مجله علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان

سال هشتم، شماره بیست‌وچهارم، پاییز ۱۳۹۸، صفحه ۷۹ـ۹٤

تأثیر کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره بر برخی صفات جوانه‌زنی بذر دو رقم کینوا تحت تنش شوری

مهدی امیریوسفی[۱]، محمودرضا تدین[۲*]، مرجان سادات حسینی‌فرد[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۷ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/٤/۲۲**

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه کینوا (رقم‌های ساجاما و تیتیکاکا) تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل سه‌عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این آزمایش، ارقام ساجاما و تیتیکاکا به‌عنوان فاکتور اول، چهار سطح تنش شوری شامل صفر، ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان فاکتور دوم و چهار سطح کود زیستی شامل شاهد، نیتروکسین، بیوفسفر و تلفیق نیتروکسین و بیوفسفر به‌عنوان فاکتور سوم مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این پژوهش، برخی صفات جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیهٔ بذر، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه و وزن تر و خشک گیاهچه بررسی شدند. نتایج آزمایش نشان داد هر دو رقم کینوای مورد مطالعه، در مرحلهٔ جوانه‌زنی تحمل بالایی به شوری دارند و کاربرد کودهای زیستی توانست تحمل به شوری را در هر دو رقم افزایش دهد. به نحوی که به‌جز سرعت جوانه‌زنی در رقم ساجاما، همهٔ صفات اندازه‌گیری‌شده در سطح شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر، در هر دو رقم تحت‌تأثیر کودهای زیستی به‌طرز معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داشتند. نتایج همچنین نشان داد که طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و شاخص بنیه در رقم ساجاما بیشتر از رقم تیتیکاکا بود. اما درصد و سرعت جوانه‌زنی در رقم تیتیکاکا بیشتر بود. در مجموع نتایج نشان داد جوانه‌زنی بذر رقم تیتیکاکا تحت تیمار کود زیستی بیوفسفر در سطح شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر از سایر تیمارهای مورد بررسی بیشتر بود که نشان‌دهندهٔ تحمل این رقم به این سطح شوری در مرحلهٔ جوانه‌زنی است و از آنجایی که یکی از حساس‌ترین مراحل در مقابل تنش شوری، مرحلهٔ جوانه‌زنی است که بر استقرار و تراکم مطلوب بوته تأثیر می‌گذارد، رقم تیتیکاکا می‌تواند به‌عنوان رقمی امیدبخش و با پتانسیل عملکرد بالا که هم از نظر زراعی در شرایط شور عملکرد بالایی داشته باشد و هم محصول تولیدی از کیفیت بالایی برخوردار باشد و جهت کشت در مناطق خشک و شور کشور توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، شاخص بنیهٔ بذر، وزن خشک گیاهچه، کینوا.

---

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد

۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد؛ mrtadayon@yahoo.com

۳. دانشجوی دکتری، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

DOI: 10.22052/deej.2018.7.24.49

مقدمه

شور شدن خاک پدیده‌ای پیش‌رونده محسوب می‌شود به‌طوری که حدود ۱۱درصد از اراضی فاریاب دنیا تحت‌تأثیر درجات مختلفی از شوری قرار دارد (بایبوردی[1] و همکاران، ۲۰۰۹). در ایران نیز حدود ۲۰ میلیون هکتار از اراضی را خاک‌های شور و سدیمی تشکیل می‌دهد که نزدیک به ۱۰درصد کل کشور را شامل می‌شود. در نواحی خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، شوری به‌عنوان مهم‌ترین عامل بازدارندهٔ جوانه‌زنی بذر بیشتر گیاهان شناخته شده است و استقرار گیاهان را محدود می‌کند (امینی‌فر و همکارن، ۲۰۱۰). زیرا در این مناطق، بارندگی کافی برای آبشویی نمک‌ها از منطقهٔ ریشه وجود نداشته و اغلب به‌دلیل بالا بودن میزان تبخیر، بر غلظت نمک در سطح خاک افزوده می‌شود. ازاین‌رو در ایران و سایر نواحی خشک و نیمه‌خشک، شوری از مهم‌ترین مسائلی است که تولید گیاهان زراعی را به‌شدت محدود می‌کند (رمضانی و همکاران، ۲۰۰۹). اولین آثار شوری بر رشد گیاهان با کاهش جوانه‌زنی بذرها و عدم یکنواختی در سبز شدن گیاهان همراه است، به‌طوری که در سطح مزرعه بخش‌های عاری از گیاه، یا همراه با گیاهان ضعیف در حال مرگ، با تراکم بوته به چشم می‌خورد (الکاتونی[2] و همکاران، ۲۰۱۵). در گیاهانی که با بذر تکثیر می‌شوند، مرحلهٔ جوانه‌زنی بذر به‌سبب تأثیری که بر تراکم گیاهی دارد بسیار مهم و حساس است؛ زیرا بقای گیاه و استقرار آن به مراحل ابتدایی رشد وابسته است (ساکر[3] و همکاران، ۲۰۰۷). شوری از طریق کاهش پتانسیل آب و سمیت یون‌های خاص از قبیل سدیم و کلر و کاهش یون‌های غذایی مورد نیاز مثل کلسیم و پتاسیم بر جوانه زدن بذور و رشد آن‌ها تأثیر می‌گذارد و باعث کاهش شاخص جوانه‌زنی و استقرار اولیهٔ گیاهچه می‌شود. در حال حاضر، شناسایی و استفاده از ارقام متحمل به شوری، از مهم‌ترین روش‌های مؤثر در بهره‌برداری و افزایش عملکرد در زمین‌های شور و لب شور نواحی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (قادری و همکاران، ۲۰۱۱).

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd، گیاهی یک‌ساله، دولپه، با ساقهٔ مستقیم و برگ‌های پهن متناوب است که از آمریکای لاتین منشأ گرفته است و به‌عنوان یک گیاه پروتئینی شناخته می‌شود. پروتئین کینوا نسبت به سایر پروتئین‌های گیاهی کیفیت بالایی دارد به نحوی که این گیاه را نسبت به غلات (از نظر اسید آمینه لیزین) و حبوبات (از نظر اسید آمینه‌های متیونین و سیستئین) برتری داده است. در برخی منابع گزارش شده است که ارقامی از کینوا شورزیست اختیاری هستند و می‌توانند تا شوری نزدیک به شوری آب دریا (۴۰ دسی زیمنس بر متر) را نیز تحمل کنند (آدلف[4] و همکاران، ۲۰۱۲). گزارش شده است کینوا به‌دلیل تحمل به تنش‌های خشکی و شوری می‌تواند در دامنه‌ای از شوری خاک که گندم، جو و یا سایر گیاهان زراعی قادر به تولید نیستند بذر تولید کند (جیمز[5]، ۲۰۰۹). تنوع ژنتیکی بالا، تطابق‌پذیری به اقلیم‌های مختلف، ارزش غذایی خوب و کارایی بالای استفاده از منابع، باعث شده است کینوا گیاه مناسبی برای استفاده از منابع آب و خاک در مناطق شور باشد (شکراله[6] و همکاران، ۲۰۱۶). شوری به‌عنوان تنشی غیرزنده، آسیب زیادی به بذرهای در حال جوانه‌زنی وارد می‌کند. گزارش شده است با افزایش سطح شوری، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و همچنین وزن خشک گیاهچه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (ماسای[7] و همکاران، ۲۰۱۰). از آنجا که مراحل اولیهٔ جوانه‌زنی و آغاز خروج ریشه‌چه نسبت به مراحل بعدی رشد گیاهچه، بیشترین حساسیت به تنش شوری را در گیاهان نشان می‌دهد، اگر فرایند جذب آب توسط بذر به‌دلیل افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از شوری دچار اختلال شود، سرعت فعالیت‌های سوخت‌وسازی جوانه‌زنی بذر کند شده و در

1. Bybordi
2. El-Katony
3. Sakr
4. Adolf
5. James
6. Choukr-Allah
9. Massai

نتیجه مدت‌زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (نانوگاکی[1] و همکاران، ۲۰۱۰).

شابالا[2] و همکاران (۲۰۱۲) با مقایسهٔ ارقام مختلف کینوا مشاهده کردند مقاومت به شوری در ارقام مختلف این گیاه متفاوت است. در آزمایشی، جوانه‌زنی بذر کینوا تحت تنش‌های شوری حاصل از NaCl، $CaCl_2$، $MgCl_2$ و KCl، بررسی شد و نتایج نشان داد سرعت جوانه‌زنی در غلظت‌های پایین تمام نمک‌ها، نسبت به تیمار شاهد بدون نمک، افزایش داشته است (پانوکیو[3] و همکاران، ۲۰۱٤).

