک اسید موجود در ورمی کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری مواد غذایی و افزایش تنظیم‌کننده‌های رشد و



شکل ۵- ترکیبات تیماری تنش شوری و ورمی کمپوست برای هدایت روزانه‌ای گیاه کینوا

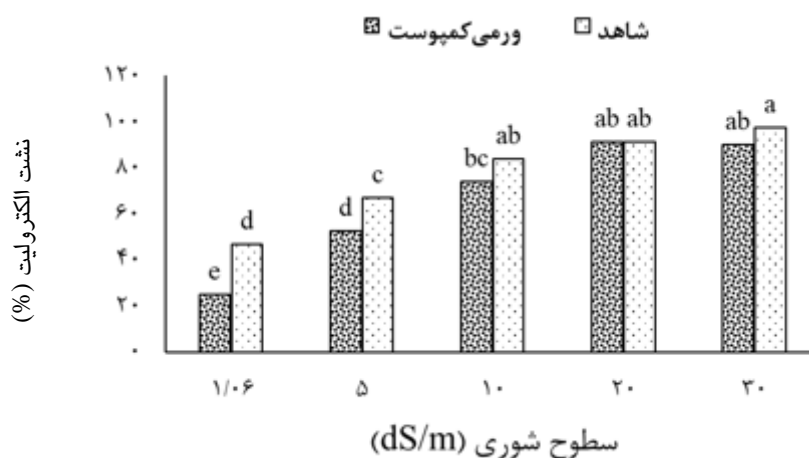
حاصل از تنش شوری، کاهش هدایت روزانه‌ای است. در مطالعه رهنما و همکاران (۲۰۱۰) هدایت روزانه‌ای برگ گندم در اثر شوری کاهش و در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl هدایت روزانه‌ای به میزان ۵۱ درصد و در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl به میزان ۶۲ درصد افت نشان داد. عامر (۲۰۱۰) بیان کرد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۸۹ به ۴/۷۳ دسی‌زیمنس بر متر، مقاومت روزانه‌ای برگ ذرت از ۱۴/۴۴ به ۴۸/۸۹ ثانیه بر متر افزایش یافت.

نشت الکتروولیت

آنالیز واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل تیمارهای ورمی کمپوست × شوری بر درصد نشت الکتروولیت معنی‌دار شده است ($p < 0.01$). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری × ورمی کمپوست نشان داد در دو سطح شوری ۱/۰۶ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر تیمارهای حاوی ورمی کمپوست دارای نشت الکتروولیت کمتری نسبت به تیمار شاهد بودند ولی در دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. کاربرد دو درصد کود آلی ورمی کمپوست در تنش شوری حاصل از نمک کلرید سدیم منجر به کاهش درصد نشت الکتروولیت گیاه کینوا در سطوح شوری (۱/۰۶، ۵، ۱۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) به ترتیب (۸۷/۷۶، ۲۷/۷۱، ۱۳/۴۸ و ۸/۲۳ درصد) گردیده بود (شکل ۶).

سدیم منجر به افزایش هدایت روزانه‌ای گیاه کینوا در سطوح شوری (۱/۰۶، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) به ترتیب (۲۷/۷۷، ۵۸/۶۸، ۵۵/۶۸، ۲۵/۳۶ و ۲۲/۷۲ درصد) گردیده بود (شکل ۵).

