تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶
۳۸۱-۳۹۱
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.595.1127

# تأثیر تنش شوری و روش‌های مختلف پرایمینگ بذر بر سبز شدن و خصوصیات گیاهچه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)

**معصومه صالحی[۱]، ولی سلطانی[۲]، فرهاد دهقانی [۱]**
۱. استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
۲. کارشناس ارشد مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

**تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۷**

**چکیده**

**کینوا (*Chenopodium quinoa*) گیاهی دولپه‌ای، آلوتتراپلوئید، از خانواده Amaranthace، سه کربنه و هالوفیت اختیاری بوده که جزو شبه غلات دسته‌بندی می‌شود. به‌منظور بررسی اثر تنش شوری بر سبز و استقرار اولیه کینوا آزمایشی بر مبنای طرح کاملاً تصادفی با ۵ سطح شوری (dS/m صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶) و چهار تکرار در خاک و کوکوپیت بر روی ژنوتیپ NSRCNQ1 انجام شد. سبز روزانه شمارش و درنهایت وزن خشک و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. معادلات دوتکه‌ای و تابع کاهشی تغییریافته بر داده‌های درصد سبز برازش شد. به‌منظور بهبود سبز در شرایط شور آزمایشی با سه تیمار پرایمینگ [آب، جیبرلیک اسید (۱۰ ppm) و اسید آسکوربیک (۳ ppm)] و چهار سطح شوری (dS/m صفر، ۴، ۸ و ۱۲) در سه تکرار به‌صورت فاکتوریل بر مبنای طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که واکنش کینوا به شوری در مرحله سبز به بستر کاشت بستگی دارد. پنجاه‌درصد کاهش سبز در خاک و کوکوپیت به ترتیب در شوری dS/m ۶/۳۵ و ۱۵/۰۴ مشاهده شد و آستانه کاهش در کوکوپیت و خاک به ترتیب dS/m ۹/۵۲ و ۰/۰۳ بود. سرعت و درصد سبز بذور تحت تنش شوری در کوکوپیت تا شوری dS/m ۱۲ اختلافی با شاهد نداشت و در شوری بالای dS/m ۴ سبز با تأخیر آغازشده و دیرتر به حداکثر رسید. ارتفاع گیاهچه در خاک و کوکوپیت در شوری dS/m۱۲ به ترتیب ۹۱ و ۳۰ درصد کاهش یافت. به‌طورکلی پرایمینگ موجب بهبود سبز کینوا در شرایط خاک شور نشد گرچه هیدرو پرایم تا حدی موجب بهبود سبز شد (۸ درصد). بذور این گیاه قادر است بعد از رفع تنش شوری و دریافت آب با شوری مناسب شروع به سبز نماید. کینوا بعد از مرحله گیاهچه‌ای به تنش شوری تحمل بالایی دارد.**

***واژه‌های کلیدی: سبز، شوری، شورزیست، Chenopodium quinoa***

## مقدمه

جوانه‌زنی و سبز مرحله بسیار حساس از چرخه زندگی گیاهان است. علی‌رغم اینکه گیاهان هالوفیت در شرایط بسیار سخت سبز می‌شوند و بقا می‌یابند ولی تنوع بالایی در بین آن‌ها ازلحاظ تحمل به تنش شوری وجود دارد و جوانه‌زنی هالوفیت‌ها در مناطق خشک بعد از بارندگی اتفاق می‌افتد (Gul et al., 2013; Khan and Gul, 2006). جوانه‌زنی گیاهان هالوفیت در شرایط شور به چند دلیل کاهش می‌یابد: (۱) ممانعت از جوانه‌زنی در شوری بالای حد تحمل گونه‌ها؛ (۲) تأخیر در جوانه‌زنی؛ (۳) از بین رفتن قوه نامیه بذور به دلیل دما و شوری بالا؛ (۴) عدم تعادل هورمون‌های داخل جنین که مانع جوانه‌زنی می‌گردد (Barrett-Lennard et al., 2016). عدم تشکیل گیاهچه بعد از جوانه‌زنی بذور در شرایط شور به دلیل عدم توانایی انتقال مواد و اسیمیلاسیون مواد جدید برای گیاهچه در حال رشد است (Malcolm et al., 2003).

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa*. Willd می‌تواند یک گیاه امیدبخش برای تأمین کالری موردنیاز مردم در اراضی کم بازده باشد. کینوا یک گیاه شورزیست اختیاری

* نگارنده پاسخگو: معصومه صالحی. پست الکترونیک: salehimasomeh@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

است و قادر است تا شوری سطح دریا را تحمل کند (dS/m ۴۰) (Adolf et al., 2012). کینوا گیاه دولپه آلوتتراپلوئید (2n=4X=36) از خانواده Amarantacea و جزو گیاهان سه کربنه است. ارتفاع گیاه از ۰/۵ تا ۲ متر و اندازه دانه ۲ میلی متر و بذور آن میوه و دارای ژنوتیپ‌های حساس به طول روز و روزخنثی است. طول دوره زندگی بسته به رقم و اقلیم بین ۱۰۰ تا ۲۴۰ روز است. تنوع بالای کینوا به تنش شوری و خشکی موجب شده است که این گیاه سازگاری وسیعی به شرایط مختلف اقلیمی داشته باشد (Bhargava et al., 2007). کینوا یک گیاه خودگرده‌افشان است و میزان دگرگرده‌افشانی آن بین ۱۰ تا ۱۷ درصد است (Gomez-Pando, 2015). این گیاه به‌عنوان یک گیاه جدید در کشورهای مختلفی مانند اروپا، آمریکای شمالی، آفریقا، پاکستان، چین و هند با موفقیت کشت شده است (FAO, 2014).

