مجله اکوفیزیولوژی بذر

جلد اول، شماره اول، نیمه اول ۹۴

۱۶ - ۱

اکوفیزیولوژی بذر
Seed Ecophysiology

# تاثیر نانو سیلیکون بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گیاهچه ارقام بومی و اصلاح شده گندم

**مسلم حیدری*[۱]، صادق شاهپسندی[۲]، سید محسن موسوی نیک[۳]، مدینه بیژنی[۴]**

۱)دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه زابل

۲)دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه زابل

۳) دانشیار گروه زراعت، دانشاه زابل

۴) کارشناس ارشد رشته آگرواکولوژی، دانشگاه زابل

## چکیده

**به منظور بررسی اثر نانو عنصر سیلیکون بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام مختلف بومی و اصلاح شده گندم تحت شرایط آزمایشگاهی، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در آزمایشگاه تحقیقات دانشگاه زابل انجام گرفت. عوامل مورد بررسی شامل غلظت‌های مختلف نانو عنصر سیلیکون (۰، ۰/۱، ۰/۲و ۰/۳ میلی‌مولار) و ارقام مختلف گندم کلک افغانی و بولانی (بومی) و هامون و ارگ (اصلاح شده) بود. با اعمال تیمار سیلیکون در واحد های آزمایشی، خصوصیات اولیه رشد گندم از جمله طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن گیاهچه تغییر محسوسی داشت. با افزایش غلظت سیلیکون تا ۰/۲ میلی‌مولار، شاهد افزایش خصوصیات رشدی و قابل اندازه‌گیری در گیاه گندم بودیم. براین اساس بیشترین طول گیاهچه، وزن‌تر و خشک ریشه‌چه و گیاهچه، شاخص ویگور ، قدرت جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در تیمار ۰/۲ میلی‌مولار سیلیکون بدست آمد. در رابطه با اثر متقابل سیلیکون × رقم گندم می‌توان گفت که بیشترین تأثیر بر صفت مورد ارزیابی درغلظت ۰/۲ میلی‌مولار سیلیکون و گندم رقم هامون بدست آمد و کمترین آن مربوط به عدم استفاده از سیلیکون و رقم بولانی بود. حال آنکه در بین ارقام مختلف گندم بیشترین و کمترین شاخص‌های مورد اندازه‌گیری به ترتیب در رقم‌های هامون و بولانی بدست آمد. به طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که عنصر سیلیکون باعث افزایش قدرت و همچنین سبز شدن یکنواخت تر گیاهچه‌ی گندم می‌شود.**

**کلمات کلیدی**: **گندم، گیاهچه، سیلیکون، سرعت جوانه‌زنی، مراحل اولیه رشد.**

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: M_heydari4066@yahoo.com

**مقدمه**

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی با بیشترین سطح زیر کشت در دنیا است که نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی بشر دارد (Ghorbani et al., 2008). کیفیت بذر به عنوان اندام تکثیر گیاهان و مهم-ترین نهاده تولید محصولات زراعی از اهمیت ویژه-ای در رشد و عملکرد مطلوب گیاهان زراعی در مزرعه برخوردار است که تحت تأثیر عوامل مختلفی مثل خصوصیات ژنتیکی، قوه‌نامیه یا قابلیت جوانه‌زنی، بنیه، میزان رطوبت، کیفیت انبارداری، قابلیت ماندگاری و سلامت بذر می‌باشد، ولی مهم‌ترین آنها میزان جوانه‌زنی و قدرت بذر می‌باشد (Akbari et al., 2004). جوانه‌زنی یکی از حساس‌ترین مراحل نسبت به تنش‌های محیطی در استقرار گیاهچه می‌باشد. جوانه‌زنی شامل یکسری وقایع است که با جذب آب به وسیله‌ی بذر شروع می‌شود و با طویل شدن محور جنینی خاتمه می‌یابد (Bewly, 1997). علی‌رغم پیشرفت‌های حاصل شده در تکنولوژی و مدیریت زراعی کماکان بذر، جوانه‌زنی و استقرار مطلوب گیاهچه‌های حاصل از آن دارای اهمیت کلیدی است، بطوری که موفقیت یا عدم موفقیت کشت، به جوانه‌زدن کامل و سریع بذر و تولید گیاهچه‌های قوی وابسته است. موفقیت در استقرار گیاهچه زمانی حاصل می‌شود که بذر بتواند بر شرایط نامطلوب محیطی چیره شده و عکس‌العمل مناسبی از خود نشان دهد. که مسلماً این عکس‌العمل بر حسب ژنوتیپ و محیط متغیر می-باشد (Boyd et al., 1971). با توجه به رشد جمعیت در ایران و جهان وکمبود غذا در سطح دنیا، بررسی تمام راهکارهایی که سبب افزایش تولید و استفاده‌ی بهینه از گندم تولید شده می-گردد، از موضوعات مهم و قابل توجه می‌باشد. در میان عوامل مهمی که درتولید گندم نقش دارند کیفیت زراعی بذرها یا توده‌های بذری، از مهم‌ترین نهاده‌های تولید محصولات زراعی بوده و از اهمیت ویژه‌ای در عملکرد مطلوب برخوردار است (Ghorbani et al., 2008). کیفیت نامناسب، جوانه‌زنی، استقرار ناکافی از معضل‌هایی است که گیاهان زراعی در مناطق مختلف با آن مواجه هستند. این کیفیت تحت تأثیر عوامل بسیاری از جمله رقم، خلوص ژنتیکی، خلوص فیزیکی، قوه نامیه، قدرت جوانه‌زنی و قابلیت زنده بودن بذر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. عوامل دیگری چون ساختار ژنتیکی، محیط و قدرت تغذیه مادری، مراحل رسیدگی در زمان برداشت، صدمات مکانیکی، ذخایر بذر، سن، فرسودگی و پاتوژن‌ها بر میزان جوانه‌زنی و قدرت بذر تاثیر گذار است (Soltani et al., 2008). بذرهای با کیفیت و قدرت بالاتر می‌توانند بهتر سبز شده و در مواجه شدن با تنش‌های محیطی درصد سبز و سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشته و نهایتاً گیاهچه‌های نیرومندتری تولید کنند (Salehian, 1995). براساس مشاهدات گوناگون در بررسی توده‌های بذری گوناگون گونه-های مختلف گیاهی در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای ثابت شده است که درصد جوانه‌زنی یک توده‌ی بذر در آزمایشگاه با میزان استقرار گیاهچه در مزرعه متفاوت می‌باشد، این تفاوت و تغییرات به علت تفاوت‌های موجود در قدرت بذرهای توده-های مختلف می‌باشد (Roozrokh, 1998). یکی از عوامل دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها و استقرار گیاهچه‌های حاصل از بذورکشت شده است. به