ورمی کمپوست دارای خاصیت افزایش پتانسیل نگهداری آب بوده و به دلیل تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، باعث افزایش رشد ریشه‌ها شده و به دنبال آن موجب افزایش جذب آب توسط ریشه می‌گردد و در شرایط تنش شوری و خشکی باعث افزایش هدایت روزانه‌ای در گیاه می‌شود (کیران ۲۰۱۹). در شرایط عادی گیاهان ۹۸ درصد آبی را که از طریق ریشه‌ها جذب می‌کنند در اثر تعرق از دست داده و روزنه‌ها عامل کنترل‌کننده این تبادل به شمار می‌آیند. گرینوی و مونس (۱۹۸۰) دریافتند که کاهش هدایت روزانه‌ای در اثر تنش شوری از موارد مهمی است که موجب کاهش فتوسنتز می‌شود. در شرایط شوری خاک، به دلیل کاهش پتانسیل آب خاک، مقدار جذب آب کاهش یافته و کاهش هدایت روزانه‌ای (افزایش مقاومت روزانه‌ای) نشان‌دهنده کاهش مقدار جذب آب می‌باشد (لویت ۱۹۸۰). عباسی و همکاران (۲۰۰۹) میزان هدایت روزانه‌ای برگ گیاه روناس را در اثر اعمال سطوح مختلف کلرید سدیم مطالعه و مشاهده کردند که با افزایش میزان شوری میزان هدایت روزانه‌ای روند کاهشی داشت. یکی از ساز و کارهای مقاومت در نباتات در مقابل کمبود آب



شکل ۶- ترکیبات تیماری تنش شوری و ورمی کمپوست برای نشت الکترولیت گیاه کینوا

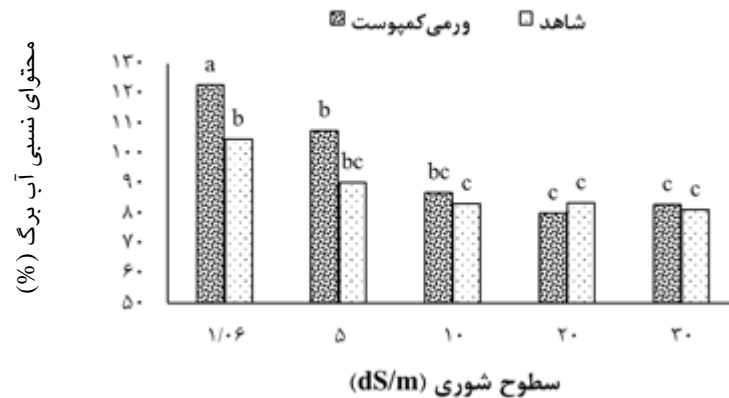
محتوای نسبی آب برگ

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل تیمارهای ورمی کمپوست × شوری بر میزان محتوای نسبی آب معنی‌دار شده است ($p < 0.01$). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری × ورمی کمپوست نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ در گیاه کینوا در سطوح شوری ۱/۰۶ شده است. کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ به میزان ۱۴/۷۲، ۱۵/۹۶ و ۴/۰۱ درصد به ترتیب در سطوح شوری ۱/۰۶، ۵ و ۱۰ dS/m شده بود. در سطوح شوری ۱۰، ۲۰ و ۳۰ dS/m، کاربرد ورمی کمپوست اثر معنی‌داری با تیمار شاهد بدون ورمی کمپوست نداشت (شکل ۷).

سید لر فاطمی و همکاران (۲۰۰۹) با مطالعه اثر تنش شوری بر روی توت‌فرنگی مشاهده کردند که با افزایش سطح شوری، محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت و کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌تواند در نتیجه کاهش دسترسی به آب در اثر افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک باشد. کوزلوفسکی و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که کم شدن محتوای نسبی آب برگ نشان‌دهنده کاهش آماس بوده که موجب محدودیت در دسترس بودن آب برای فرآیند توسعه سلولی می‌شود. کاستریلو و تروگیلو (۱۹۹۴) نیز یک همبستگی بین محتوای نسبی