بذور کینوا قابلیت استفاده در تغذیه انسان را دارد و منبع خوبی از آنتی‌اکسیدانت و مواد غذایی مفید و عاری از گلوتن می‌باشند و پتانسیل استفاده برای تهیه نان، سوپ، سالاد، غذای نوزادان و غذای مناسب افراد سلیاک را دارد. بذر این گیاه غنی از پروتئین است برگ‌های آن نیز در سالاد مورداستفاده قرار می‌گیرد. میزان پروتئین بذر این گیاه بین ۱۳/۸۱ تا ۲۱/۹ درصد است و تنها گیاهی است که کل آمینواسیدهای ضروری بدن را تأمین می‌کند (FAO, 2011). تعادل آمینواسیدهای کینوا بهتر از گندم، جو و سویا است. کینوا سرشار از ویتامین E و امگا ۳ است. میزان سدیم آن پایین‌تر و پروتئین و مواد معدنی آن به‌مراتب بالاتر از گندم، جو و ذرت است. بذور گیاه دارای میزان قابل‌توجهی آهن و اسیدفولیک بوده و غذای مناسبی برای افرادی است که دسترسی کمی به پروتئین حیوانی دارند و ناچار هستند پروتئین موردنیاز خود را از منابع گیاهی تأمین نمایند زیرا کینوا غنی از لیزین و اسیدهای آمینه سولفوردار است درحالی‌که پروتئین غلات ازلحاظ این آمینواسیدها کمبود دارد. آرد کینوا در هنگام ترکیب با آرد گندم یا پودر ذرت، به‌عنوان توسعه‌دهنده نشاسته عمل می‌کند که در تولید بیسکویت، نان و غذاهای فرآوری شده استفاده می‌شود. از کینوا، آرد غلات صبحانه و سوپ تهیه می‌شود این آرد به‌تنهایی عاری از گلوتن است. میزان روغن کینوا (۱/۸ تا ۹/۵ درصد) بالاتر از ذرت (۴-۳ درصد) است. ۷۰ درصد روغن کینوا غیراشباع بوده و ۵۵ تا ۶۳ درصد آن امگا ۳، لینولئیک و لینولنیک اسید است (Vega-Gálvez et al., 2010). با توجه به تحمل بالای کینوا به تنش شوری و تولید اقتصادی با منابع آبی که قابل‌استفاده برای گیاهان زراعی معمول نیست، این گیاه برای کشت با منابع آب نامتعارف انتخاب شد. مهم‌ترین مشکل کینوا سبز و استقرار اولیه گیاه با منابع آب‌شور است. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر تنش شوری بر سبز گیاه در دو نوع بستر خاک شنی لومی و کوکوپیت و همچنین رشد گیاهچه و بررسی اثر پرایمینگ بر بهبود سبز در شرایط شور است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش شوری در مرحله سبز کینوا ژنوتیپ NSRCQ1[1] در گلدان پلاستیکی که با خاک شنی لومی و در سینی نشا با کوکوپیت که با ۵ سطح شوری (dS/m صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶) آبیاری شده بودند، کشت شدند. سطوح مختلف آب‌شور از ترکیب آب‌شور و غیر شور چاه ایستگاه تحقیقات شوری صدوق تهیه گردید (جدول ۱). طرح آماری بر اساس طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و ۵ تیمار در دو آزمایش جداگانه در کوکوپیت و خاک انجام شد. قبل از شروع آزمایش گلدان‌ها با آب‌شور تیمار موردنظر آبیاری شدند و بعدازآندازه‌گیری شوری آب زهکش کشت در عمق ۲ سانتی‌متری انجام شد. تعداد بوته‌های سبز شده روزانه به مدت ۱۵ روز شمارش گردید. گلدان‌های پلاستیکی ۳۷ روز بعد از کاشت و سینی نشا روزانه تا ۱۵ روز شمارش و سپس برداشت شد و وزن خشک و ارتفاع گیاهچه اندازه‌گیری شد. معادله دوتکه‌ای ماس و هافمن (Maas and Hoffman, 1977) و تابع کاهشی تغییریافته (Steppuhn et al., 2005) بر درصد نسبی سبز در مقابل آب آبیاری رسم شد (معادله ۱ و ۲). شاخص سبز گیاهچه (Field emergence index (FEI))، میانگین زمان سبز (Mean emergence time (MET))، سرعت سبز گیاهچه (Field emergence rate (FER))، شاخص طولی بنیه گیاهچه (Seedling vigour (SVI1) index 1)، شاخص وزنی بنیه گیاهچه (Seedling (SVI2) vigour index 2) با استفاده از معادلات۳ تا ۷ محاسبه شد (Pasandideh et al., 2014).

[1]. National Salinity Research Center Quinoa Genotype1

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۱. کیفیت آب آبیاری مورداستفاده**

**Table 1. Analysis of applied water quality**

| Water resources | منبع آب | EC dS/m | SAR | Na | Ca | Mg |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | meq.l$^{-1}$ | | |
| **Saline water** | **آب‌شور** | 14.52 | 23.18 | 104.57 | 13.2 | 28.52 |
| **Non Saline water** | **آب غیر شور** | 2.7 | 8.51 | 18.14 | 4.1 | 5.0 |

به‌منظور بهبود سبز در شرایط شور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر مبنای طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور پرایمینگ در سه سطح (آب، جیبرلیک اسید (۱۰ ppm) و اسید آسکوربیک (۳ ppm) و شوری (غیر شور، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر) با سه تکرار انجام شد. قبل از شروع آزمایش گلدان‌ها با آب‌شور تیمار موردنظر آبیاری شدند و بعدازآندازه‌گیری شوری آب زهکش کشت انجام شد. بذور به مدت ۶ ساعت در دمای ۲۵-۲۰ °C در محلول‌های موردنظر همراه با هوادهی با پمپ (جهت تأمین اکسیژن موردنیاز بذر) قرار گرفتند و بعد از هوا خشک شدن در عمق ۲ سانتی‌متری کشت شدند. شمارش روزانه انجام شد و بعد از ۲۱ روز وزن خشک و ارتفاع بوته‌ها اندازه‌گیری شد.