طور طبیعی هرچه سرعت جوانه‌زنی و درصد بذور جوانه زده در مزرعه بیشتر باشد، استفاده از منابع رشد نظیر نور، آب و عناصر غذایی بهتر خواهد بود (Foti et al., 2002). اما متأسفانه در بسیاری از مناطق دنیا به ویژه در مناطق کشاورزی دیم، استقرار ضعیف گیاهان زراعی مشکل عمده‌ای محسوب می‌شود (He decker et al., 1973). تنش خشکی، شوری، دماهای بالا و پایین در هنگام جوانه‌زنی، سله بستن خاک، کشت بی‌موقع، آماده نبودن کافی بستر بذر و ... از جمله عواملی هستند که استقرار گیاهچه‌ها را در مزرعه محدود می‌کنند (McDonald, 2000).

کلمه سیلیکون، از کلمه لاتین *silex* به معنی سنگ چخماق و یا هر سنگ سختی گرفته شده است. در نگلیسی مدرن، سیلیکون اشاره به عنصر و سیلیکا اشاره به ترکیبی دارد که در آن هر مولکول از سیلیکون از نظر شیمیایی محدود به دو مولکول اکسیژن است (Ingri, 1978; Iler, 1978). تأثیر مفید سیلیکون در گیاهان بیشتر به افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی مربوط می‌شود (Ma and Yamaji, 2006). سیلیکون باعث بهبود فتوسنتز و افزایش محتوای کلروفیل در شرایط شوری گردید (Gong et al. 2005). محققان متعددی تخفیف تنش اکسیداتیو ایجاد شده در اثر عوامل تنش‌زای مختلف با تغذیه‌ی سیلیکون را گزارش کرده‌اند. سلیکون به عنوان دومین عنصر ساختمانی پس از اکسیژن در پوسته زمین و خاک است که در گیاهان به عنوان عنصری غیر متحرک بوده و ضروری تلقی نمی‌شود ولی بسیاری از گیاهان عالی از جمله برنج برای رشد و نمو طبیعی خود به این عنصر نیازمندند (Reachmond and Sussman, 2003). میزان سیلیکون در خاک حدود ۱ تا ۴۵ درصد وزن خشک خاک است. با این وجود تنها حدود ۰/۱ تا ۰/۶ میلی‌مولار آن بصورت محلول است (sommer et al., 2006) که به شکل سیلیسیک اسید $Si(OH)_4$ توسط گیاه قابل جذب است. میزان آن در گیاه حدود ۱/ ۰تا ۱۰ درصد وزن خشک می باشد که تقریبا برابر با عناصر پر مصرف است (Hodson et al., 2005). تأثیر مفید سیلیکون در گیاهان بیشتر به افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی مربوط است (Liang et al., 2007). در کوچک-ترین محلول‌های هیدروپونیک با استفاده از تکنیک تحلیلی مدرن بسیاری از گیاهان سیلیکون را جذب و یا از طریق غشای بیرونی سلول آن را دفع می‌کنند (Richmond and Sussman 2003). هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر عنصر سیلیکون (به صورت محلول) بر قدرت رویش بذر و مراحل اولیه رشد گیاهچه ارقام بومی و اصلاح شده گندم در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر نانو عنصر سیلیکون بر قدرت رویش بذر و رشد گیاهچه گندم، آزمایشی در آزمایشگاه تحقیقات دانشگاه زابل انجام گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل در چهار سطح غلظت سیلیکون (۰، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ میلی‌مولار) و چهار رقم (هامون، ارگ، کلک افغانی، بولانی) درقالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. ارقام مختلف بذور گندم از مرکز تحقیقات شهر زابل تهیه گردید. از هر رقم ۱۵ عدد بذر سالم شمارش شد. با استفاده از الکل (۱درصد کلر فعال) و هیپوکلرید سدیم ۱ درصد به مدت ۵ دقیقه ضد عفونی شدند. پس از ۳ مرتبه شستشو با آب مقطر سترون، ۱۵بذر در ظروف شیشه‌ای(پتری دیش) با

ابعاد ۱۰×۹۰ ×۹۰ میلیمتری روی یک لایه کاغذ صافی کشت گردید. جهت انجام آزمایش پتری‌دیش‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت استریل شده بودند. کشت در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد و در ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی مطلق انجام شد. پس از کشت، به صورت روزانه تعداد بذور جوانه زده در هر واحد آزمایشی به منظور برآورد سرعت جوانه‌زنی در هر واحد آزمایشی شمارش می‌شد (اولین شمارش ۳ روز بعد از اعمال تیمارها در پتری‌دیش انجام گرفت) و این‌کار تا زمانی انجام شد که در هر واحد آزمایشی سه روز متوالی تغییری در تعداد بذور جوانه‌زده مشاهده نشد (طی دوره رشد در صورت نیاز تحت شرایط آزمایشگاهی استریل با تیمارهای مربوطه، آبیاری واحدهای آزمایشی صورت می‌گرفت) پس از مدت زمان لازم از کشت بذور (۷روز) و رشد مطلوب گیاهچه‌ها، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه (اندام هوایی)، وزن-تر و خشک گیاهچه‌ها تحت تمامی تیمارها (۱۶ تیمار آزمایشگاهی) و درکلیه واحدهای آزمایشی (۶۴=۴×۱۶) اندازه‌گیری شد. در روز هفتم پس از محاسبه جوانه‌زنی، تعداد ۱۰ گیاهچه بطور تصادفی از هر پتری‌دیش انتخاب شد و ساقه‌چه و ریشه‌چه از بذر جدا گشت و وزن تر آن توسط ترازوی دیجیتالی توزین گردید. طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با استفاده از خط کش میلی‌متری اندازه-گیری شد. برای محاسبه وزن خشک ساقه‌چه‌و ریشه‌چه، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند و سپس با ترازو توزین شدند.

سایر صفات مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از (Scott et al., 1984):

**۱) سرعت جوانه زنی**

$$GR = \sum \left(\frac{ni}{di}\right)$$

که در این رابطه ni تعداد بذر جوانه‌زده و di تعداد روز است.