رزاقی و همکاران (۲۰۱۱) در آزمایشی، مقاومت به شوری را در گیاهان جو و کینوا با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج آزمایش آن‌ها نشان داد که جُو به‌عنوان متحمل‌ترین گیاه زراعی به شوری، تحت تنش شوری ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور کامل از بین می‌رود؛ درحالی‌که عملکرد گیاه کینوا در شوری ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر تنها ٤۸ درصد کاهش یافت. آن‌ها همچنین گزارش کردند گیاه کینوا دارای مکانیسم‌های مختلفی برای مقابله با تنش شوری است که یکی از مهم‌ترین راهکارها وجود کیسه‌های نمکی در سطح و زیر برگ‌های این گیاه است که موجب دفع نمک می‌شود.

امروزه برای کاهش اثر تنش‌های محیطی از جمله تنش‌های شوری و خشکی، از تیمارهای مختلفی به‌ویژه کودهای زیستی استفاده می‌شود. کودهای زیستی در برخی موارد به‌عنوان جایگزین و در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند. استفادهٔ تلفیقی از باکتری‌های محرک رشد (مانند نیتروکسین و بیوفسفر) به همراه کودهای نیتروژن‌دار منجر به افزایش طول اندام هوایی، ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی آفتابگردان شده است (هان[4] و همکاران، ۲۰۰٦). اکنون مشخص شده است که کودهای زیستی علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص، باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه، افزایش کمی و کیفی محصول و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی از جمله خشکی و شوری می‌شوند (ناگاناندا[5] و همکاران، ۲۰۱۰).

به‌منظور مقابله با اثرهای زیان‌بار شوری بر تولید گیاهان زراعی، پژوهش‌های گسترده‌ای دربارهٔ غربالگری این گیاهان برای تحمل به شوری انجام شده است که بیشتر این مطالعات روی گیاهان زراعی مرسوم و تحت میزان و نحوهٔ تحمل شوری توسط گیاه متمرکز شده است و پژوهش‌های کمی دربارهٔ پاسخ گیاهان جدید معرفی‌شده به شرایط شور وجود دارد (سونگر[6] و همکاران، ۲۰۱۱). از آنجا که گیاه کینوا به‌تازگی در کشور به‌عنوان گیاه مناسب مناطق خشک و شور معرفی شده و تاکنون پژوهش‌های اندکی دربارهٔ سازگاری و میزان تحمل این گیاه به تنش‌های غیرزیستی به‌ویژه شوری انجام گرفته است و به‌دلیل خشکسالی‌های ممتد و شدید در طی سال‌های گذشته و کاهش منابع آبی و افزایش شوری آب و خاک در کشور، نیاز به تغییر الگوی کشت با معرفی گیاهان جدید و سازگار با این شرایط است. هدف از این مطالعه، بررسی میزان تحمل به شوری ارقام کینوا به مقادیر مختلف شوری و بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی ارقام با استفاده از کودهای زیستی تحت تنش شوری و توصیهٔ کاربردی برای توسعهٔ کشت این گیاه در مناطق شور کشور بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی جوانه‌زنی بذرهای دو رقم کینوا شامل تیتیکاکا[7] و ساجاما[8] در شرایط تنش شوری به همراه کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل سه‌عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۷ طراحی و انجام شد. در این آزمایش، ارقام ساجاما و تیتیکاکا به‌عنوان فاکتور اول و چهار سطح تنش شوری شامل صفر، ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان فاکتور دوم و چهار سطح کود زیستی شامل شاهد، نیتروکسین، بیوفسفر و تلفیق نیتروکسین و بیوفسفر به‌عنوان

1. Nonogaki
2. Shabala
3. Panuccio
4. Han
5. Nagananda
6. Sevengor
7. Titicaca
8. Sajama

فاکتور سوم مورد ارزیابی قرار گرفتند. کودهای بیولوژیک استفاده‌شده در این پژوهش شامل کود زیستی نیتروکسین (حاوی باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن از جنس *Azotobacter chorococum*، *Azospirillum lipoferoum* و حل‌کنندهٔ فسفات از جنس *Pseudomonas* sp. با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر)، و بیوفسفر (شامل دو نوع باکتری حل‌کنندهٔ فسفر از گونه‌های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و گونه‌ای از *Pseudomonas putida* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با 10^8سلول زنده در هر گرم) است که از شرکت زیست‌فناوری فرزانگان خریداری شدند. بذور کینوا نیز از شرکت کیان تجارت سانا در استان گلستان تهیه شد. در ابتدا برای هر پتری‌دیش ۵۰ عدد بذر استفاده شده و با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۵درصد به‌مدت سه دقیقه ضدعفونی، سپس سه بار با آب مقطر شست‌وشو شدند. به‌منظور تهیهٔ سطوح شوری از کلریدسدیم خالص که از شرکت کیما تهران اسید تهیه شده بود استفاده شد؛ غلظت شوری در هر تیمار به‌وسیلهٔ دستگاه تعیین هدایت الکتریکی (EC متر) مدل CTS-406 ساخت شرکت EZDO کشور تایوان تعیین شد. سپس بذور روی کاغذ واتمن در پتری‌دیش‌ها قرار داده شد و مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از محلول‌های سطوح مختلف شوری به آن‌ها اضافه شد. پتری‌دیش‌ها برای جوانه‌زنی به دستگاه ژرميناتور با دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد (۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی) و رطوبت نسبی ۶۰درصد منتقل شدند. نخستین شمارش بذرهای جوانه‌زده ۲۴ ساعت پس از انتقال آن‌ها به ژرميناتور صورت گرفت و بذرهایی که ریشه‌چهٔ آن‌ها قابل رؤیت بود، به‌عنوان جوانه‌زده شمارش شدند. صفات جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه و شاخص بنیه بر اساس روش‌ها و معادلات زیر اندازه‌گیری و محاسبه شدند. بعد از آن، به‌منظور اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و گیاهچه و مقایسهٔ آن‌ها با شاهد، از هر تیمار به‌طور تصادفی ۴ بذر جوانه‌زده انتخاب شده و به‌وسیلهٔ خط‌کش اندازه‌گیری شد. در این پژوهش برای محاسبهٔ درصد جوانه‌زنی از رابطهٔ (۱)، برای تعیین سرعت جوانه‌زنی از رابطهٔ (۲) (مگیور[1]، ۱۹۶۲) و برای شاخص بنیه از رابطهٔ (۳) (عبدالباکی و آندرون[2]، ۱۹۷۳) استفاده شد.

$$Gp= 100* NG/NT \quad (۱)$$

که در آن، Gp درصد جوانه‌زنی، NG تعداد بذرهای جوانه‌زده و NT تعداد کل بذرهاست.

$$Rs== \sum ni=1(Si / Di) \quad (۲)$$

در این رابطه، Rs سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)، Si تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش، Di تعداد روز در هر شمارش تا شمارش nام بود.

$$Vi= (Ls*Gp)/100 \quad (۳)$$

که در آن، Vi شاخص بنیه، Ls میانگین طول گیاهچه‌ها (مجموع میانگین طول ریشه و ساقه) و Gp درصد جوانه‌زنی بذرهاست. به‌منظور تجزیهٔ آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخهٔ ۹/۱ و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵درصد استفاده شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم و ارائه شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

درصد جوانه‌زنی در بذر هر دو رقم کینوا تحت‌تأثیر رقم، تنش شوری و اثر برهم‌کنش رقم در کود زیستی در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). این صفت در رقم تیتیکاکا ۶/۸درصد بیشتر از رقم ساجاما بود. همچنین کاربرد تیمار تلفیق کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، درصد جوانه‌زنی را در رقم تیتیکاکا به‌طور معنی‌داری نسبت به رقم ساجاما افزایش داد (شکل ۱). با این حال، جمالی و همکاران (۲۰۱۶) اختلاف معنی‌داری را در درصد جوانه‌زنی بین رقم ساجاما و تیتیکاکا مشاهده نکردند. گیاهان هالوفیت قادرند در غلظت‌های بالای شوری جوانه بزنند؛ اگرچه این گیاهان نیز در مرحلهٔ جوانه‌زنی و استقرار بوته، به شوری تحمل کمتری دارند (اوکو[3] و همکاران، ۲۰۰۵). با این حال در برخی منابع گزارش شده است که کینوا در مرحلهٔ جوانه‌زنی تحمل بالایی