$$Yr = (100 - (b(EC - a))) \qquad [۱]$$

در معادله ۱، b شیب‌خط، EC شوری آب آبیاری و a شوری آستانه برحسب dS/m است.

$$Yr = \frac{1}{1+(C/C_{50})^{\exp(sC_{50})}} \qquad [۲]$$

در معادله ۲، Yr سبز نسبی، C هدایت الکتریکی آب آبیاری برحسب dS/m، $C_{50}$ میزانی از شوری که عملکرد نسبی ۰/۵ (۵۰ درصد) است و s شیب کاهش منحنی است.

$$FEI = \frac{F}{P} \times 100 \qquad [۳]$$

F = سبز گیاهچه (درصد)، P= قوه نامیه بذر.

$$FER = \frac{\text{سبز نهایی گیاهچه}}{\text{کل دوره}} \qquad [۴]$$

$$SVI1 = \frac{\text{جوانه زنی (درصد)}}{\text{طول گیاهچه (میلی متر)}} \qquad [۵]$$

$$SVI2 = \frac{\text{جوانه زنی (درصد)}}{\text{وزن خشک گیاهچه (میلی گرم)}} \qquad [۶]$$

میانگین زمان سبز شدن [۷]  $MET = \frac{\sum f_{xi}}{F}$

در این رابطه f تعداد گیاهچه‌های ظاهرشده در میانه دوره، F حداکثر تعداد گیاهچه ظاهرشده در این دوره است.

ضرایب معادلات با استفاده از نرم‌افزار SAS با استفاده از رویه NLIN و REG برآورد شد. مقایسه میانگین با استفاده از روش LSD با برنامه SAS انجام شد.

## نتایج و بحث

تأثیر تنش شوری بر درصد سبز، ارتفاع بوته، وزن خشک بوته و کلیه شاخص‌های سبز گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۲). شیب کاهش درصد سبز با افزایش شوری در خاک شنی لومی و کوکوپیت ۶/۷۶ و ۸/۲۵ درصد به ازای هر واحد افزایش شوری بود. آستانه کاهش در کوکوپیت و خاک به ترتیب ۹/۵۲ dS/m و ۰/۰۳ بود (شکل ۱). تابع برازش شده با معادله کاهشی تغییریافته در مقابل تیمارهای شوری آب آبیاری دارای ضریب تبیین ۹۹ میانگین مربعات ۴۲/۴ یا کمتر بود (جدول ۳، شکل ۱). بر مبنای این معادله ۵۰٪ کاهش سبز در شوری ۶/۳۵ و ۱۵/۰۴ و شیب‌خط ۰/۱۷ و ۰/۱۲ در خاک و کوکوپیت مشاهده شد. نتایج نشان داد که هر دو مدل اختلاف معنی‌دار نداشتند ولی اختلاف بین دو بستر کشت معنی‌دار بود (جدول ۳).

سبز این گیاه نسبت به مرحله جوانه‌زنی و مراحل بعدی گیاه به شوری حساس‌تر است (Lavini et al., 2014). در شرایط غیر شور بذور در طول ۲ تا ۳ روز سبز شدند و شاخص سبز گیاهچه ۰/۹۶ بود ولی در شوری dS/m ۴، ۸ و ۱۲ این شاخص به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۸۷ درصد در خاک کاهش یافت. سرعت سبز گیاهچه نیز در شوری dS/m ۸ حدود ۵۰ درصد کاهش داشت. شاخص بنیه گیاهچه (طولی و وزنی) حدوداً ۵۰، ۷۵ و ۹۹ درصد در شوری dS/m ۴، ۸ و ۱۲ کاهش یافت (جدول ۴). در کوکوپیت شاخص سبز گیاهچه، سرعت سبز و

Archive of SID

www.SID.ir

میانگین زمان سبز به ترتیب در شوری dS/m ۱۲، ۸ و ۴ کاهش معنی‌دار داشت. شاخص بنیه وزنی در شوری dS/m ۴ کاهش معنی‌دار داشته ولی شاخص بنیه طولی تا شوری ۸ افزایش و در شوری ۱۲ کاهش معنی‌دار داشت (جدول ۴).

**جدول۲. جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سبز گیاهچه و شاخص‌های رشدی**

**Table 2. Analysis of variance (Mean Squares) of seedling emergence and growth indices.**

| S.O.V | درجه آزادی df | شاخص بنیه گیاهچه (طولی) Seedling vigor index (length basis) | شاخص بنیه گیاهچه (وزنی) Seedling vigor index (weight basis) | وزن خشک Dry weight (mg) |
|---|---|---|---|---|
| | | Soil | خاک | |
| شوری Salinity | 4 | 543408358** | 7944346500** | 999674** |
| اشتباه Error | 15 | 3651518 | 32949620 | 19109 |
| ضریب تغییرات CV | | *19.5* | *15.7* | *25.4* |
| | | Cocopeat | کوکوپیت | |
| شوری Salinity | 4 | 2690.7** | 430704** | 209.54** |
| اشتباه Error | 15 | 57.06 | 19462 | 1.39 |
| ضریب تغییرات CV | | *6.16* | *5.32* | *4.27* |