**۲) درصد جوانه زنی**

$$GP = \frac{Ni}{N} \times 100$$

Ni تعداد بذر جوانه زده تا روز I ام و N تعداد کل بذور کشت شده می باشند.

**۳) شاخص ویگور (شاخص قدرت گیاهچه)**

$$Vi = \frac{LS \times GP}{100}$$

$Vi$= شاخص ویگور

LS = میانگین طول گیاهچه (مجموع ساقه و ریشه) برحسب mm

GP= درصد جوانه زنی

**۴) متوسط زمان جوانه زنی**

$$MGT = \frac{\sum n\delta}{\sum n}$$

n= تعداد بذور جوانه زده در طی ۷ روز

δ= تعدا روز ها از ابتدای جوانه زنی

∑n= کل تعداد بذور جوانه زده

**۵) ضریب سرعت جوانه زنی** (مشخصه سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذر می‌باشد)

$$CVG=\frac{G1+G2+G3+\cdots+Gn}{(1\times G1)+(2\times G2)+(3\times G3)+\cdots(n\times Gn)}$$

$G_1 - Gn$ تعداد بذور جوانه زده از روز اول تا روز آخر

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت برای رسم نمودار و جداول از نرم افزار Excel استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### طول گیاهچه

نتایج آزمایش نشان داد که طول گیاهچه ارقام گندم به طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) تحت تأثیر سیلیکون، رقم و برهمکنش این دو فاکتور قرار گرفت (جدول ۱). با مرور جدول مقایسه میانگین مشاهده می‌شود که با افزایش سطوح سیلیکون، ارقام گندم طول گیاهچه متفاوتی را بروز دادند که نشان دهنده تنوع ژنتیکی ارقام در مواجهه با عنصر سیلیکون در مراحل اولیه رشد است. نتایج نشان داد که سطح شاهد ارقام هامون و ارگ بیشترین طول ریشه را با میانگین ۱۷/۱۸ و ۱۶/۶۳سانتی‌متر به خود اختصاص دادند. رقم ارگ در پاسخ مناسب به افزایش سیلیکون تا ۰/۲ میلی‌مولار توانست با تولید بالاترین طول گیاهچه با رقم بولانی در یک گروه قرار گرفته و طول ریشه را به ترتیب به ۲۶/۴۶ و ۲۵/۴۹ برساند. این در حالی است در سطح سوم سیلیکون، رقم هامون افزایش کمتری در طول گیاهچه را نشان داد، به طوری که این رقم با طول گیاهچه ۲۳ سانتی‌متر در سطح دوم و سوم سیلیکون در گروه آماری مشابه قرار گرفت. این امر نشان می‌دهد اگرچه این رقم به طور ژنتیکی توانست طول گیاهچه بیشتری را ایجاد نماید ولی پاسخ مناسبی به افزایش سطح سیلیکون در سطح ۰/۲ میلی‌مولار نشان نداد. لازم به ذکر است که افزایش سیلیکون تا ۰/۳ میلی-مولار نیز طول گیاهچه را مشابه با سطوح شاهد افزایش داد (جدول ۳).

### تعداد ریشه

تعداد ریشه گیاه به طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) تحت تاثیر عنصر سیلیکون، ارقام گندم و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفت (جدول ۱). اگر چه تحقیقات متعددی اذعان داشتند که تعداد و حجم ریشه ژنتیکی است (Eshghizadeh et al., 2011) لیکن می‌تواند تحت تاثیر عوامل محیطی افزایش یا کاهش یابد. با بررسی نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که تیمارهای پرورش یافته با سیلیکون نسبت به سطح شاهد و همچنین ارقام اصلاح شده نسبت به توده بومی تعداد ریشه بیشتری تولید نمودند. بیشترین تعداد ریشه در کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار سیلیکون در ارقام اصلاح شده هامون و ارگ با تعداد ۵ ریشه‌چه بدست آمد، که نشان دهنده واکنش بهتر این ارقام به افزایش سطوح سیلیکون است. کمترین تعداد ریشه نیز در سطح شاهد، در رقم بولانی مشاهده شد که با کلک افغانی در یک گروه قرار گرفتند. علاوه بر آن به نظر می‌رسد که سطح چهارم در افزایش تعداد ریشه در گروهای آماری مشابه با سطح شاهد و دوم سلیکون قرار گرفت که این نتیجه مبنی بر تأثیر کمتر آن بر ریشه گندم نسبت سطح سوم است (جدول ۳).

جدول۱: تجزیه واریانس ویژگی های جوانه زنی گندم تحت تاثیر سیلیکون و ارقام مختلف گندم

Table 1: Analysis of variance of germination characteristics of wheat under $SiO_2$ and wheat different variety.

| S. O V | منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات (Mean Square) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | درصد جوانه-زنی | سرعت جوانه-زنی | ضریب سرعت جوانه‌زنی | متوسط زمان جوانه‌زنی | شاخص ویگور | وزن تر ریشه | وزن تر ساقه | وزن خشک ریشه | وزن خشک ساقه | طول گیاهچه | تعداد ریشه |
| | | DF | Germination percentage | Germination rate | Coefficient of germination rate | Mean germination time | Seed vigor | Root Fresh Weight | Shoot fresh weight | Root dry weight | Shoot dry weight | Seedling length | Root number |
| Silicon | سیلیکون | 3 | 106.52$^{**}$ | 10.30$^{**}$ | 0.0439$^{**}$ | 8.44$^{**}$ | 6518.75$^{**}$ | 0.1878$^{**}$ | 0.1072$^{**}$ | 0.0004$^{**}$ | 0.0004$^{**}$ | 240.72$^{**}$ | 18.07$^{**}$ |
| Genotype | رقم | 3 | 45.43$^{**}$ | 2.17$^{ns}$ | 0.0177$^{**}$ | 4.17$^{**}$ | 229.76$^{**}$ | 0.0052$^{**}$ | 0.0140$^{**}$ | 0.00002$^{**}$ | 0.00003$^{**}$ | 6.62$^{**}$ | 1.45$^{**}$ |
| S * G | سیلیکون* رقم | 9 | 20.50$^{*}$ | 0.24$^{ns}$ | 0.0024$^{ns}$ | 2.37$^{ns}$ | 350.60$^{**}$ | 0.0083$^{**}$ | 0.0042$^{**}$ | 0.00003$^{**}$ | 0.00003$^{**}$ | 13.48$^{**}$ | 1.30$^{**}$ |
| Error | خطا | 48 | 9.46 | 0.11 | 0.0001 | 1.17 | 26/76 | 0.0005 | 0.0003 | 0/000003 | 0.000007 | 0.90 | 0.07 |
| C. V% | ضریب تغییرات | - | 3.41 | 8.41 | 10.30 | 8.76 | 5.63 | 7.10 | 4.42 | 7 56 | 6.98 | 4.68 | 7.14 |

$^{ns}$ و $^{**}$ترتیب عدم معنی داری و معنی داری سطوح احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهند

$^{ns}$, $^{*}$ و $^{**}$ Shows the Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول۲: مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در گیاه گندم تحت تاثیر سیلیکون و ارقام.