1. Maguire
2. Abdul-Baki and Anderon
3. Okcu

به شوری دارد (آدلف و همکاران، ۲۰۱۲). گزارش شده است با افزایش شوری آب، درصد جوانه‌زنی بذور کینوا کاهش می‌یابد. با وجود این، در شوری‌های بالا، بذور در حال رکود باقی می‌مانند و قوهٔ نامیهٔ آن‌ها حفظ می‌شود. این بذرها با مناسب شدن شرایط رطوبتی و کاهش شوری خاک جوانه می‌زنند، با این حال حساسیت یا تحمل به تنش شوری وابستگی زیادی به رقم دارد (ال یسفی[1] و همکاران، ۲۰۱۲). اثرات بازدارندگی کلریدسدیم بر جوانه‌زنی بذر می‌تواند به‌دلیل تأثیر مستقیم آن بر رشد جنین باشد. شوری به‌وسیلهٔ کاهش پتانسیل آب خاک و تأثیر یونهای جذب‌شده بر آنزیم‌ها و هورمون‌های فعال داخل بذر باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود (رانگانایاکولو[2] و همکاران، ۲۰۱۳). میکروارگانیسم‌ها می‌توانند نقش مهمی در راهکارهای سازگاری بازی کنند و تحمل به تنش‌های غیرزنده را در گیاهان زراعی افزایش دهند. کودهای زیستی همچنین با تولید ایندول‌استیک در محیط رشد ریشه، درصد جوانه‌زنی را افزایش می‌دهند (ابوگاچ[3] و همکاران، ۲۰۰۹).

سرعت جوانه‌زنی

سرعت جوانه‌زنی تحت‌تأثیر تیمارهای رقم، تنش شوری و کود زیستی قرار گرفت، به‌طوری که اثرات ساده و اثر برهم‌کنش دوگانه و اثر برهم‌کنش سه‌گانهٔ آن‌ها نیز در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). رقم تیتیکاکا در کلیهٔ تیمارهای کود زیستی و سطوح مختلف شوری سرعت جوانه‌زنی بیشتری نسبت به رقم ساجاما در تیمارهای مشابه داشت (شکل ۲). این موضوع نشانگر سریع‌تر بودن رشد اولیه در رقم تیتیکاکاست. اویسی[4] (۲۰۱۷) گزارش کرد که سرعت جوانه‌زنی در رقم تیتیکاکا بیشتر از رقم ساجاماست؛ این مطلب تأییدی بر یافته‌های پژوهش حاضر است. در رقم ساجاما با افزایش پتانسیل اسمزی محیط کشت، سرعت جوانه‌زنی بذرها در تمامی سطوح شوری به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. با وجود این، کاربرد کودهای زیستی بیوفسفر و تلفیق نیتروکسین و بیو فسفر توانست سرعت جوانه‌زنی را تا سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر در رقم تیتیکاکا نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد (شکل ۲). اولین اثر تنش شوری بر مراحل رشد گیاهی ناشی از کاهش پتانسیل آب محیط بوده، به‌طوری‌که در مراحل اولیهٔ جوانه‌زنی، جذب آب توسط بذر را مختل کرده و باعث تأخیر در جوانه‌زنی می‌شود (گراور[5] و همکاران، ۲۰۰۳) با وجود اینکه حساسیت مرحلهٔ جوانه‌زنی نسبت به تنش شوری حتی در گیاهان هالوفیت نیز گزارش شده است، سرعت بالای جوانه‌زنی یک ویژگی اساسی برای گیاهانی است که با مناطق تحت شرایط تنش شوری سازگارند. از طرف دیگر، تنش شوری در طی مراحل جوانه‌زنی باعث مختل شدن واکنش‌های بیوشیمیایی سلول و فعالیت‌های آنزیمی، به‌ویژه آنزیم‌های آمیلاز و گلوکوزیداز می‌شود. این آنزیم‌ها در هیدرولیز مواد نشاسته‌ای ذخیره‌شده در بذر و تولید انرژی لازم برای سایر فرایندهای متابولیکی سلول نقش دارند. علاوه بر این، تنش شوری موجب تغییر در وضعیت هورمونی جنین و تولید آبسیزیک اسید (ABA) شده که از طریق القای خواب و تحمل خشک شدن بذر و ممانعت از نمو جنین و انتقال به رشد رویشی، تأثیر زیادی بر پاسخ به تنش اسمزی در مرحلهٔ جوانه‌زنی و سرعت جوانه زدن بذور دارد (ماسکولو[6] و همکاران، ۲۰۱۳). کودهای زیستی در محیط‌های شور موجب می‌شوند بذر کمتر تحت‌تأثیر سمیت نمک و کمبود آب قرار گرفته و از این طریق باعث بهبود سرعت جوانه‌زنی تحت تنش شوری می‌شوند (بایبوردی و همکاران، ۲۰۰۹).

1. El-Youssfi
2. Ranganayakulu
3. Abugoch
6. Oveisi

5. Grover
6. Muscolo

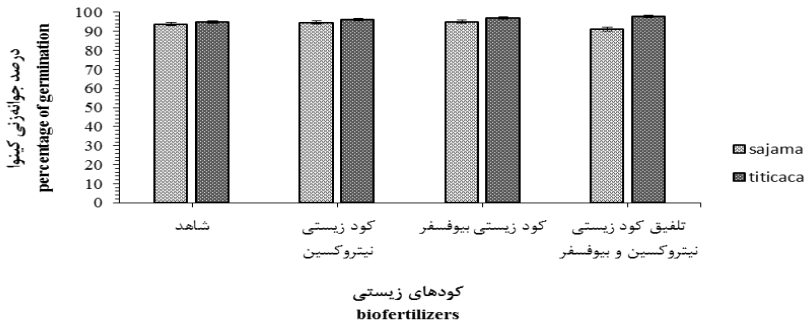
جدول (۱): نتایج تجزیهٔ واریانس اثر رقم، تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی بر صفات جوانه‌زنی بذر کینوا

Table (1): Results of variance analysis of varietal effect, drought stress and biofertilizer application on seed germination traits of quinoa

منابع تغییر (S.O.V)	درجهٔ آزادی (df)	میانگین مربعات Mean Square							
		درصد جوانه‌زنی Germination٪	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate	شاخص بنیه Vigor Index	طول ساقه‌چه Primary Shoot Length	طول ریشه‌چه Primary Root Length	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Primary Root to Primary Shoot Length Ratio	وزن تر گیاهچه Seedling Fresh Weight	وزن خشک گیاهچه Seedling Dry Weight
تکرار Replication	2	15.82$^{n.s}$	0.31$^{n.s}$	1.82**	0.548**	0.521**	0.0001$^{n.s}$	17.29**	1.49**
رقم Cultivar (a)	1	184.27**	484.02**	21.65**	1.356**	5.806**	0.037**	629.65**	135.14**
تنش شوری Salt stress (b)	3	255.78**	107.2**	4.31**	1.965**	1.977**	0.061**	513.13**	5.05**
کود زیستی Bio-fertilize (c)	3	15.37$^{n.s}$	47.58**	17.63**	8.23**	11.343**	0.287**	1599.25**	63.99**
a×b	3	7.09$^{n.s}$	12.18**	1.37**	0.044$^{n.s}$	0.956**	.017**	1.52$^{n.s}$	0.31**
b×c	3	10.05$^{n.s}$	1.11*	0.21**	0.505**	0.097**	0.0033**	1.81$^{n.s}$	0.24**
a×c	9	39.28**	12.93**	0.63**	0.93**	0.42*	0.0036**	18.96$^{n.s}$	0.22**
a×b×c	9	8.41$^{n.s}$	1.75**	0.21**	0.84**	0.099**	0.0026**	3.98*	0.12**
اشتباه آزمایش Error	62	5.801411	0.46	0.5	0.18	0.015	0.0005	1.56	0.02
ضریب تغییرات C.V%	–	2.52	2.68	1.64	1.78	2.12	3.06	2.7	2.07