**جدول ۲. ادامه**

**Table 2. Continued**

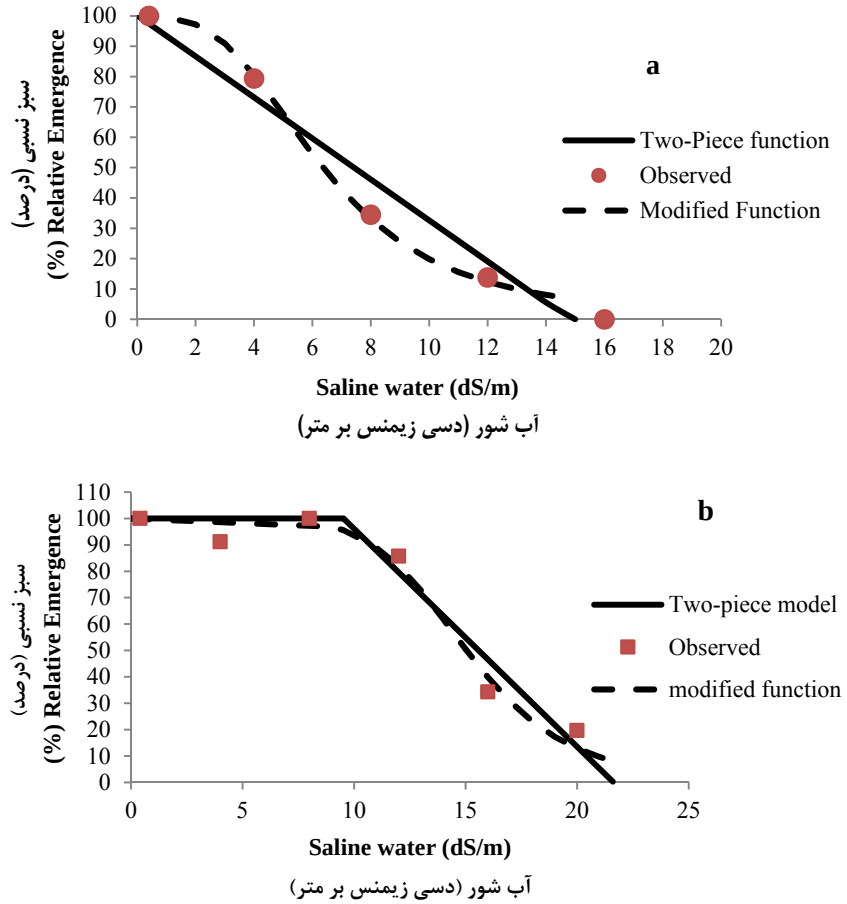
| S.O.V | درجه آزادی df | درصد سبز Emergence (%) | ارتفاع Plant height (cm) | شاخص سبز گیاهچه FEI | سرعت سبز گیاهچه FER | میانگین زمان سبز MET |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Soil | خاک | | |
| شوری Salinity | 4 | 5636.70** | 663.33** | 0.65** | 26.05** | 0.702** |
| اشتباه Error | 15 | 89.62 | 5.23 | 0.006 | 0.257 | 0.0062 |
| ضریب تغییرات CV | | 22.30 | 16.23 | 17.5 | 17.5 | 17.9 |
| | | | Cocopeat | کوکوپیت | | |
| شوری Salinity | 4 | 1803.7** | 15.87** | 0.19** | 8.01** | 1.54** |
| اشتباه Error | 15 | 21.26 | 1.41 | 0.002 | 0.094 | 0.05 |
| ضریب تغییرات CV | | 6.35 | 19.41 | 6.36 | 6.36 | 10.35 |

** معنی‌دار در سطح ۱٪

** Significant at 1% probability level.

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۱. واکنش کینوا به شوری آب آبیاری در مرحله سبز در خاک (a) و کوکوپیت (b) (دو خط برازش شده اعداد پیش‌بینی‌شده هستند و نقاط اعداد مشاهده‌شده).**

**Fig. 1. Quinoa response to saline water at emergence stage in soil (a) and Cocopeat (b) (Lines show predicted data and points show observed data).**

**جدول ۳. ضریب تبیین ($R^2$)، میانگین مربعات (MSER) و ۹۵٪ حدود اطمینان (CI ۹۵٪) و ۵۰٪ کاهش عملکرد ($C_{50}$ برحسب dS/m) و s شیب‌خط تابع کاهشی تغییریافته برای سبز کینوا در خاک و کوکوپیت با سطوح مختلف شوری.**

**Table 3. Coefficient of determination ($R^2$), mean square error (MSER) of C50 (dS/m) and response curve steepness (s) of nonlinear regression fit of the modified exponential decay for quinoa emergence at soil and cocopeat with different salinity levels.**

| | ضریب Coefficient | تخمین Estimate | SE | فاصله اطمینان ۹۵٪ 95% CI | | $R^2$ | MSE | P value" | P value^ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک Soil | $C_{50}$ | 6.35 | 0.25 | 5.55 | 7.15 | 99.7** | 12.07 | 0.41ns | 0.0003** |
| | s | 0.17 | 0.01 | 0.12 | 0.22 | | | | |
| | b | 6.7 | 0.76 | 4.32 | 9.20 | 99.2** | 90.27 | | 0.00001** |
| | a | 0.03 | 1.16 | -3.40 | 3.55 | | | | |
| کوکو پیت Cocopeat | $C_{50}$ | 15.04 | 0.48 | 13.69 | 16.39 | 99.5** | 42.4 | 0.68ns | |
| | s | 0.13 | 0.01 | 0.08 | 0.16 | | | | |
| | b | 8.25 | 1.53 | 3.98 | 12.53 | 99.8** | 75.83 | | |
| | a | 9.52 | 1.35 | 5.77 | 13.27 | | | | |

** معنی‌دار در سطح ۱٪ و ns عدم اختلاف معنی‌دار؛ "مقایسه مدل خطی و کاهشی تغییریافته در هر بستر؛ ^ مقایسه مدل خطی در خاک و کوکوپیت و مدل کاهشی تغییریافته در خاک و کوکوپیت

** Significant at 1% and ns non-significant; ": Comparison of linear and nonlinear model in each substrate; ^: Comparison of linear and modified model in soil and coco peat.