Table2: Means comparison of evaluated characteristics of wheat under SiO2 and different variety.

| تعداد ریشه | طول گیاهچه (سانتی متر) | وزن خشک ساقه (گرم) | وزن خشک ریشه (گرم) | وزن تر ساقه (گرم) | وزن تر ریشه (گرم) | شاخص ویگور | متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) | ضریب سرعت جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) | درصد جوانه‌زنی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Root number** | **Seedling length (cm)** | **Shoot dry weight (gr)** | **Root dry weight (gr)** | **Shoot fresh weight (gr)** | **Root Fresh Weight (gr)** | **Seed vigore** | **Mean germination time (day)** | **Coefficient of germination rate** | **Germination rete (seed/day)** | **Germination percentage** | |
| | | | | | | | | | | | **Silicon (mM)** سیلیکون (میلی‌مولار) |
| 2.59 d | 15.86 d | 0.031 c | 0.018 d | 0.349 d | 0.197 c | 69.53 d | 13.14 a | 0.35 c | 3.22 c | 87.56 c | 0 |
| 3.87 b | 21.74 b | 0.038 b | 0.026 b | 0.458 b | 0.340 b | 98.56 b | 12.33 b | 0.41 b | 4.49 b | 90.56 b | 0.1 |
| 5.10 a | 24.84 a | 0.044 a | 0.030 a | 0.528 a | 0.462 a | 116.38 a | 11.39 c | 0.47 a | 4.78 a | 93.62 a | 0.2 |
| 3.27 c | 18.64 c | 0.037 b | 0.021 c | 0.397 c | 0.329 b | 83.07 c | 12.51 b | 0.39 b | 3.31 c | 89.12 cb | 0.3 |
| | | | | | | | | | | | **Genotypes** ارقام |
| 3.94 a | 21.22 a | 0.037 ab | 0.023 b | 0.448 b | 0.334 b | 96.64 a | 11.89 b | 0.44 a | 4.21 a | 90.93 ab | hamoon |
| 3.91 a | 20.06 b | 0.037 ab | 0.025 a | 0.416 c | 0.331 b | 93.11 ab | 11.99 b | 0.42 a | 4.31 a | 92.25 a | Arg |
| 3.65 b | 20.03 b | 0.039 a | 0.025 a | 0.472 a | 0.353 a | 89.63 bc | 13 a | 0.37 b | 3.73 b | 89.06 bc | Afghan kelk |
| 3.30 c | 19.78 b | 0.036 b | 0.022 b | 0.407 c | 0.309 c | 88.16 c | 12.48 ab | 0.38 b | 3.56 b | 88.62 c | Boolani |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۳ :مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات مورد بررسی گندم تحت تاثیر سیلیکون و ارقام مختلف گندم

Table 3: Means comparison of interaction effect in evaluated characteristics of wheat under SiO2and wheat differentvariety

| تعداد ریشه | طول گیاهچه (سانتی‌متر) | وزن خشک ساقه (گرم) | وزن خشک ریشه (گرم) | وزن تر ساقه (گرم) | وزن تر ریشه (گرم) | شاخص ویگور | درصد جوانه-زنی | ارقام | سیلیکون (میلی‌مولار) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Root number | Seedling length (cm) | Shoot dry weight (gr) | Root dry weight (gr) | Shoot fresh weight (gr) | Root Fresh Weight (gr) | Seed vigore | Germination percentage | Genotypes | Silicon (mM) |
| 3.02 d | 17.18 ef | 0.027 f | 0.019 ef | 0.381 f | 0.233 f | 77.52 fg | 90.25 cde | Hamoon | 0 |
| 3.07 d | 16.63 f | 0.033 e | 0.021 de | 0.350 g | 0.149 h | 75.61 g | 91 bcde | Arg | |
| 2.26 e | 13.87 g | 0.036 d | 0.01 g | 0.383 f | 0.184 g | 59.7 i | 86 ef | Afghan Kelk | |
| 2.03 e | 15.77 f | 0.027 f | 0.017 f | 0.282 h | 0.221 f | 65.28 hi | 83 f | Boolani | |
| 3.07 d | 23.27 b | 0.040 bcd | 0.023 d | 0.432 d | 0.3 e | 106.49 cd | 91.5 abcd | Hamoon | 0.1 |
| 4.08 c | 21.38 c | 0.038 d | 0.028 bc | 0.432 d | 0.328 de | 99.42 d | 93 abc | Arg | |
| 4.31 c | 22.90 b | 0.040 bcd | 0.027 c | 0.542 ab | 0.375 c | 103.63 cd | 90.5 bcde | Afghan Kelk | |
| 4.03 c | 19.42 d | 0.033 e | 0.024 d | 0.427 d | 0.358 cd | 84.72 ef | 87.25 def | Boolani | |
| 5.71 a | 23.51 b | 0.044 ab | 0.03 b | 0.564 a | 0.482 a | 110.54 c | 96.25 a | Hamoon | 0.2 |
| 5.58 a | 26.46 a | 0.44 ab | 0.029 bc | 0.496 c | 0.471 a | 127.35 a | 94 a | Arg | |
| 5.03 b | 23.91 b | 0.043 abc | 0.036 a | 0.568 a | 0.478 a | 109.41 c | 91.5 abcd | Afghan Kelk | |
| 4.08 c | 25.49 a | 0.046 a | 0.027 c | 0.526 b | 0.415 b | 118.22 b | 92.75 abc | Boolani | |
| 3.96 c | 20.91 c | 0.039 d | 0.020 ef | 0.415 de | 0.321 e | 92.01 e | 88 cde | Hamoon | 0.3 |
| 3.02 d | 15.76 c | 0.36 de | 0.022 de | 0.385 ef | 0.376 c | 65.28 hi | 88.75 cde | Arg | |
| 3 d | 19.43 d | 0.038 d | 0.021 de | 0.394 ef | 0.377 c | 85.78 e | 88.25 cde | Afghan Kelk | |
| 3.08 d | 18.46 de | 0.036 de | 0.022 de | 0.395 de | 0.24 f | 84.42 ef | 91.5 abcd | Boolani | |

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصدتفاوت معنی داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5 %probability level, using Duncan`s Test.