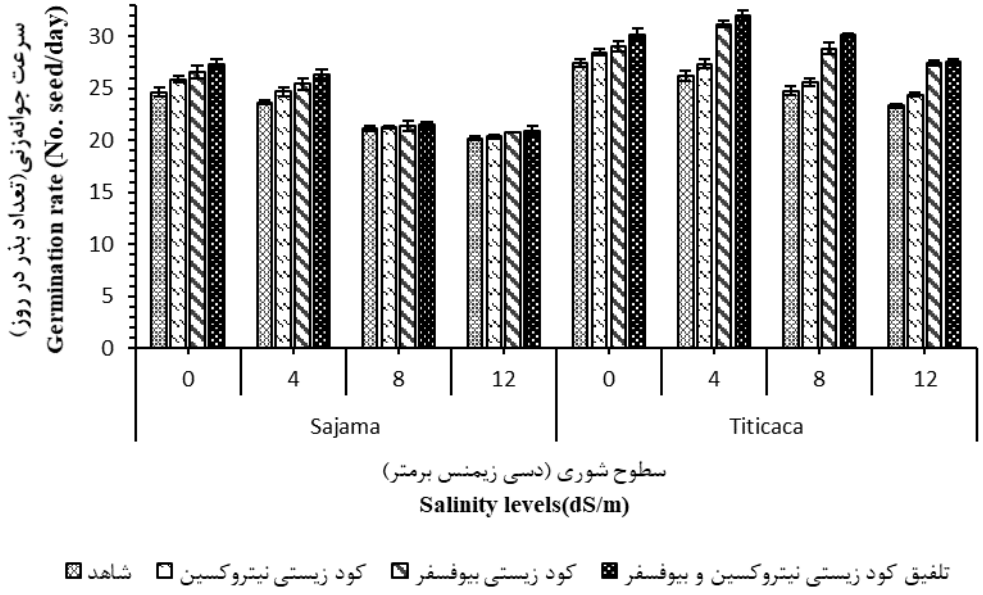
ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns,* and **: not significant, significant at P ≤ 0.01 and P ≤ 0.05 respectively



شکل (۱): مقایسهٔ میانگین درصد جوانه‌زنی ارقام کینوا تحت‌تأثیر کود زیستی

Figure (1): Comparison of mean percentage of germination rate of quinoa cultivars under the influence of biofertilizer



شکل (۲): مقایسهٔ میانگین سرعت جوانه‌زنی ارقام کینوا تحت‌تأثیر تنش شوری و کود زیستی

Figure (2): Comparison of mean Germination rate of quinoa cultivars under the influence of salinity stress and biofertilizer

شاخص بنیهٔ بذر

تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد اثر برهم‌کنش رقم در تنش شوری در کود زیستی برای صفت شاخص بنیه در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). شاخص بنیهٔ بذر که می‌تواند معیار مناسبی برای پیش‌بینی توان ادامه رشد در بذر جوانه‌زده باشد، در هر دو رقم ساجاما و تیتیکاکا در بذوری که تحت تیمار کودهای زیستی قرار گرفته بودند، با افزایش شوری تا سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر، به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (شکل ۳). این موضوع نشانگر سازگاری رشد گیاه کینوا در محیط‌های شور است. شاخص بنیه به‌عنوان تابعی از درصد جوانه‌زنی، تحت‌تأثیر همهٔ عوامل کاهندهٔ درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. با افزایش شوری و افزایش پتانسیل اسمزی جذب آب توسط بذر کاهش می‌یابد که نشان‌دهندهٔ اثر بازدارندگی شوری بر درصد جوانه‌زنی است و در پی آن کاهش بنیهٔ بذر اتفاق می‌افتد (پانوکیو و همکاران، ۲۰۱٤). کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر توانست شاخص بنیه را در تمام سطوح شوری نسبت به شرایط عدم کاربرد کود زیستی در همان سطح شوری افزایش دهد (شکل ۳). از آنجا که شاخص بنیهٔ بذر به غیر از عامل درصد جوانه‌زنی وابسته به طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نیز هست، با افزایش شوری و کاهش این صفات، شاخص بنیهٔ بذر نیز کاهش می‌یابد. کودهای زیستی باعث افزایش طول ساقه‌چه در شرایط تنش شوری می‌شوند و از این طریق سبب بهبود رشد و شاخص بنیهٔ بذر می‌گردند (باسرا[1] و همکاران، ۲۰۰۵).

طول ساقه‌چه

اثر برهم‌کنش تیمارهای رقم در تنش شوری در کود زیستی برای صفت طول ساقه‌چه در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین طول ساقه‌چه (۸/۸۱ سانتی‌متر) مربوط به رقم ساجاما با تیمار کود زیستی نیتروکسین تحت تیمار ٤ دسی‌زیمنس شوری بود و کمترین طول ساقه‌چه (٦/٦١ سانتی‌متر) در رقم تیتیکاکا در شرایط عدم کاربرد کود زیستی و سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس مشاهده شد. همچنین کاربرد نیتروکسین در همهٔ سطوح شوری توانست طول ساقه‌چه را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کود زیستی در همان سطح شوری افزایش دهد (شکل ٤).

1. Basra

از آنجایی که در همهٔ تیمارها با افزایش شوری تا سطح ٤ دسی‌زیمنس بر متر، ابتدا طول ساقه‌چه افزایش و سپس با بالا رفتن سطح شوری کاهش یافت، می‌توان بیان کرد که شوری احتمالاً در گیاه کینوا به‌دلیل داشتن ویژگی‌های ذاتی هالوفیتی (هریـ ادی[1] و همکاران، ۲۰۱۱). در غلظت کم و متوسط به‌عنوان محرک رشد ساقه‌چه نقش داشته است. در بین تیمارها نیتروکسین، مؤثرترین تیمار بر طول ساقه‌چه با افزایش سطوح شوری بود. کودهای زیستی با تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، تولید هورمون‌های گیاهی به‌وسیلهٔ باکتری‌ها و تقویت جذب و انتقال مواد معدنی موجب رشد و نمو بیشتر گیاهچه می‌شوند (فاطما[2] و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه‌ای که روی گندم انجام گرفت مشخص شد گونه‌های *Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas putida* منجر به افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شوند. (سالانتور[3] و همکاران، ۲۰۰٦). کود بیولوژیک نیتروکسین به‌دلیل دارا بودن مجموعه‌ای از باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، باعث افزایش تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین و جیبرلین شده و در نتیجه تقسیم سلولی در گیاه بیشتر تحریک شده و از این طریق طول اندام هوایی افزایش یافته است. دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به‌خصوص نیتروژن از طریق تأثیر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر است. به همین علت، بیشترین رشد رویشی در تیمار کود زیستی نیتروکسین مشاهده شد. با توجه به اثر برهم‌کنش بین تیمارها، اختلاف اجزای رشد رویشی را می‌توان به تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در شرایط تنش شوری نسبت داد.

طول ریشه‌چه

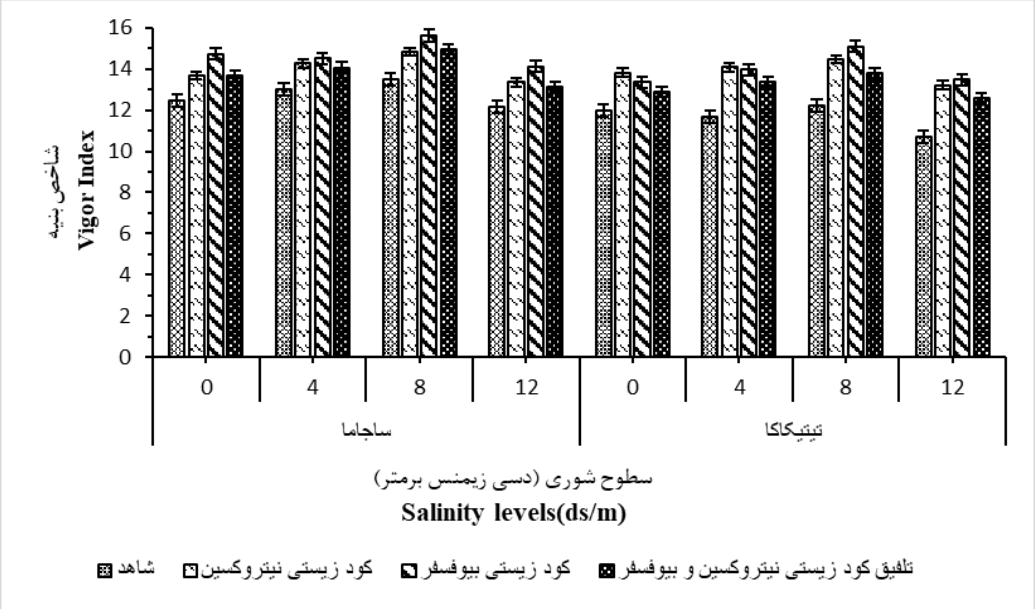
طول ریشه‌چه تحت‌تأثیر تمام تیمارهای آزمایش قرار گرفت و در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). همان طور که در شکل (۵) قابل مشاهده است، کود زیستی بیوفسفر طول ریشه‌چه را بیش از تیمارهای دیگر افزایش داده است. بیشترین طول ریشه‌چه متعلق به رقم ساجاما با تیمار کود زیستی بیوفسفر در تیمار شاهد شوری معادل ۷/۵۵ سانتی‌متر بود (شکل ۵). تحت تنش شوری عملکرد هورمون سیتوکینین در ریشه‌چه متوقف می‌شود که در اثر آن تقسیم سلولی و در نتیجه طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد. بنابراین طول ریشه‌چه معیار مناسبی برای اندازه‌گیری تحمل به تنش شوری در گیاهان مختلف است (نور[4] و همکاران، ۲۰۰۱). طول ریشه‌چه با افزایش شوری به سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۱۵/۱٤درصد در رقم تیتیکاکا و ۹/۱۲درصد در رقم ساجاما افزایش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت گیاه کینوا تحمل بالایی به تنش شوری دارد و با افزایش طول ریشه‌چه جذب بهتر آب و مواد غذایی را سبب می‌شود و از این طریق اثرات منفی تنش شوری را کاهش می‌دهد. نتایج آزمایش تیلاک[5] و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که کودهای زیستی علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه‌چه می‌شوند. آن‌ها همچنین گزارش کردند که کاربرد کود بیوفسفر سبب افزایش طول ریشه‌چه در گندم شد که این موضوع با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. کاربرد کودهای زیستی با مکانیسم‌های متعددی سبب افزایش رشد و عملکرد کمی در گیاهان می‌شود. افزایش فراهمی عناصر با افزایش انحلال مواد و عناصر غذایی و تولید مواد کلات‌کننده در محیط ریزوسفر، افزایش جذب عناصر غذایی، بیوسنتز هورمون‌های گیاهی کنترل پاتوژن‌های گیاهی و مقاومت گیاه در برابر آن‌ها، تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی از جمله این مکانیسم‌هاست (ناگاناندا و همکاران، ۲۰۱۰).

نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه

نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و هریک از اثرات سادهٔ رقم، تنش شوری و کاربرد کود زیستی و اثر برهم‌کنش دوگانه و سه‌گانه بر این صفت در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود

1. Hariadi
2. Fatma
3. Salanture
4. Noor
5. Tilak

(جدول ۱). همان طور که در شکل (٦) مشاهده می‌شود، این نسبت برای رقم ساجاما در همهٔ تیمارهای کود زیستی ابتدا با افزایش شوری به سطح ٤ دسی‌زیمنس بر متر کاهش و سپس با افزایش سطوح شوری روند افزایشی داشت. در رقم تیتیکاکا نیز نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه در همهٔ تیمارها با افزایش سطح شوری به ٤ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. سپس با افزایش سطح شوری به ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به سطح شوری قبل افزایش یافت. کاربرد کود زیستی بیوفسفر، نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه را بیشتر از تیمارهای دیگر افزایش داد. همچنین تیمار کود زیستی نیتروکسین در تمام سطوح شوری نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه را در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود زیستی در همان سطح شوری به‌طور معنی‌داری کاهش داد (شکل ٦). این موضوع را می‌توان به تأثیر مثبت نیتروکسین در افزایش طول ساقه‌چه و در نتیجه کاهش نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مربوط دانست (کادر[1] و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی یکی از روش‌های بسیار مؤثر سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله خشکی و شوری است. در شرایطی که میزان رشد ریشه به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از رشد ساقه باشد، تعرق کاهش می‌یابد؛ درحالی‌که سیستم ریشهٔ گیاه، آب مورد نیاز خود را از حجم زیاد خاک دریافت می‌کند و نشان‌دهندهٔ تحمل بیشتر گیاه به شرایط تنش است (زارعی و همکاران، ۲۰۰۷). تأثیر مفید نیتروکسین بر طول اندام هوایی را گزارش کردند و آن را به تولید هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین نسبت دادند. کاپولنیک و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی خود بر روی گیاه مریم‌گلی گزارش کردند که با افزایش سطوح شوری طول گیاهچه افزایش یافت؛ آن‌ها دلیل این موضوع را به افزایش طول ریشه‌چه در مقابله با شوری نسبت دادند. در شرایط تنش اسمزی بسیاری از گیاهان، بخش زمینی را گسترش داده و نسبت ساقه به ریشه را کاهش می‌دهند تا بتوانند آب مورد نیاز گیاه را تأمین کرده و تنش کمتری به اندام هوایی وارد کنند (پانوکیو[2] و همکاران، ۲۰۱٤). باکتری‌های موجود در کودهای زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن و متعادل کردن جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای مختلف موجب رشد و توسعهٔ ریشه و اندام هوایی شده که این مسئله سبب آسیمیلات بیشتر و انتقال آن‌ها به سایر اندام‌ها می‌شود (بانچیو[3] و همکاران، ۲۰۰۸).

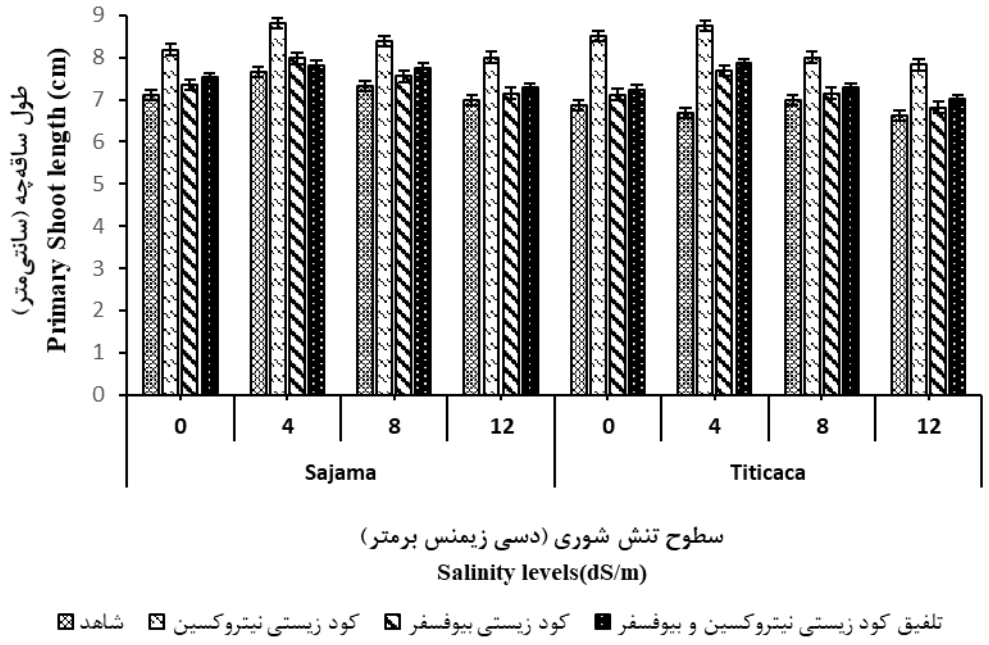


شکل (۳): مقایسهٔ میانگین شاخص بنیهٔ ارقام کینوا تحت‌تأثیر تنش شوری و کود زیستی

Figure (3): Comparison of mean vigor index of quinoa cultivars under the influence of salinity stress and biofertilizer