تنش شوری سبب تولید گونه‌های فعال اکسیژن

می‌شود که نشت از غشاهای سلولی را به دنبال خواهد داشت. تنش‌های محیطی از طریق ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن در داخل سلول، موجب کاهش پایداری غشأ و نشت مواد سیتوپلاسمی از آن شده و افزایش نسبت هدایت الکتریکی را به دنبال دارد. توانایی هر چه بیشتر خنثی‌سازی رادیکال‌های اکسیژن و حفظ پایداری غشاهای سلولی، باعث حفظ و تداوم فعالیت‌های حیاتی سلول و در نهایت تولید مواد فتوسنتزی بیشتر خواهد شد (آذری و همکاران ۲۰۱۲). موسکولو و همکاران (۱۹۹۹) معتقدند که در شرایط شور با کاهش میزان فتوسنتز، رادیکال‌های آزاد در سلول تجمع یافته و پراکسیداسیون لیپیدها را تحریک می‌نمایند. احتمالاً ورمی کمپوست با دارا بودن هورمون‌های گیاهی از جمله جیبرلین‌ها و دارا بودن مقادیر زیادی مواد معدنی از جمله کلسیم، می‌تواند نشت الکترولیت‌ها را کاهش دهد و پایداری غشای سلول‌های برگ را بهبود بخشد. سینگ و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که اسید جیبرلیک (GA3) به‌طور معنی‌داری پایداری غشای سلول‌های گلبرگ سوسن (*Lilium longiflorum* L.) را بهبود بخشید. به‌طور مشابه در تیمار با اسید جیبرلیک، نشت الکترولیت‌ها در گل سرخ کاهش یافت (صباح و زایسلین ۱۹۹۴).



شکل ۷- ترکیبات تیماری تنش شوری و ورمی کمپوست برای محتوای نسبی آب برگ گیاه کینوا

ظرفیت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و میزان هیومیک اسید بیشتر بر میزان فتوسنتز و تولید زیست توده کینوا تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود وضعیت رشد و عملکرد آن در شرایط تنش شوری گردیده است؛ بنابراین می توان گفت که استفاده از ورمی کمپوست به عنوان یک کود آلی، علاوه بر بهبود وضعیت کلی خاک، باعث افزایش رشد گیاه و در نتیجه کاهش اثرهای منفی ناشی از شوری (غلظت زیاد سدیم و کلر) در خاکها بر رشد کینوا می شود. البته برای توصیه عملی این یافته ها به کشاورز، نیاز است این آزمایشها در شرایط مزرعه نیز انجام گیرد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر بخشی از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد بوده که در آزمایشگاه بیولوژی خاک و گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شده است که بدینوسیله نویسندگان این مقاله از حمایت های آنان قدر دانی می نماید.

آب برگ و غلظت کلروفیل، پروتئین و فعالیت آنزیم رابیسکو مشاهده کردند. به نظر می رسد که بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی بستر کشت به وسیله ورمی کمپوست (چاندا و همکاران ۲۰۱۱)، علت افزایش رشد گیاهان نسبت به تیمار شاهد می باشد. در تحقیقات دیگر نیز نشان داده شده است که گیاهان در مواجهه با تنش، پتانسیل آب داخلی خود را در مقایسه با خاک تغییر می دهند (تستر و داوونپورت ۲۰۰۳). در تنش های شدید، گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیبات تنظیم کننده اسمزی از جمله پرولین، گلاسیسین بتائین و ترکیبات قندی همانند ساکاروز، فروکتوز و فروکتان می کند تا بتواند پتانسیل آب سلولی را کاهش دهد. این ترکیبات برای گیاه هزینه بر بوده و گیاه این هزینه را از کاهش عملکرد کل یا دانه جبران می کند (مونس ۱۹۹۳).