جدول ۴: مقایسه میانگین ظریب همبستگی صفات موردبررسی تحت تاثیر سیلیکون و ارقام مختلف گندم.

Table 4. Means comparison and correlation in evaluated characteristics of wheat under SiO2and wheat differentvariety

| تعداد ریشه | طول گیاهچه | وزن خشک ساقه | وزن خشک ریشه | وزن تر ساقه | وزن تر ریشه | شاخص ویگور | متوسط زمان جوانه‌زنی | شاخص قدرت گیاهچه | ضریب سرعت جوانه‌زنی | سرعت جوانه زنی | درصد جوانه زنی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Root number | Seedling length | Shoot dry weight | Root dry weight | Shoot fresh weight | Root Fresh Weight | Seed vigore | Mean germination time | | Coefficient of germination rate | Germination rete | Germination percentage | | |
| | | | | | | | | | | | _ | Germination percentage | درصد جوانه زنی |
| | | | | | | | | | | _ | 0.49 | Germination rete | سرعت جوانه زنی |
| | | | | | | | | | _ | 0.45 | 0.37 | Coefficient of germination rate | ضریب سرعت جوانه زنی |
| | | | | | | | | _ | 0.52 | 0.69 | 0.68 | | شاخص قدرت گیاهچه |
| | | | | | | | _ | 0.51 | 0.32 | 0.06 | 0.01 | Mean germination time | متوسط زمان جوانه-زنی |
| | | | | | | _ | 0.01 | 1 | 0.52 | 0.69 | 0.68 | Seed vigore | شاخص ویگور |
| | | | | | _ | 0.73 | 0.03 | 0.73 | 0.60 | 0.58 | 0.46 | Root Fresh Weight | وزن تر ریشه |
| | | | | _ | 0.68 | 0.68 | 0.01 | 0.68 | 0.64 | 0.64 | 0.35 | Shoot fresh weight | وزن تر ساقه |
| | | | _ | 0.67 | 0.46 | 0.72 | 0.03 | 0.72 | 0.38 | 0.72 | 0.41 | Root dry weight | وزن خشک ریشه |
| | | _ | 0.64 | 0.75 | 0.69 | 0.67 | 0.01 | 0.67 | 0.58 | 0.60 | 0.35 | Shoot dry weight | وزن خشک ساقه |
| | _ | 0.67 | 0.72 | 0.70 | 0.73 | 0.98 | 0.01 | 0.98 | 0.50 | 0.67 | 0.55 | Seedling length | طول گیاهچه |
| _ | 0.74 | 0.67 | 0.69 | 0.73 | 0.79 | 0.76 | 0.57 | 0.76 | 0.55 | 0.67 | 0.51 | Root number | تعداد ریشه |

**وزن تر و خشک ریشه و ساقه**

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش اثر سیلیکون، رقم و برهمکنش عامل بر صفات رویشی گندم شامل وزن تر و خشک ساقه و ریشه معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود (جدول ۱). در تفسیر نتایج بدست آمده در گونه‌های گندم تیمار شده با غلظت‌های مختلف سیلیکون در تجمع ماده تر و خشک در هر چهار رقم مذکور می‌توان اذعان داشت که حضور سیلیکون منجر به بهبود وزن در اندام هوایی و ریشه گردید، به طوری که افزایش وزن ارقام، تا سطح سوم سیلیکون روند صعودی را در پیش گرفت ولی در سطح چهارم اندکی از این روند کاسته شد. بنابراین به طور قطع می‌توان گفت اعمال ۰/۲ میلی‌مولار سیلیکون بالاترین وزن تر ساقه (۰/۵۶) و خشک ریشه (۰/۰۳۶) در رقم کلک افغانی، همچنین، بالاترین وزن تر ریشه (۰/۴۸) و وزن خشک ساقه (۰/۰۴۶) نیز به ترتیب در ارقام هامون و بولانی بدست آمد. در شرایط عدم استفاده از سیلیکون نیز بیشترین وزن تر (۰/۳۸) و خشک ساقه (۰/۰۳۶) در توده بومی کلک افغانی و وزن تر (۰/۲۳) و خشک ریشه (۰/۰۲۱) به ترتیب در ارقام اصلاح شده هامون و ارگ مشاهده گردید. نتایج همچنین مبنی بر عدم اختلاف معنی‌دار وزن تر و خشک سطوح صفر و چهارم سیلیکون در اکثر ارقام بود. بدین ترتیب کاربرد غلظت ۰/۳ میلی‌مولار سیلیکون تأثیر چندانی در افزایش وزن گیاه به دنبال نداشت. به نظر می‌رسد که تأثیرات هورمونی سیلیکون است که در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی نشان می‌دهد و با افزایش آن تا مقدار مشخصی اثرات مثبت و از آن به بعد اثر منفی بر رشد دارد (جدول ۳). در واقع سیلیکون بعد از جذب توسط ریشه به بخش هوایی گیاه انتقال می‌یابد و روی دیواره سلول‌ها به صورت پلی‌مر هیدراته، سیلیکای بی شکل، لایه دوتایی سیلیکا- کوتیکول و لایه دوتایی سیلیکا- سلولز در سطح برگ و ساقه ته‌نشین می شود و از شدت تعرق می‌کاهد (Prychid et al., 2004: Ma and Yamaji, 2006). به علاوه، حضور سیلیکون در اندودرم ریشه ممکن است جذب آپوپلاستی آب و برخی یون‌ها را کاهش دهد (Kidd et al., 2001).