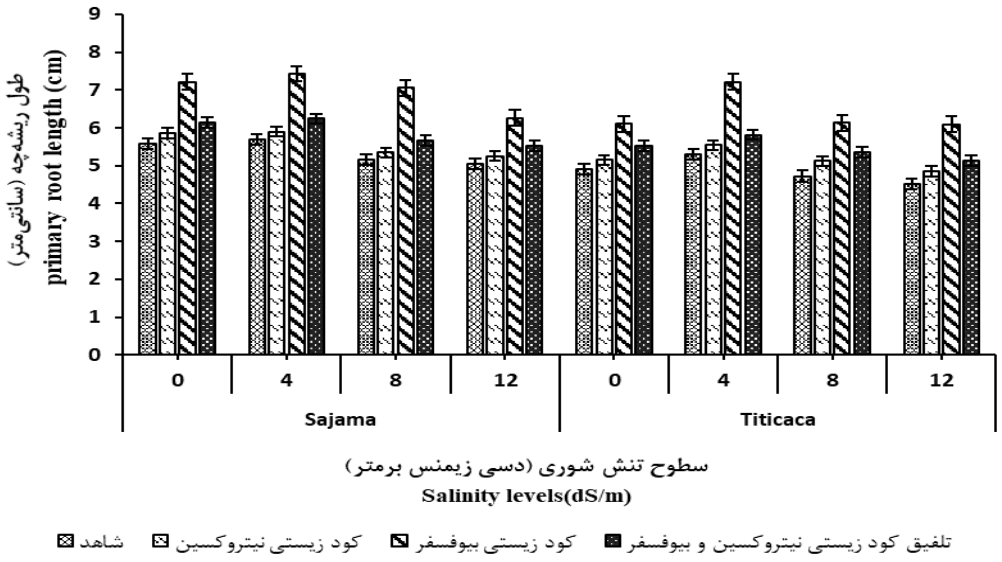
1. Kader

2. Kapulnik
3. Banchio



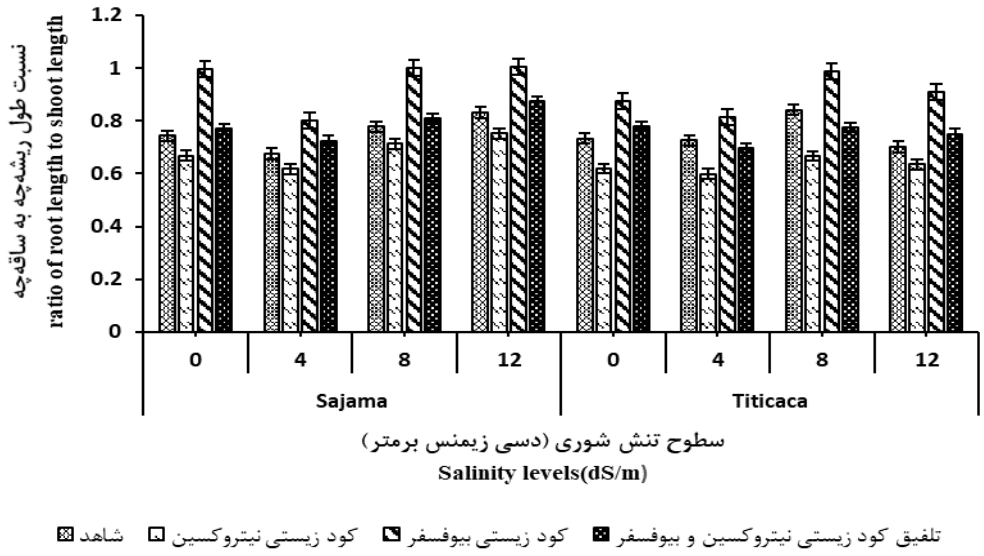
شکل (٤): مقایسهٔ میانگین طول ساقه‌چه ارقام کینوا تحت‌تأثیر تنش شوری و کود زیستی

Figure (4): Comparison of mean primary shoot length of quinoa cultivars under the influence of salinity stress and biofertilizer



شکل (٥): مقایسهٔ میانگین طول ریشه‌چه ارقام کینوا تحت‌تأثیر تنش شوری و کود زیستی

Figure (5): Comparison of mean primary root length of quinoa cultivars under the influence of salinity stress and biofertilizer



شکل (٦): مقایسهٔ میانگین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه ارقام کینوا تحت‌تأثیر تنش شوری و کود زیستی

Figure (6): Comparison of mean primary root to primary shoot length ratio of quinoa cultivars under the influence of salinity stress and biofertilizer

وزن تر گیاهچه

تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد اثر برهم‌کنش رقم در تنش شوری در کود زیستی برای صفت وزن تر گیاهچه در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). وزن تر گیاهچه در رقم ساجاما ۱۷/۳۸درصد بیشتر از رقم تیتیکاکا بود. با افزایش سطح شوری به ٤ دسی‌زیمنس بر متر وزن تر گیاهچه در هر دو رقم ساجاما و تیتیکاکا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین کاربرد کودهای زیستی بیوفسفر و تلفیق بیو فسفر و نیتروکسین در تمام سطوح شوری توانست وزن تر ریشه‌چه را نسبت به تیمار بدون کود زیستی در همان سطح شوری افزایش دهد (شکل ۷). افزایش وزن تر گیاهچه در غلظت ٤ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم در گیاه کینوا بیانگر توانایی بالای این گیاه در تحمل شوری است. در غلظت‌های پایین نمک، افزایش وزن تر در گیاهان شورپسند می‌تواند ناشی از تجمع یون‌های غیرآلی و محلول‌های آلی به‌منظور سازگاری اسمزی در سطوح پایین شوری باشد، اما در سطوح شوری بالا، فرایند تجزیهٔ منابع ذخیره‌ای و انتقال آن‌ها به قسمت‌های در حال رشد گیاهچه منجر به کاهش وزن می‌شود (مان[1] و همکاران، ۲۰۱۱). جمالی و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی خود روی ارقام ساجاما و تیتیکاکا گزارش کردند که وزن تر گیاه کینوا در سطوح پایین شوری افزایش یافت؛ این مطلب با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد. خاصیت تنظیم‌کنندگی رشد گیاه توسط کودهای زیستی و اثر آن‌ها بر رشد ریشه‌چه، جذب آب را بهبود می‌بخشد و از طریق افزایش وزن تر گیاهچه باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری می‌شود. همچنین کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر باعث افزایش طول و وزن ریشه و اندام هوایی گندم در مرحلهٔ رشد گیاهچه‌ای شد (امیری و همکاران، ۲۰۱۰). آن‌ها دلیل این مشاهده را به تولید هورمون‌های رشد و ترکیبات فعال بیولوژیکی و در نتیجه تحریک تقسیم سلولی گیاهان تلقیح‌شده با باکتری‌های افزایندهٔ رشد نسبت داده‌اند. ازاین‌رو به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی می‌شود.

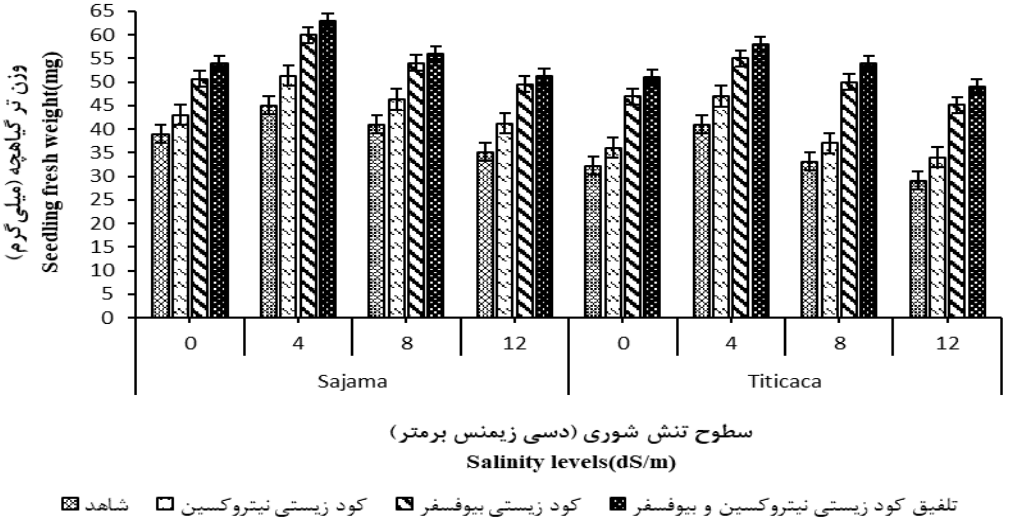
وزن خشک گیاهچه

وزن خشک گیاهچه تحت‌تأثیر رقم، تنش شوری و کود زیستی قرار گرفت، به‌طوری که اثرات ساده و اثر برهم‌کنش دوگانه و اثر برهم‌کنش سه‌گانهٔ آن‌ها نیز در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). بررسی اثر برهم‌کنش نشان داد که در تمام سطوح شوری، وزن خشک گیاهچه در بذوری که تلفیقِ کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر دریافت

1. Mane

کرده بودند، در سطح بالاتری نسبت به سایر تیمارها قرار گرفت. همچنین با افزایش شوری تا سطح ٤ دسی‌زیمنس بر متر، وزن خشک گیاهچه در هر دو رقم ساجاما و تیتیکاکا به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت و پس از آن نیز در رقم ساجاما تا سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری در این صفت نسبت به سطح شوری شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد (شکل ۸). یکی از مکانیسم‌های اثر شوری بر جوانه‌زنی، سمیت یون‌هایی همچون سدیم و کلر و بر هم زدن تعادل یونی از جمله نسبت پتاسیم به سدیم و در نتیجه، کاهش ذخایر انرژی بذر است (تدین و امام، ۲۰۰۷). برای وقوع جوانه‌زنی نیاز به تولید آنزیم‌های هیدرولیزکننده مانند آمیلاز، پروتئاز و فسفاتاز بوده که مسئول هیدرولیز مواد ذخیره‌ای بذر است، این ترکیبات هیدرولیزشده در تولید بافت‌های گیاهچه‌ای در مرحلهٔ جوانه‌زنی بذر مورد استفاده واقع می‌شوند (سونگر و همکاران، ۲۰۱۱). از آنجا که در شرایط تنش اسمزی، دسترسی بذر به رطوبت کاهش می‌یابد (پریسکو[1] و همکاران، ۱۹۹۲). عمل هیدرولیز مواد ذخیره‌ای، برای تولید بافت‌های گیاهچه‌ای با مشکل مواجه شده و وزن خشک گیاهچه کاهش می‌یابد. گیاهان مقاوم به شوری و خشکی در شرایط تنش تولید ریشه‌چه‌های ظریف و نازک و البته طویل می‌کنند. علت افزایش طول ریشه‌چه در شرایط تنش این است که گیاه بتواند با رویکرد تأمین آب توسط بخش وسیع‌تری از اندام زیرزمینی برای اندام هوایی، تنش اسمزی را تحمل کند و اغلب، این گسترش از طریق ایجاد ریشه‌های باریک‌تر یا نازک‌تر حاصل می‌شود (فلاحی[2] و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین به نظر می‌رسد گیاهان در شرایط تنش اسمزی راهکارهای مختلفی را برای کاهش اثرات شوری داشته باشند و گیاهان مقاوم‌تر مانند کینوا با افزایش بیشتر طول اندام زیرزمینی آب و مواد غذایی را بهتر جذب می‌کنند و به این طریق از کاهش رشد و وزن خشک گیاه در محیط شور جلوگیری می‌شود. استفاده از باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش حجم ریشه‌ها شده که در نهایت جذب آب و مواد غذایی را افزایش داده و سبب افزایش وزن خشک گیاه می‌شود (تیلاک و همکاران، ۲۰۰۵).