نتیجه گیری

این آزمایش نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست به میزان دو درصد برای کشت گیاه کینوا، اثرات مثبتی بر خصوصیات رشدی و روابط آبی گیاه در شرایط شوری گذاشته است و ورمی کمپوست از طریق

منابع مورد استفاده

- Abbassi F, Koocheki A and Djafari A. 2009. Evaluation of germination and vegetative growth of modder (*Rubia tinctorum* L.) under different levels of NaCl. Iranian Journal of Crop Sciences, 5 (9): 515-595.
- Ahmad R and Jabeen N. 2009. Demonstration of growth improvement in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. Pakistan Journal of Botany, 41(3): 1373-1384.
- Ahmadinejad R, Najafi N, Aliasgharzad N and Oustan SH. 2012. Effects of Organic and Nitrogen Fertilizers on Water Use Efficiency, Yield and the Growth Characteristics of Wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). Water and Soil Science, 23(2): 177-194.
- Alikhani HA and Mohammadi L. 2008. A comparison of physical and chemical and chemical characteristics of vermicompost and cold compost and the effect of their application on tomato plant growth indices Iranin Journal of Agriculture Sciences, 39(1):201-207.
- Aliyar S, 2021. The effect of endophytic fungus Piriformospora indica on germination and growth of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under salinity stress conditions, MSc, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
- Alizadeh A. 2004. Relationship between Soil and Plant. Imam Reza University Press, Mashhad.
- Allison LE and Moodie CD. 1965. Chemical and Microbiological Properties. Pp: 1379-1396. In: Black CA (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties ASA and SSSA, Madison, WI.
- Amer KH. 2010. Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels. Agricultural Water Management, 97(10): 1553-1563.
- Ansari A and Sukhraj K. 2010. Effect of vermiwash and vermicompost on soil parameters and productivity of okra (*Abelmoschus esculentus*) in Guyana. African Journal of Agricultural Research, 5(14):1794-1798
- Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Welch C and Metzger JD. 2004. Effect of vermicompost produced from food wastes on the growth and yield of greenhouse peppers. Bioresource Technology, 93(2):139-143.
- Astarias A. 2006. Effect of municipal solid waste compost and vermicompost on yield and yield components of plantago ovata. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22 (3): 180-187.
- Atiyeh RM, Arancon NQ, Edwards CA and Metzger JD. 2002. Incorporation of earthworm processed organic wastes into greenhouse container media for production of marigolds. Bioresource Technology, 81: 103-108.
- Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S and Metzger JD. 2001. Pig manure vermicompost as component of a horticultural bedding plant medium: Effect on physiochemical properties and plant growth. Bioresource Technology, 78(1): 11-20.
- Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S and Metzger JD. 2001. Pig manure vermicompost as component as potting media for growth of tomatoes. Journal of Plant Nutrition, 27: 1107-1123.
- Ayers RS and Wescot DW. 1976. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage. FAO, Rome.
- Azeri NasrAbad A and Mirzaei MR. 2012. Effect of sowing date on grain yield and yield components of foxtail millet (*Setaria italica*) promising lines. Seed and Plant Production Journal, 2-28 (1): 95-105.
- Azizi M, Baghani M, Lackzian A and Aroiee H. 2007. Effect of different level of vermicompost and vermiwash spraying on morphological traits and essential oils content of (*Ocimum basilicum*). Journal of Agricultural Science and Technology, 21(2): 17-28.
- Bachman CR and Metzger JD. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. Bioresource Technology, 99:3155-3161.