**درصد جوانه زنی**

بر اساس نتایج تجزیه واریانس نانو عنصر سیلیکون ($P\leq0.01$)، ارقام گندم ($P\leq0.01$) و همچنین برهمکنش ($P\leq0.05$) آنها سبب تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ درصد جوانه‌زنی گردید (جدول ۱). جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها در تعیین تراکم نهایی به حساب می‌آید، به نظر می‌رسد که استفاده از عنصر سیلیکون سبب تأثیرگذاری مثبت بر صفت مذکور در ارقام بومی و اصلاح شده گردیده است. در گیاهان پرورش یافته با ۰/۲ میلی‌مولار سیلیکون اگرچه تمامی ارقام در یک گروه آماری قرار داشتند ولی رقم ارگ با کسب ۹۶ درصد جوانه‌زنی بهترین پاسخ را در بهبود صفت فوق نشان داد و کلک افغانی با کمترین واکنش در این سطح سبب ارتقاء جوانه‌زنی تا ۹۴ درصد گردید. این در حالی است که در شرایط عدم استفاده از این عنصر رقم بولانی و ارگ با دارا بودن ۸۳ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. علاوه بر آن به نظر می‌رسد ارقام اصلاح شده در افزایش درصد جوانه‌زنی موفق‌تر از توده بومی در شرایط آزمایشگاهی عمل نمودند. نکته قابل توجهی که در این بین مشاهده گردید

که تیمار با ۰/۳ میلی‌مولار سیلیکون، افزایش کمتری در درصد جوانه‌زنی نسبت به سایر سطوح در ارقام گردید. در توجیه نتیجه بدست آمده می‌توان اظهار نمود که این سطح با ایجاد اثرات منفی و القای تنش برای بذور گندم، درصد جوانه‌زنی را در ارقام کاهش داده است، به طوری که در تمامی رقم‌های مورد استفاده (بجز رقم بولانی) اختلاف معنی‌داری در سطح شاهد با این سطح مشاهده نمی‌گردد (جدول ۳). نتیجه بدست آمده در مطابقت کامل با گزارشات (Richmond and Sussman, 2003) می‌باشد.

**شاخص قدرت گیاهچه**

نتایج تجزیه واریانس دال بر تأثیر معنی‌دار ($P\leq0.01$) عنصر سیلیلکون، رقم و همچنین اثر متقابل آنها بر شاخص ویگور در گندم است (جدول ۱). افزایش شاخص قدرت گیاهچه را می‌توان به عنوان یک عامل مطلوب در جوانه‌زنی و استقرار گیاه تلقی نمود که سبب ایجاد سطح سبز یکنواخت در مزرعه می‌گردد و ارتباط مستقیم با عملکرد دانه دارد (Johnston and Wax, 1978). با توجه به آنکه محققین چنین هدفی را در دستور کار خود قرار داده‌اند، به نظر می‌رسد که استفاده از سیلیکون می‌تواند محققین را در این زمینه یاری نماید. گزارش‌های موجود در خصوص واکنش ارقام مختلف گندم به کاربرد سیلیکون نشان می‌دهد که افزایش سطح از شاهد تا ۰/۲ میلی مولار سبب بهبود این شاخص می‌گردد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عنصر سیلیکون قدرت گیاهچه ارقام مختلف را با وجود تفاوت‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی در بذر، می‌تواند به شدت تحت تأثیر قرار دهد؛ به گونه‌ای که ارقام متفاوت واکنش‌های متفاوتی از خود نشان دادند. در شرایط استفاده از غلظت ۰/۲ میلی‌مولار سیلیکون رقم ارگ شاخص ویگور را تا ۱۲۷/۳۵ افزایش داد و ارقام هامون و کلک افغانی با قرارگیری در گروه‌های مشابه کمترین میزان را در این سطح به خود اختصاص دادند، این ارقام دارای قدرت گیاهچه مشابهی در این شرایط هستند. علاوه بر آن رقم هامون با شاخص ویگور ۷۷/۵۲ بیشترین مقدار را در شرایط عدم استفاده از این عنصر بدست آورد و کمترین میزان نیز به رقم کلک افغانی تعلق داشت. کاربرد ۰/۳ میلی‌مولار سیلیکون در تمامی ارقام (به جز کلک افغانی) با تیمارهای شاهد در یک گروه آماری قرار داشتند. که این نتیجه حاکی از عدم استفاده از سیلیکون بیش از غلظت ۰/۲ میلی‌مولار است که دارای اثرگذاری مشابه در شاخص ویگور با سطح شاهد است (جدول ۳).

**سرعت جوانه‌زنی**

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی‌دار ($P\leq0.01$) سیلیکون و ارقام بر سرعت جوانه‌زنی گندم بود (جدول ۱). نتایج آزمایش حاکی از آن بود که سرعت جوانه‌زنی گندم در حضور سیلیکون تا ۰/۲ میلی‌مولار بهبود یافت به طوری که این سطح سرعت جوانه‌زنی را از ۳/۲۲ در شاهد به ۴/۷۸ افزایش داد. در این بین با اضافه شدن غلظت سیلیکون تا ۰/۳ میلی‌مولار سرعت جوانه‌زنی به پایین‌تر از سطح دوم نزول یافت و با سطح شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۲). از آنجا که سرعت جوانه‌زنی شاخص مناسبی برای موفقیت دانهال‌ها در مراحل بعدی جوانه‌زنی به شمار می‌رود که در شرایط مطلوب می‌تواند استقرار سریعتر دانهال‌ها را فراهم سازد (Fenandoet al., 2000 ؛ Farboodi et al., 2001)،

بنابراین انجام تحقیقات بیشتری در این زمینه ضروری بنظر می‌رسد. با مرور جدول ۲ ملاحظه می‌شود که ارقام اصلاح شده نسبت به توده بومی سرعت جوانه‌زنی بالاتری دارند و با قرارگیری در گروه‌های آماری مشابه رقم ارگ (۴/۳۱) بر هامون (۴/۲۱) برتری نشان داد. در بین ارقام بومی نیز کلک افغانی (۳/۷۳) ضمن قرارگیری در گروه مشابه با بولانی (۳/۵۶) دارای سرعت جوانه‌زنی بهتری بود. این امر بخوبی حاکی از تفاوت ذاتی بین ارقام در شرایط مختلف است (Hoseini et al, 2012).

### ضریب سرعت جوانه زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر کاربرد عنصر سیلیکون و ارقام متفاوت گندم بر ضریب سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود (جدول ۱). این ضریب نشان‌دهنده سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذر می‌باشد، مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که استفاده از سیلیکون تا غلظت مناسب می‌تواند در بهبود این ضریب نقش به سزایی ایفا نماید، اگرچه غلظت ۰/۳ میلی‌مولار این عنصر سبب گردید تا این ضریب در گروه آماری یکسان با سطح دوم قرار گیرد، ولیکن کاربرد ۰/۲ میلی-مولار سلیکون سبب شد، شتاب جوانه‌زنی بذر از ۰/۳۵ در تیمار شاهد به ۰/۴۷ برسد. کمترین میزان این صفت نیز در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۲).