Archive

www.SID.ir

**جدول ۴. مقایسه میانگین شاخص‌های سبز کینوا در خاک شور**

**Table 4. Mean comparison of quinoa emergence indices in saline soil.**

| شوری Salinity (dS/m) | شاخص سبز گیاهچه FEI | سرعت سبز گیاهچه (درصد) FER | میانگین زمان سبز MET | شاخص بنیه گیاهچه (طولی) Seedling vigor index (length basis) | شاخص بنیه گیاهچه (وزنی) Seedling vigor index (weight basis) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Soil | خاک | | |
| Non saline | 0.96 a | 6.08 a | 0.98 a | 27992a | 107891 a |
| 4 | 0.72 b | 4.58 b | 0.77 b | 13914 b | 47514 b |
| 8 | 0.48 c | 3.06 c | 0.25 c | 6739 c | 26595 c |
| 12 | 0.12 d | 0.74 d | 0.19 c | 306 d | 500 d |
| 16 | 0.00 d | 0.00 d | 0.00 d | 0 d | 0 d |
| | | Cocopeat | کوکوپیت | | |
| Non saline | 0.92 ab | 5.8 ab | 2.92 a | 122 b | 3147 a |
| 4 | 0.84 bc | 5.3 bc | 2.25 b | 119 b | 2390 c |
| 8 | 0.94 ab | 6 a | 2.67ab | 147 a | 2688 b |
| 12 | 0.78 c | 5 c | 2.33 b | 149 a | 2727 b |
| 16 | 0.31 c | 2 d | 0.67 c | 75 c | 2143 c |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed with at least one similar letter(s) don't have significant differences based on LSD test.

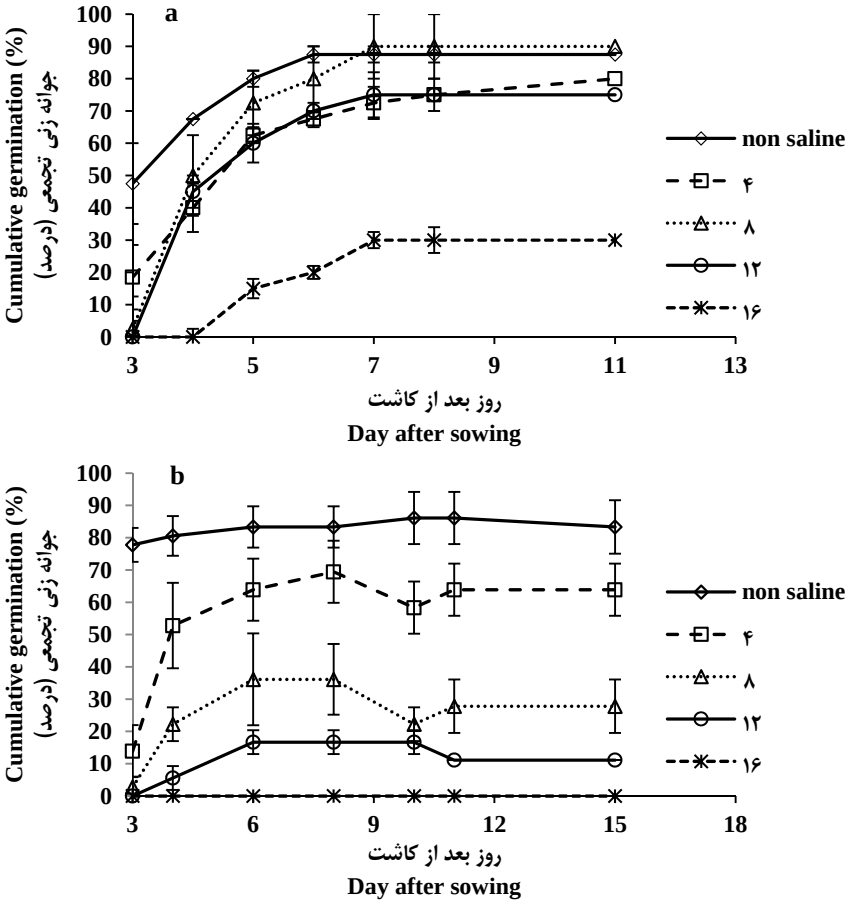
سرعت و درصد سبز بذور تحت تنش شوری در کوکوپیت تا شوری ۱۲ dS/m اختلافی با شاهد نداشت ولی در شوری ۱۶ dS/m به‌شدت کاهش یافت (شکل ۲a). در شوری بالای ۴ dS/m سبز با تأخیر آغازشده و دیرتر به حداکثر رسید. در آب غیر شور روز پنجم سبز به حداکثر رسید و در سایر سطوح شوری حداکثر سبز روز هفتم مشاهده و بعدازآن افزایشی مشاهده نشد. در خاک با آب غیر شور در روز سوم ۷۷ درصد و با افزایش شوری بذور با تأخیر سبز شدند و در شوری ۴ dS/m، ۸ و ۱۲ در روز ۶ به حداکثر سبز رسیدند (شکل ۲b). بذور کینوا در شرایط مناسب، زمانی که رطوبت کافی در اختیار بذر قرار گیرد قبل از خشک شدن سطح خاک و تشکیل سله به‌سرعت سبز شده و استقرار می‌یابد، بنابراین قوه نامیه و بنیه بذر مصرفی از اهمیت زیادی در استقرار مناسب در شرایط تنش برخوردار است. کاهش سبز کینوا در شرایط شور به دلیل ممانعت از جوانه‌زنی در شوری ۱۶ dS/m، تأخیر در جوانه‌زنی با افزایش شوری و عدم تشکیل گیاهچه بعد از جوانه‌زنی بذور در شوری ۱۲ dS/m است و همچنین مرگ گیاهچه در بستر خاک در شوری ۱۲-۸ dS/m بعد از روز دهم (شکل ۲b) که می‌تواند به دلیل عدم توانایی انتقال مواد و اسیمیلاسیون مواد جدید به گیاهچه در حال رشد باشد (Malcolm et al., 2003).