گزارش شده است که با افزایش سطح شوری، توانایی بالفعل گیاهچه‌ها در جذب آب نسبت به پتانسیل بالقوهٔ آن‌ها در شرایط بدون تنش کاهش می‌یابد؛ این نقصان می‌تواند با اثرات اسمزی تنش شوری مرتبط باشد (بخشایشی قشلاق و همکاران، ۲۰۱۵). در نتیجه به نظر می‌رسد در سطوح بالای شوری، کاهش جذب آب (در اثر ایجاد پتانسیل منفی در محیط شور) از طریق کاهش یا جلوگیری از تقسیم سلولی، سبب ممانعت از رشد گیاهچه و در نتیجه کاهش وزن خشک آن شده است.

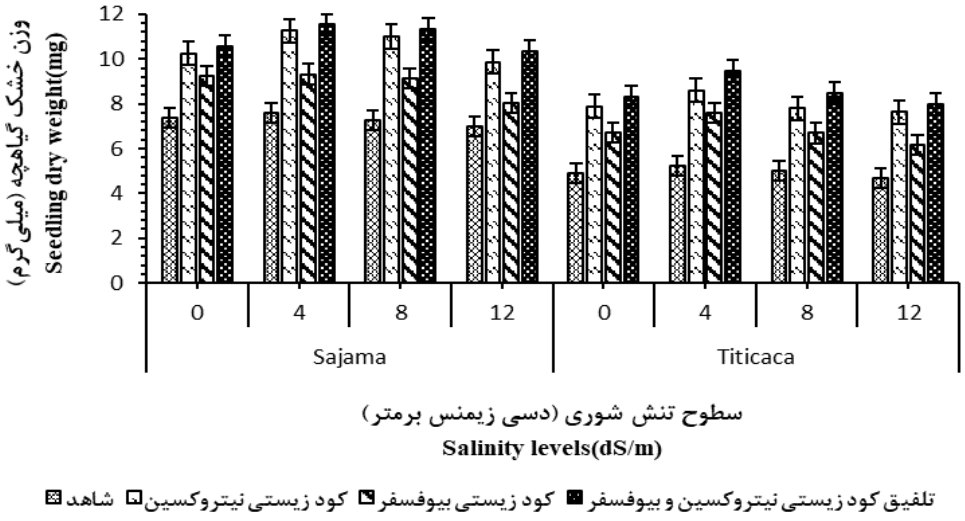


شکل (۷): مقایسهٔ میانگین وزن تر گیاهچه ارقام کینوا تحت‌تأثیر تنش شوری و کود زیستی

Figure (7): Comparison of mean Seedling fresh weight of quinoa cultivars under the influence of salinity stress and biofertilizer

1. Prisco

2. Fallahi



شکل (۸): مقایسهٔ میانگین وزن خشک گیاهچه ارقام کینوا تحت‌تأثیر تنش شوری و کود زیستی

Figure (8): Comparison of mean Seedling dry weight of quinoa cultivars under the influence of salinity stress and biofertilizer

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد جوانه‌زنی در بذر رقم تیتیکاکا تحت تیمار کود زیستی بیوفسفر و سطح شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر از سایر تیمارهای مورد بررسی بیشتر بود. همچنین تیمار کودهای زیستی توانست صفات جوانه‌زنی را در هر دو رقم ساجاما و تیتیکاکا به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. در مجموع، نتایج نشان داد هر دو رقم کینوای مورد مطالعه تحمل و مقاومت مطلوبی به سطوح بالای شوری در مرحلهٔ جوانه‌زنی دارند و با توجه به اینکه شوری از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران است، توسعهٔ کینوا به‌عنوان یک گیاه مقاوم به شوری با ارزش غذایی بسیار بالا می‌تواند راهکاری مناسب برای افزایش بهره‌وری از آب‌ها و زمین‌های شور در کشور باشد. از طرفی در پژوهش حاضر، کود زیستی بیوفسفر در هر دو رقم باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه و در نتیجه افزایش معنی دار شاخص بنیه نسبت به سایر تیمارهای کود زیستی مورد بررسی در تمام سطوح شوری مورد آزمایش شده است. از آنجایی که شاخص بنیهٔ بذر می‌تواند معیار مناسبی برای پیش‌بینی توان ادامه رشد در بذر جوانه‌زده باشد، استفاده از کود زیستی بیوفسفر در کشت گیاه کینوا را می‌توان راهکاری مناسب برای جایگزینی کودهای بیولوژیک با کودهای شیمیایی و به حداقل رساندن مصرف نهاده‌های شیمیایی در راستای تحقق کشاورزی پایدار توصیه کرد.

منابع

1. Abdul-Baki, A.A., Anderon, J.D., 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science, 13: 630-633
2. Abugoch, L., Castro, E., Tapia, C., Anon, M.C., Gajardo, P., Villarroel, A., 2009. Stability of Quinoa Flour Proteins (*Chenopodium quinoa*. Willd.) During Storage. Journal of Food Science and Technol. 44 (10): 2013-2020.
3. Adolf, V.I., Shabala, S., Andersen, M.N., Razzaghi, F., Jacobsen, S-E., 2012. Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. Plant and Soil, 357:117–129.
4. Aminifar, J., Mohsenabadi, G., Ghader, S., 2010. Effect of drought stress on germination and seedling growth of vetch (Vicia sp.). The First National Conference of Environmental stresses inagricultural science, University of Birjand, 28- 29 (In Persian).

5. Amiri, M.B., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., Fallahi, J., Fallah-Poor, F., 2010. Effects of biofertilizers on seedling growth of different cultivars of wheat. The First National Symposium on Agriculture and Sustainable Development. 3-4 April, Islamic Azad University, Shiraz, Iran, pp: 1302-1314. (In Persian)
6. Bakhshayeshi Geshlagh, M., Kazemi, H., Sadeghzadeh Ahari, D., Bakhshayeshi Geshlagh, H., 2015. Physiological effects of salt stress (NaCl) on germination and seedling growth of breed wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Applied Field Crops Research. 119-126. (In Persian)
7. Banchio, E., Bogino, P.C., Zygadlo, J., Giordano, W., 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Organum majorana* L. Biochemical Systematics and Ecology. 36: 766-771.
8. Basra, S.M.A., Farooq, M., Tabassam, R., Ahmad, N., 2005. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing seed treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). Seed Science and Technology. 33: 623-628
9. Bybordi, A., Tabatabaei, J., 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola cultivars (*Brassica napus* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 37 (2): 71- 76.
10. Choukr-Allah, R., Rao, N.K., Hirich, A.M., Shahid, A., Alshankiti, K., 2016. Quinoa for Marginal Environments: Toward Future Food and Nutritional Security in MENA and Central Asia Regions. Frontiers in Plant Science, 70: 1-1
11. El-Katony, T.M., Khedr, A.H.A., Soliman, N.G., 2015. Nutrients alleviate the deleterious effect of salinity on germination and early seedling growth of the psammophytic grass *Elymus farctus*. Botany, 93: 559-571.
12. El-Youssfi, L., Choukr-Allah, R., Zaafrani, M., Mediouni, T., Ba Samba, M., Hirich, A., 2012. Effect of domestic treated wastewater use on three varieties of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) under semi-arid conditions. World Academy of Science, Engineering and Technol oy. 68: 306-309
13. Fallahi, J., Ebadi, M.T., Ghorbani, R., 2009. The effects of salinity and drought stresses on germination and seedling growth of clary. Environmental Stresses in Crop Sciences. 1 (1): 57-67. (In Persian)
14. Fatma, A.G., Lobna, A.M., Osman, N.M., 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. International Journal of Agriculture and Biology 10 (4): 381–387.
15. Ghaderi, S., Ghorbani, J., Gholami, P., Karimzadeh, A., Salarian, F., 2011. Effect of drought andsalinity stresses on germination indices of vetch (*vida villosa l.*). Journal of Agroecology, 3: 120-129 (In Persian).
16. Grover, A., Aggarwal, P.K., Kapoor, A., Katiyar-Agarwal, S., Agarwal, M., 2003 Production of abiotic stress tolerant transgenic crops: Present accomplishments and future needs. Current Science. 84:355–367
17. Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S.E., 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.
18. Han, H.S., Supanjani, D., Lee, K.D., 2006. Effect of coin copulation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment, 52: 130-136.
19. Jamali, S., Sharifian, H., Hezarjeribi, A., Sepahvand, H., 2016. The Effect of different levels of salinity on germination and growth indices of two cultivars of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Journal of Water and Soil Resources Conservation, 6 (1): 88-97. (In Persian)
20. James L.E.A., 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. Advances in food and nutrition research, 58 (1): 1-31.
21. Kader, M.A., Main, M.H., Hoque, M.S., 2002. Effects of Azotobacter inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Biological Science, 2: 259-261.
22. Kapulnik, Y., Okon, Y., Henis, Y., 2007. Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillium* inoculation. Microbiology, 31: 881-887.
23. Maguire, J.D., 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2: 176-177.
24. Mane, A.V., Saratale, G.D., Karadge B.A., Samant, J.S., 2011. Studies on the effects of salinity on growth, polyphenol content and photosynthetic response in *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash Emirates. Journal of Food and Agriculture, 23: 59-70.