جدول مقایسه میانگین حاکی از برتری ارقام اصلاح شده بر بومی در افزایش ضریب سرعت جوانه‌زنی است. از میان ارقام اصلاح شده نیز رقم هامون با ۰/۴۴ بیشترین میزان را به خود اختصاص داد، کمترین ضریب سرعت نیز متعلق به رقم کلک افغانی با ۰/۳۷ بود. شایان ذکر است که رقم ارگ با هامون (اصلاح شده) و کلک افغانی با بولانی (بومی) در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲). همان‌طور که به وفور در این تحقیق اشاره شد، تفاوت فوق الذکر ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی ارقام می‌باشد.

### متوسط زمان جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که غلظت‌های مختلف سیلیکون ($P\leq0.01$) و ارقام گندم ($P\leq0.05$)، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در متوسط زمان جوانه‌زنی ایجاد نمودند (جدول ۱). با توجه به این‌که صفت فوق الذکر دارای رابطه معکوسی با سرعت جوانه‌زنی است، مشاهده شد که سطح سوم سیلیکون که بیشترین سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص داد، دارای متوسط زمان جوانه‌زنی (۱۱/۳۹) کمتری نسبت به سایر تیمارها بود، این عامل به عنوان عاملی کلیدی در استقرار سریع گیاه محسوب می‌گردد. بالاترین غلظت مورد استفاده سیلیکون نیز اگرچه سبب کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی تا ۱۲/۵۱ گردید، ولی از لحاظ تأثیرگذاری مشابه با تیمار شاهد و سطح دوم بکارگیری سیلیکون عمل نمود. بنابراین به نظر می‌رسد که فرآیند جوانه زنی بذر در سطح شاهد همراه با کاربرد ۰/۳ میلی‌مولار سیلیکون به دوره زمانی طولانی‌تری نیازمند است (جدول ۲).

متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی در ارقام گندم نشان داد که رقم کلک افغانی با دارا بودن کمترین سرعت جوانه‌زنی، بیشترین زمان جوانه-زنی (۱۳) را به خود اختصاص داد، اگرچه رقم بولانی در گروه‌های آماری مشابه با کلک افغانی و ارقام اصلاح شده قرار گرفت، ولی به نظر می‌رسد

که ارقام اصلاح شده از نظر ژنوتیپی دارای زمان جوانه‌زنی کمتری نسبت به این رقم هستند و کمترین زمان نیز به رقم هامون (۱۱/۸۹) اختصاص یافت (جدول ۲).

هنگامی که گیاهان در معرض شرایط تنش قرار می‌گیرند راهکارهای متفاوتی را انتخاب کرده که خاص هر گونه بوده و در نوع خود بی نظیر می‌باشند. انتخاب این راهکارها به شرایط گیاه و عوامل ژنتیکی آن مربوط می شود. هدف از اتخاذ این شیوه ها فراهم کردن شرایطی است که گیاه بتواند تنش به وجود آمده را تحمل کند و به حیات خود ادامه دهد (Akhtar et al., 2001). به نظر می رسد که تیمار سیلیکون به عنوان یک فرایند مقاوم ساز (Hardener) عمل نموده و باعث بهبود صفات در مراحل ابتدایی رشد گردیده است (Koyro, 2006). تیمار گیاه با سیلیکون ممکن است به طور مستقیم و یا غیر مستقیم باعث اتصال ژن‌های مسیر بیوسنتز این ترکیبات شده و یا آن که فعالیت آنزیم‌های مسیر بیوسنتز آن‌ها را افزایش داده باشد و از این طریق باعث افزایش صفات اندازه گیری شده در گندم شده باشد.

جدول ۴ ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی را نشان می دهد. مشاهده شد که بین اغلب صفات همبستگی متوسط (۰/۳ -۰/۶) وجود داشت. بالاترین میزان همبستگی بین طول گیاهچه با شاخص ویگور (۰/۹۸) مشاهده گردید. میانگین زمان جوانه زنی با صفات طول گیاهچه و وزن تر و خشک ریش و ساقه همبستگی نداشت و تنها همبستگی متوسطی را با تعداد ریشه نشان داد.

**نتیجه گیری**

نتایج این مطالعه نشان داد که سیلیکون قادر است، باعث بهبود عملکرد گردد و بر خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه تأثیر به سزایی داشته باشد. با توجه به اینکه پاسخ گیاهان به تیمار سیلیکون در طبیعت و محیط رشد آزمایشگاهی متفاوت است. بنابراین لازم است بهینه سازی غلظت سیلیکون قبل از انجام تحقیقات به طور مفصل صورت گیرد. ثانیاً سیلیکون یک عنصر فعال زیستی است و اگر چه مطالعات اخیر نشان می دهد که اثرات مفید سیلیکون تحت شرایط آزمایشی آشکارتر است. اما سیلیکون نقش فعالی در فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه دارد و ممکن است نقش مهمی در سنتز درون سلول ترکیبات آلی داشته باشد. در این مطالعه با در نظر گرفتن شرایط و به منظور بهبود رشد و نمو گندم غلظت ۰/۲ میلی‌مولار سیلیکون به عنوان مناسب‌ترین تیمار تشخیص داده شد . به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از سیلیکون باعث افزایش صفات مورد اندازه گیری در گیاهچه گندم گردید. بیشترین تأثیر در سطح ۰/۲ میلی‌مولار سیلیکون و رقم اصلاح شده هامون بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد که افزایش غلظت سیلیکون از ۰/۲ میلی‌مولار به ۰/۳ میلی-مولار باعث کاهش میانگین صفات شد. با توجه به اینکه این پژوهش در شرایط آزمایشگاهی انجام شده پیشنهاد می گردد در شرایط مزرعه ای و در شرایط تنش‌های مختلف محیطی برای سایر گیاهان نیز مورد ارزیابی قرار گیرد، تا بتوان با اطمینان بیشتری در مورد مصرف کودهای سیلیکون که حاوی فرم قابل دسترس آن ($Si_2(OH)_4$) می باشند، اظهار نظر کرد.

## منابع

Akbari, Gh.A., Ghasemi Pirbalouti, M., Najaf Abadi Farahani, M., Shahveri. M., 2004. Effect of harvesting time on soybean seed germination and vigor. Journal of Agriculture. 6, 9-18.

Akhtar, Sh., Wahid, A., Akram, M., Rasul, E., 2001 Some growth, photosynthetic andanatomical attributes ofsugarcane genotypesunder NaCl salinity, International Journal of Agriculture and Biology. 3, 439-443.

Bewely, D. J., 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell. 9, 1055-1060.