وزن خشک نسبی گیاه با افزایش شوری در کوکوپیت تا شوری ۸dS/m افزایش معنی‌دار یافته سپس در شوری ۱۲ dS/m کاهش یافت درحالی‌که در خاک رشد روند نزولی و معنی‌دار داشت (شکل a ۳). ارتفاع گیاهچه در کوکوپیت در شوری ۸ dS/m، ۱۵ درصد و در شوری ۱۲ dS/m، ۳۰ درصد و در شوری ۱۶ dS/m، ۴۵ درصد کاهش داشت. درحالی‌که در خاک ارتفاع گیاه ۲۹، ۵۰ و ۹۱ درصد در شوری ۴ dS/m، ۸ و ۱۲ کاهش یافت (شکل b ۳). رشد مناسب کینوا در شوری بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده می‌شود (Hariadi et al., 2011). جاکوبسون و همکاران (Jacobsen et al., 2003) حساس‌ترین صفات به تنش شوری را ارتفاع گیاه، هدایت روزنه‌ای و اندازه پانیکول گزارش کردند و بیان داشتند ارقام پابلند در شرایط شور تحمل بالاتری دارند. آنها بیان کردند که حداکثر عملکرد دانه و بیوماس کینوا در شوری ۱۵ dS/m است (Jacobsen et al., 2003). صالحی و همکاران (۲۰۱۶) عملکرد ۲/۵ -۳ تن در هکتار را در بهترین تاریخ کاشت برای کینوا با آب ۱۵ dS/m در استان یزد گزارش کردند. درواقع کینوا بعد از گذر از مرحله سبز به تنش شوری تحمل بالایی دارد (Salehi et al., 2016). تنظیم اسمزی مهم‌ترین دلیل تحمل به تنش شوری در اوایل رشد گیاهچه است (Adolf et al., 2012). کل

Archive of SID

www.SID.ir

میزان قندهای محلول مانند ساکارز، گلوکز و پرولین در کوتیلدون‌ها تحت تنش شوری بالاتر است که به دلیل تبدیل نشاسته به قندهای ساده برای ایجاد تنظیم اسمزی است و همچنین کینوا از یون‌هایی مانند سدیم، کلر و پتاسیم نیز برای تنظیم اسمزی استفاده می‌کند (Adolf et al., 2012).



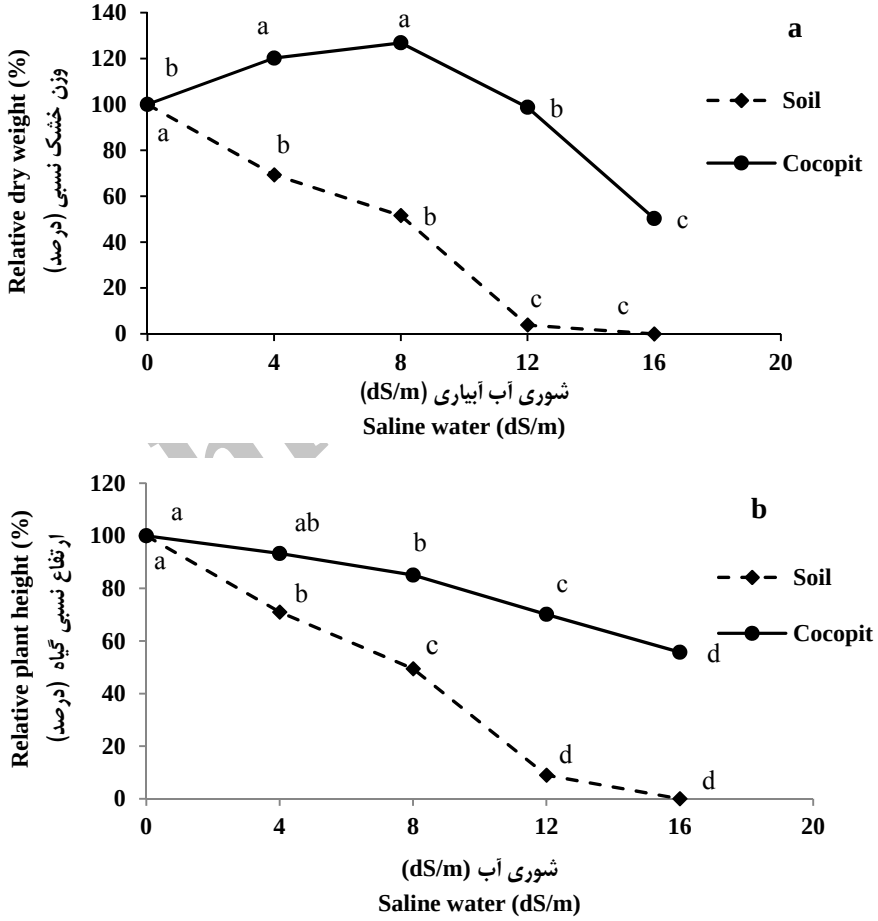

**شکل ۲. سبز گیاهچه کینوا در شرایط آبیاری با آب‌شور در کوکوپیت (a) و خاک (b)**

**Fig. 2. Seedling establishment of quinoa under irrigation with saline water in Cocopeat (a) and soil (b).**

نتایج بررسی واکنش ۸ گونه هالوفیت به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی نشان داد که هالوفیت‌ها در مراحل اولیه به تنش شوری حساس هستند (Xianzhao et al., 2013). علاوه بر تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی در مراحل بعدی نیز موجب زرد شدن بوته‌ها، جلوگیری از رشد سلول‌ها و مرگ گیاهچه می‌گردد. گونه‌های مختلف گیاهان هالوفیت ازلحاظ تحمل به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی تنوع بالایی دارند (بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌مولار) و گیاهان هالوفیت حتی قادرند بعد از کاهش تنش شوری در محیط شروع به جوانه‌زنی نمایند (Gul et al., 2013). گلزار و خان (Gulzar and Khan, 2001) محدوده تحمل به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی گراس‌های هالوفیت را ۵۰۰-۱۰۰ میلی‌مولار بیان کردند. در خصوص کینوا بعد از ۱۵ روز اعمال تنش شوری (۱۶ dS/m) جوانه‌زنی در خاک مشاهده نشد ولی بعد از شروع آبیاری با آب شیرین ۳۵ درصد بذور سبز شدند. بذور گیاه در شوری بالا قوه نامیه خود را حفظ نموده و بعد از رفع تنش و دریافت آب شیرین سبز شدند که نشان‌دهنده حفظ قوه نامیه بذور در شرایط شور و قدرت بازیافت بعد از رفع تنش است. علی‌رغم اینکه گیاهان هالوفیت در شرایط بسیار سخت نیز بقا می‌یابند ولی دلیل بر این نیست که برای سبز در شرایط دشوار