25. Massai, R., Remorin, D., Tattini, M., 2010. Gas exchange, water relation and osmotic adjustment in tow scion/rootstock combinations of prunus under various salinity concentrations. Plant and Soil. 259:153-162.
26. Muscolo, A., Panuccio, M. R., Eshel, A., 2013. Ecophysiology of *Pennisetum clandestinum*: a valuable salt tolerant grass. Environmental and Experimental Botany. 92: 55-63.
27. Nagananda, G.S., Das, A., Bhattacharya, S., Kalpana, T., 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany, 6: 394-403.
28. Nonogaki, H., Bassel, G. W., Bewley, J. D., 2010. Germination- Still a mystery. Plant Science, 179 (6): 574-581.
29. Noor, E., Azhar, A.L., 2001. Differences in responses of *gossypium hirsutum* L. varieties to NaCl salinity at seedling stage. International Journal of Agriculture and Biological Sciences. 3 (4): 345-347.
30. Okcu, G., Kaya, M.D., Atak, M., 2005. Effects of salt and drought stress on germination and seedling growth of pea. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 29: 237-242
31. Oveisi, M., 2017. Cardinal temperatures for seed germination of three Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science, 89-100.
32. Panuccio, MR., Jacobsen, S.E., Akhtar, SS., Muscolo, A., 2014. Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. AoB PLANTS, 6: 1-18.
33. Prisco, J.T., Haddad, C.R.B., Bastos, J.L.P., 1992. Hydration– dehydration seed pre-treatment and its effect on seed germination under water stress condition. Brazilian Journal of Botany, 15: 31-50.
34. Ramazani, M., Taghvaei, M., Masoudi, M., Riahi, A., Behbahani, N., 2009. The evaluation of drought and salinity effects on germination and seedling growth caper (*Capparis spinosa* L.). Journal of Rangeland. 2: 411-420 (In Persian).
35. Ranganayakulu, GS., Veeranagamallaiah, G., Sudhakar, Ch., 2013 Effect of salt stress on osmolyte accumulation in two groundnut cultivars (*Arachis hypogaea* L.) with contrasting salt tolerance. African Journal of Plant Science, 12: 586-592.
36. Razzaghi, F., Ahmadi, S.H., Jensen, C.R., Jacobsen, S.-E., Andersen, M.N., 2011. The salt tolerance of quinoa measured under field conditions. 21st International Congress on Irrigation and Drainage. Teheran, Iran. 15-23. October, pp: 149-153. (In Persian).
37. Sakr, M.T., Emery, M.E., Fouda, R.A., Mowufy, M.H., 2007. Role of same antioxidants in alleviatiny soil salinity strees. Journal of Agricultural Science. 32:9751-9763.
38. Salanture, A., Ozturk, A., Akten, S., 2006. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. Plant Soil Environ. 52: 111-118.
39. Sevengor, S., Yasar, F., Kusvuran, S., Ellialtioglu, S., 2011. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. African Journal of Agricultural Research. 6:4920–4924.
40. Shabala, L., Mackay, A., Tian, Y., Jacobsen S-E., Zhou, D., 2012. Oxidative stress protection and stomatal patterning as components of salinity tolerance mechanism in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Physiologia Plantarum. 146:26–3
41. Tadayon, M.R., Emam, Y., 2007. Physiological and morphological response of two barley varieties to salinity stress. Journal of Agriculture Science and Natural Resources. 15 (1): 253-262. (In Persian).
42. Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A.K. and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science. 89: 136-150.
43. Zarei, L., Farshadfar, E., Haghparast, R., Rajabi, R., and Mohammadi SarabBadieh, M. 2007. Evaluation of some indirect traits and indexes to identify drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Asian Journal of Plant Science. 6: 1204-1210.

Effect of Nitrogen and Phosphorus Bio Fertilizers on Some Seed Germination Traits of Two Cultivars of Quinoa under Salinity Stress

Mahdi Amiryousefi[1], Mahmoud Reza Tadayon[2*], Marjan Sadat Hoseinifard[3]

Received: 08/03/2019 Accepted: 13/07/2019

Expanded abstracts

Introduction: salinity is known as the most important inhibitor of seed germination of most plants and limits the establishment of plants in arid and semi-arid regions such as Iran. The first effects of salinity on plant growth are associated with reduced seed germination and lack of uniformity in plant emergence. Currently, identification and utilization of tolerant cultivars are one of the most important methods in exploiting and increasing the yield in dry and saline soils. Because of tolerance to drought stress and salinity, quinoa can produce seed in a zone of soil salinity, which wheat, barley or other crops are not able to produce.

Materials and Methods: In order to study the effect of nitrogen and phosphorus bio fertilizers on seed germination indices of quinoa (Sajama and Titicaca cultivars) under salinity stress, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in 2018. In this experiment, Sajama and Titicaca cultivars as the first factor, four levels of salinity stress (0, 4, 8 and 12 dS/m) as the second factor and four levels of biofertilizer including control, nitroxin, biophosphorus and the combination of nitroxin and biophosphorus as the third one factor was evaluated. In this research, some germination traits including germination percentage, germination rate, vigor index, primary shoot length, primary root length, primary root to primary shoot length ratio and Seedling fresh and dry weight were investigated.

Discussion and Conclusion: The results of the experiment showed that both quinoa cultivars are highly adapted to salinity in the germination stage and application of bio fertilizers could increase the tolerance to salinity in both cultivars so that, except for germination rate in Sajama cultivar, all traits measured in both cultivars at salinity level of 4 dS/m increased significantly under the influence of biological fertilizers in both cultivars compared to the control treatment. By increasing the salinity level to 12 dS/m, the values of seed germination traits decreased. However, even at this salinity level, inoculation treatment with biofertilizers in both cultivars could increase the traits compared to non-biofertilizer treatment at the same salinity level. Among the two cultivars, Sajama cultivar had higher primary shoot length, primary root length and vigor index, but the percentage and rate of germination were higher in Titicaca cultivars. Totally, the results showed that seed germination of Titicaca cultivar under biophosphorus fertilizer treatment at salinity level 4 dS/m was more than other treatments, which indicated the higher level of tolerance in Titicaca cultivar to this level of salinity in the germination stage, and since one of the most sensitive steps against salt stress is the germination stage that affects the establishment and optimum plant density. Titicaca cultivar can be recommended as a promising cultivar with high yield potential, which has high yield in terms of saline agronomic conditions, as well as high quality products for cultivation in arid and salty areas.

Keywords: Primary Root Length, Primary Shoot Length, Vigor Index, Seedling Weight, Quinoa.

1. Ph.D student, Department of Agriculture, Shahrekord University
2. Associate Professor, Department of Agriculture, Shahrekord University; mrtadayon@yahoo.com
3. Ph.D student, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Abouraihan, University of Tehran
DOI: 10.22052/deej.2018.7.24.49