- Beyk Khoramizi A, Abrishamchi P, Ganjalali A and Parsa M. 2010. The Effect of vermicompost on salinity tolerance of red Bean seedling cultivars derakhshan. (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agroecology Journal*, 2 (3): 475-485.
- Castrillo M and Trujillo I. 1994. Ribulose-1-5, biphosphate carboxylase activity & chlorophyll & protein content in two cultivars of French bean plants under water stress & rewatering. *Photosynthetic*, 30:175-181.
- Chanda S, Dave R and Kaneria M. 2011. In vitro antioxidant property of some Indian medicinal plants. *Research Journal of Medicinal Plants*, 5: 169-179.
- Chartzoulakis K and Klapaki G. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Journal of Horticultural Science*, 86: 247-260.
- Chauhan BS and Johnson DE. 2010. Implications of narrow crop row spacing and delayed *Echinochloa colona* and *Echinochloa crus-galli* emergence for weed growth and crop yield loss in aerobic rice. *Field Crops Research*, 117(2-3): 177-182.
- Edwards CA and Burrows I. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. (Pp. 211-219). In: C.A. Edwards and E.F. Neuhauser (Eds). *Earthworms in Waste and Environmental Management*. SPB Academic Publishing. The Hague, Netherlands.
- FAO, 2012. Available at; <http://www.irc.fao.org/en/about-fao-iyq>.
- Fatemy LS, Tabatabaei SJ, Fallahi E. 2009. The effect of silicon on the growth and yield of strawberry grown under saline conditions. *Journal of Horticultural Science*, 23 (1): 88-95.
- Follet RH, Murphy LS and Donalue RL. 1981. Soil-fertilizer-plant relationship. *Fertilizer Soil Amend*, 6(16): 478-481.
- Gajalakshmi S and Abbasi SA. 2002. Effect of the application of water hyacinth compost/vermicompost on the growth and flowering of *Crassandra undulaefolia*, and on several vegetables. *Bioresource Technology*. 85(2):197-199.
- Greenway H and Munns R, 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Reviews Plant Physiology*, 31: 149-190.
- Hariadi Y, Marandon K, Tian Y, Jacobsen SE and Shabala S. 2011. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. *Journal of experimental botany*, 62(1): 185-193.
- Hashemimajd, K., M. Kalbasi, A. Golchin and H. Shariatmadari. 2004. Comparison of vermicompost and composts horticultural bedding plant medium: Effect on physiochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78(1): 11-20.
- Hilal M, Zenoff AM, Ponessa G, Moreno H and Massa ED. 1998. Saline stress alters the temporal patterns of xylem differentiation and alternative oxidative expression in developing soybean roots. *Journal of Plant Physiology*, 117:695-701.
- Jacobsen SE, Liu F and Jensen CR, 2009. Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Scientia Horticulturae*, 122(2), 281-287.
- Jacobsen SE, Monteros C, Christiansen JL, Bravo LA, Corcuera LJ and Mujica A, 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*, 22,131-139.
- Kafi M, Lahooti M, Zand A, Sharifi H and Goldani M. 1999. *Plant Physiology* (translation). University of Mashhad Publications.
- Kaya C, Higgs D and Kirnak H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 27(3-4): 47-59.