www.SID.ir

سازگار شده‌اند بلکه ازلحاظ زمانی و مکانی در شرایطی قرار می‌گیرند که امکان سبز و استقرار اولیه آن‌ها فراهم می‌شود (Barrett-Lennard et al., 2016). در شرایط شور افزایش حرکت کاپیلاری آب به سطح خاک و از طرفی تبخیروتعرق بالا موجب تجمع نمک در سطح شده و پوشاندن روی بذر با موادی غیر از خاک موجب بهبود سبز گیاهان هالوفیت در شرایط شور می‌شود (Barrett-Lennard et al., 2016). آستانه تحمل به تنش شوری رقم NSRCQ1 در شرایط پتری‌دیش ۲۸ dS/m و ۵۰ درصد جوانه‌زنی در شوری ۳۶ dS/m گزارش شد (Maleki et al., 2016) درحالی‌که در خاک در شوری ۶/۳ dS/m و در کوکوپیت ۱۵ dS/m، ۵۰ درصد سبز کاهش یافت. آدلف و همکاران (Adolf et al., 2012) بیان کردند که کینوا در این مرحله حساس رشدی به تنش شوری مقاوم است و تحمل به تنش شوری در این مرحله به رقم و بستر کشت بستگی دارد. تحمل بالای کینوا در مرحله جوانه‌زنی به شوری می‌تواند به دلیل دور نگه‌داشتن یون‌های سدیم و کلر از جنین باشد و همچنین بذور تولیدشده در شرایط شور دهیدرین تولید می‌نمایند که نقش محافظت‌کننده از DNA را دارند (Adolf et al., 2012).




**شکل ۳. وزن خشک (a) و ارتفاع (b) نسبی کینوا تحت آبیاری با آب‌شور در خاک و کوکوپیت (حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است)**

**Fig. 3. Relative dry weight (a) and plant height (b) of quinoa irrigated with saline water in Cocopeat and soil (Different letters show significant differences).**

www.SID.ir

بررسی اثر تنش شوری و پرایمینگ بر سبز بذور کینوا نشان داد که تأثیر تنش شوری معنی‌دار و تأثیر پرایمینگ و اثر متقابل شوری و پرایمینگ معنی‌دار نبود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین عوامل اصلی نشان داد که با افزایش شوری در سطح dS/m ۴ نیز درصد سبز ۳۴ درصد کاهش یافت. به‌طورکلی پرایمینگ به‌طور معنی‌دار نتوانست موجب بهبود سبز کینوا در شرایط شور شود. گرچه پرایمینگ با آب تا حدودی موجب بهبود سبز شد (۸ درصد) (جدول ۶). پرایمینگ با آب شامل خیس کردن بذرها در آب قبل از کشت است و ممکن است که بعد از خیس شدن خشک‌شده و یا نشود. این تکنیک به‌عنوان یک روش کم‌هزینه و قابل انجام در مزرعه برای گیاهان مختلف در اراضی کم بازده است (Ashraf et al., 2008). پیش‌تیمار بذرها با هورمون‌ها موجب بهبود رشد و عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش می‌شود. تنظیم‌کننده‌های رشد زیادی برای پرایمینگ بذور استفاده می‌شود که شامل اکسین، جیبرلین، کنیتین، آبسیزیک اسید، اتیلن، سالسیلیک اسید و آسکوربیک اسید است. تیمار کردن بذور با هورمون‌ها موجب بهبود جوانه‌زنی تحت شرایط تنش می‌شود. استفاده از روش‌های پرایمینگ در گیاهان مختلف و ارقام با یکدیگر متفاوت است (Ashraf et al., 2008). بررسی پرایمینگ بذور کینوا با اسید آسکوربیک، جیبرلین، اکسین، کلرید پتاسیم و آب در شوری dS/m ۱۵ در بستر کوکوپیت نشان داد که پرایمینگ بذور با هورمون‌ها موجب افزایش درصد سبز به میزان ۴- ۸ درصد بیشتر از بذور پرایم نشده بود (Hirich, 2014).

**جدول ۴. جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سبز گیاهچه، ارتفاع و وزن خشک**

**Table 5. Analysis of variance (Mean Squares) of seedling emergence, plant height and dry weight.**

| S.O.V | درجه آزادی df | سبز Emergence (%) | ارتفاع Plant height (cm) | وزن خشک Dry weight (mg) |
|---|---|---|---|---|
| شوری Salinity | 2 | 10648.39** | 771.032** | 219528.17** |
| پرایمینگ Priming | 2 | 517.32ns | 9.51 ns | 343.91ns |
| شوری× پرایمینگ Salinity × Priming | 4 | 91.43ns | 2.027 ns | 4010.2ns |
| اشتباه Error | 18 | 169.78 | 6.56 | 2586.27 |
| ضریب تغییرات CV | | *25.70* | *22.01* | *24.05* |

n.s و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد.

n.s and ** means non-significant and significant at 1% probability level, respectively

**جدول ۵. مقایسه میانگین درصد سبز، ارتفاع و وزن خشک گیاهچه تحت تأثیر شوری و پرایمینگ بذر کینوا**

**Table 6. Mean comparison of salinity and priming on emergence, plant height and seedling dry weight of quinoa seed**

| | سبز Emergence (%) | ارتفاع Plant height (cm) | وزن خشک Dry weight (mg) |
|---|---|---|---|
| شوری Salinity | | | |
| 0 | 85.18 a | 20.72 a | 335.80 a |
| 4 | 50.51 b | 11.95 b | 262.21 b |
| 8 | 16.39 c | 2.22 c | 36.11 c |
| پرایمینگ Priming | | | |
| Hydro prime | 58.37 a | 12.63 a | 217.97 a |
| Ascorbic acid | 50.52 ab | 11.68 a | 210.44 a |
| Gibberellic acid | 43.21 b | 10.58 a | 205.71 a |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed with at least one similar letter(s) don't have significant differences based on LSD test.

Archive of SID

www.SID.ir

## نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی سبز کینوا در خاک نسبت به محیط کشت کوکوپیت حساسیت بیشتری دارد بنابراین همانند برخی گیاهان هالوفیت در محیط‌های شور با مساعد شدن شرایط مکانی و زمانی سبز اتفاق می‌افتد و سبز آن در خاک بسیار حساس به شوری است درحالی‌که در بستر کوکوپیت درصد سبز بالاتر بود. همچنین چند روش پرایمینگ آزمون شده در این آزمایش نیز نتوانست موجب بهبود سبز در شرایط شور شود. کینوا بعد از پشت سر گذاشتن مرحله سبز به تنش شوری تحمل بالایی دارد و می‌تواند در دامنه‌ای که هیچ‌یک از گیاهان زراعی معمول قادر به تولید عملکرد اقتصادی نیستند عملکرد اقتصادی با پروتئین ۱۸ درصد (یا بالاتر بسته به ژنوتیپ) تولید نماید (Salehi et al., 2016). بنابراین برای سبز کینوا با آب‌شور بالای ۷ dS/m نیاز است بذر بیشتر از مقدار توصیه‌شده استفاده شود و یا بذر در زمان کاشت با پوشش‌های مناسب غیر از خاک پوشانده شوند و همچنین نشاکاری نیز توصیه می‌شود. درصورتی‌که کشاورزان آب باکیفیت متفاوت در دسترس دارند با آب با شوری کمتر در زمان کاشت آبیاری نموده و بعد از سبز با آب‌شور ۱۵ dS/m- ۱۰ آبیاری نمایند.

## منابع


Adolf, V.I., Jacobsen, S.E., Shabala, S., 2012. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Environmental and Experimental Botany. 92, 43–54.

Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C., Kwon, T.R. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. Advances in Agronomy. 97, 45-110.

Barrett-Lennard, E.G., Norman, H.C., Dixon, K., 2016. Improving salt land revegetation through understanding the "recruitment niche": potential lessons for ecological restoration in extreme environments. Restoration Ecology. 24, 91-97.

Bhargava, A., Shukla, S., Rajan, S., Ohri, D., 2007. Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm. Genetic Resources and Crop Evolution. 54, 167-173.

FAO, 2011. Quinoa, an ancient crop to contribute to world food security. From http://www.fao.org/quinoa-2013/publications/detail/en/item/202738/icode/

FAO, 2014. GIEWS (global information and early warning system on food and agriculture) Country Briefs. http://www.fao.org/giews/countrybrief/country.jsp?code=IRN.

Gomez-Pando, L., 2015. Quinoa Breeding. In Murphy, K. and Matanguihan, J. Quinoa: Improvement and Sustainable Production, John Wiley & Sons. pp. 87-108.

Gul, B., Ansari, R., Flowers, T.J., Khan, M.A., 2013. Germination strategies of halophyte seeds under salinity. Environmental and Experimental Botany 92, 4-18.

Gulzar, S., Khan, M.A., 2001. Seed germination of a halophytic grass *Aeluropus lagopoides*. Annals of Botany. 87, 319-324.

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, 185-193.

Hirich, A., 2014. Effects of Deficit Irrigation using Treated Wastewater and Irrigation with Saline Water on Legumes, Corn and Quinoa Crops. Horticulture. Hassan II Institue of Agronomy and Veterinary Medicine Rabat, Morocco, p. 297.

Jacobsen, S.E., Mujica, A., Jensen, C.R., 2003. The resistance of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. Food Reviews International. 19, 99-109.

Khan, M.A., Gul, B., 2006. Halophyte seed germination. Ecophysiology of high salinity tolerant plants. Springer, pp. 11-30.

Lavini, A., Pulvento, C., d'Andria, R., Riccardi, M., Choukr-Allah, R., Belhabib, O., İncekaya, Ç., Metin Sezen, S., Qadir, M., Jacobsen, S.E., 2014. Quinoa's potential in the Mediterranean region. Journal of Agronomy and Crop Science. 200, 344-360.

Maas, E.V., Hoffman, G., 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of the


Archive of SID

www.SID.ir

Irrigation and Drainage Division 103, 115-134.

Malcolm, C., Lindley, V., O'leary, J., Runciman, H., Barrett-Lennard, E., 2003. Halophyte and glycophyte salt tolerance at germination and the establishment of halophyte shrubs in saline environments. Plant and Soil. 253, 171-185.

Maleki, P., Bahrami, H.A., Saadat, S., Sharifi, F., Dehghany, F., 2016. Germination of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Salinity Stress. Quinoa for Future Food and Nutrition Security in Marginal Environments. ICBA, Dubai.

Pasandideh, H., Sharifi, R.S., Hamidi, A., Mobasser, S., Sedghi, M., 2014. Relationship of seed germination and vigour indices of commercial soybean (*Glycin max* (L.) Merr.) cultivars with seedling emergence in field. Iranian Journal of Seed Science and Research 1, 29-50. [In Persian with English Summary].

Salehi, M., Soltani, V., Jacobsen, S.E., 2016. Effect of sowing date on phenological stage and seed yield of quinoa irrigated with saline water. International Quinoa Conference, Dubai, UAE, p. 49.

Steppuhn, H., Van Genuchten, M.T., Grieve, C.M., 2005. Root-zone salinity. II. Indices for tolerance in agricultural crops. Crop Science 45, 221-232.

Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., Martínez, E.A., 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture. 90, 2541-2547.

Xianzhao, L., Chunzhi, W., Qing, S., 2013. Screening for salt tolerance in eight halophyte species from Yellow River Delta at the two initial growth stages. ISRN Agronomy 2013.

Archive of SID

www.SID.ir