- Kaya C, Kirnak H, Higgs D and Saltali K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulture*, 93: 65- 74.
- Kaya C, Tuna L and Higgs D, 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water-stress condition. *Journal of Plant Nutrition*, 29: 1469-1480.
- Kiran S. 2019. Effects of vermicompost on some morphological, physiological and biochemical parameters of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) under drought stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(2): 352-358.
- Klute A. 1986. *Method of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Ed. Agron. Monogr. Soil Science Society of American Journal. Madison, WI.
- Kozłowski TT. 1997. Responses of Woody Plants to Flooding and Salinity. *Tree Physiology*, 17 (7): 490–490.
- Lakhdar A, Rabhi M, Ghnaya T, Montemurro F, Jedidi N and Abdely C. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of Hazardous Materials*, 171: 29-37.
- Lal Khajanchi SG, Setih M, Sharma PC, Swarup A and Gupta SK. 2007. Effect of NaCl concentration on growth, root morphology and photosynthetic pigment in wheat and barley under solution culture. *Journal of Agrochim*, 51:194-206.
- Levitt J. 1980. *Responses of Plant to Environmental Stress: Water, Radiation, Salt and Other Stresses*. Academic Press, New York, 365.
- McGinnis M, Cooke A, Bilderback T and Lorscheider M. 2003. Organic Fertilizers for basil transplant production. *Acta Horticulturea*, 491: 213- 218.
- Munns R and Tester M .2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biolog*, 59 :651-681.
- Muscolo A, Bavolo F, Gionfriddo F and Nardi S. 1999. Earthworm humic matter produced auxinlike effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(9): 1303-1311.
- Navarro JM, Martinez V and Carvajal V. 2000. Amonium, bicarbonate and calcium effects on tomato Plants grown under saline conditions. *Plant Science*, 157: 89-96.
- Nelson DW, and Sommers LE, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P. 539-579. In: Page AL (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Niakan M, Khavarynejad R and Rezaee B.2003. Effect of chemical fertilizer on quantity and quality of plant oil of peppermint (*Mentha Piperita* L.) in vegetative (leaf) and productive (flowering branches) phase. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 1 (1): 15-19.
- Oliva MA, Rincón R, Zenteno E, Pinto A, Dendooven L and Gutiérrez F. 2008. Vermicompost role against sodium chloride stress in the growth and photosynthesis in tamarind plantlets (*Tamarindus indica* L.). *Gayana Botanica*, 65(1): 10-17.
- Olsen SR and Sommers LE. 1982. Phosphorus. pp 413-430. In: A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part1 chemical and biological properties*. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Ouda L, Druga R, Syka J. 2008. Changes in parvalbumin immunoreactivity with aging in the central auditory system of the rat. *Experimental Gerontology*, 43:782–789.
- Pankovic D, Sakac Z, Kcvrosan S and Plesnicar M. 1999. Acclimation to long term water deficit in the leaves of two sunflower hybrids: photosynthesis, electron transport and carbon metabolism. *Journal of Experimental Botany*, 50 (330): 127-138.
- Paul LC and Metzger JD. 2005. Impact of vermicompost on vegetable transplant quality. *Horticultural Science*, 40(7):2020-2023.
- Peng S, Sanico AL, Garcia FV, Laza RC, Visperas RM, Descalsota JP and Cassman KG. 1999. Effect of leaf phosphorus and potassium concentration on chlorophyll meter reading in rice. *Plant Production Science*, 2(4): 227-231.

- Peyvast GH, Olfati JA, Madeni S and Forghani A. 2007. Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment, 6(1): 43-50.
- Rahnama A, Poustini K, Tavakkol-Afshari R and Tavakoli A. 2010. Growth and stomatal responses of bread wheat genotypes in tolerance to salt stress. World Academy of Science, Engineering and Technology, 47: 14-19.
- Ramirez-Vallejo P and Kelly JD. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica, 99(2): 127-136.
- Rao GG and Rao GR. 1981. Pigment composition and chlorophyllase activity in *Pigeon Pea* and gingelly under NaCl Salinity. Indian Journal of Experimental Biology, 19: 768-770.
- Rosa- Ibara MDL and Maiti RK. 1995. Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. Journal of Plant physiology, 146:515-519.
- Salehi M and Dehghani F. 2018. Guide to Planting, Holding and Harvesting Quinoa in Salinity Conditions. First Edition. Publication of Agricultural Education, 52-57.
- Shirazi SS, Ronaghi AM, Gholami AS and Zahedifar M. 2010. The influence of salinity and nitrogen on tomato fruit quality and micronutrients concentration in hydroponic culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 1(3): 11-22
- Singh A, Kumar J and Kumar P. 2008. Effects of plant growth regulators and sucrose on post harvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of gladiolus. Plant Growth Regulation, 55(3):221-229.
- Sinha RK, Dalsukh V, Krunal C and Sunita A, 2010. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: Reviving the dreams of Sir Charles Darwin. Journal of Agriculture Biotechnology. Sustainable Development, 2(7): 113-128.
- Tabatabaeei SJ. 2009. Principles of Mineral Nutrition of Plants. First Edition. Author's Publications, Page 389.
- Tester M. and Davenport R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Annals of Botany, 91: 503-527.
- Theunissen J, Ndakidemi PA and Laubscher CP. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. International Journal of Physical Sciences, 5: 964-1973.
- Thomas GW. 1982. Exchangeable Cations. p. 159-165. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.