Boyd, W.J.R., A.G. Gordon., Lacroix, I. J.,.1971. Seed size germination resistance and seedling vigor in barley. Canadian Journal of Plant Science. 51, 93-99.

Eshghizadeh, H., Khoshgoftarmanesh, A.H., Ehsan Zadeh, P., Kafi, M., 2011. The Response of four hybrids on Fe and Zn shortage in no soil cultivation, plant growth and leaf chlorophyll florescence. Journal of Water and Soil Science. 57, 159-168. [In Persian]

Farboodi, M., siadat, H., Abedi, M. J., Khavari Nejad, R. 2001. Effect of different NaCl and $CaCl_2$ concentration on germination and growth of 14 wheat and one triticale genotype. Journal of Agricultural Science. 9 (2), 85-103. . [ In Persian]

Fenando, E. P., C. Boero, M. Gallardo., Gonzalez, J. A., 2000. Effect of NaCl on germination, growth, and soluble sugar content in *chenopodium quinoa* Seeds. Botany Bulletin. 41, 27-34.

Foti, S., Cosentino, S.L., Patane, C., Agosta, G.M.D., 2002. Effects of osmoconditioning upon seed germination of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under low temperatures. Seed Science and Technology. 30, 521-533.

Ghorbani, M., Soltani, A., Amiri, S., 2008. The effect of salinity and seed size on response of wheat germination and seedling growth. Journal of Agricultural Science and Natural Resources. 14 (6), 56-60. [ In Persian with English Summary]

Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S., Zhang, C., 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. Plant Science. 169, 313-321.

He decker, W., Higgins, J., Gulliver, R.L., 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. Nature. 246, 42 46.

Hoseini, F., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Cheghab, A., 2012. Evaluation the effect of anoxia stress on germination characteristics and seedling growth in five wheat variety. Iranian Field Crop Research, 9 (4), 631-638. [In Persian]

Iler, R.K., 1978. Hydrogen-bonded complexes of silica with organic compounds. In: Bendz G, Lindquist J, editors. Biochemistry of silicon and related problems. New York: Plenum. pp. 53–76.

Ingri, N., 1978. Aqueous silicic acids, silicates and silicate complexes p. 3–52. In G. Bendz and J. Lindquist (ed.) Biochemistry of silicon and related problems. Plenum, New York. IRLANDE. 169, 313-321.

Johnston, R.R., Wax, L.M., 1978. Relationship of soybean germination and vigour tests to field perforname. Agronomy Journal. 70, 273-278.

Kidd, P.S., Llugany, M., Gunse, B., Barcelo, J., 2001. The role of root exudates in aluminium resistance and silicon induced amelioration of aluminium toxicity in three varieties of maize (Zea mays L.). Journal of Experimental Botany. 52, 1339-1352.

Koyro, H. W., 2006. Effect of salinity on growth,photosynthesis, water relations and solutecomposition of potential cash crop halophyte Plantago (L.). Environmental and Experimental Botany. 56, 136-149.

Ma, J. F., Yamaji, N., 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. Plant Science. 11, 392-397.

Ma, J.F. K., Tamai, M., Ichii, G.F. Wu., 2002. A rice mutant defective in Si uptake. Plant Physiol. 130:2111–2117.

McDonald, M. B., 2000. Seed priming. (eds.M.Black and J.D.Bewley). Sheffield Academic Press .pp. 287-325.

Prychid, C. J., Rudall, P. J., Gregory, M., 2004. Systematics and biology of silica bodies in monocotyledons. Botanical Review. 69, 377- 440.

Richmond, K.E., Sussman, M., 2003. Got siliconthe non-essential beneficial plant nutrient. Curr. Opin. Plant Biology. 6, 268–272.

Roozrokh, M., 1998. Effect of seed deterioration on yield, emergence and yield components on two pea cultivars under complete and limited irrigation. Thesis for MSc of Agronomy, Faculty of agriculture, University of Tabriz. [ In Persian]

Salehian, K., 1995. The effect of seed vigor on emergence, development and seed yield in the wheat. . Thesis for MSc of Agronomy, Faculty of agriculture, University of Tabriz. [ In Persian]

Scott, S.J., Jones, R.A., Williams, W.A.., 1984. Review of data analysis methods for seed Germination. Crop Science. 24, 1192-1199.

Singh, D. K. N., Agrawal. K. N., 1977. Effect of varieties soil covers forms of nitrogen and seed soaking on the uptake of major nutrients (NPK) in late sown wheat. Indian Journal of Agronomy. 22, 96-98.

Soltani, A., Kamkar, B., Galesh, S., Akram Ghaderi, F., 2008. The effect of seed deterioration on seed reserves depletion and heterotrophic seedling growth of wheat. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 15 (1), 193-196. [ In Persian with English Summary]

**Journal of Seed Ecophysiology**

**Vol 1, No 1, 2015**

*Seed Ecophysiology*

**1 - 16**

**Birjand University**

# Effect of Nano-silicon on the germination and seedling growth of native and bread cultivars of wheat *(Triticum aestivum* L.*)*

**Moslem heydari[*1] , sadegh shahpesandy[2], Mohsen mosavi nik[3], medineh bijani[4]**

1- MSc Student of Agronomy, Zabol University

2- MSc Student of Agronomy, Zabol University

3- Associat Proffesor of Department of Agronomy, Zabol University.

4- Msc Student of Agroecology, Zabol University

## Abstract

**This study was conducted to evaluate the effects of Nano-silicon on germination and early growth of native and bred varieties of wheat at laboratory research of Zabol University. Experimental design was randomized factorial design with four replications. Factors were different concentrations of Nano-silicon (0, 0.1, 0.2 and 0.3 mM) and different varieties of wheat including Kalak Afghani and Bolani (native), and Hamoun and Arg (bread). Nano-silicon application influenced early growth parameters of wheat including root and shoot length, germination percentage, germination rate and seedling weight. Results indicated that silicon concentration increasing up to 0.2 mM increased studied parameters. Accordingly the greatest seedling length, fresh and dry weight of root and seedlings, vigor index, germinations percentage and germination rate was observed at 0.2 mM silicon. Interaction of silicon and wheat variety was significant and the greatest influence and the least parameters was achieved at 0.2 mM silicon and Hamoun, and no silicon application and Bolani, respectively. Among wheat varieties, the greatest and the lowest parameters was observed in Hamoun and Bolani, respectively. These results suggested that silicon improved germination percentage and evenness of wheat varieties.**

**Keywords: Wheat, Seedling, Silicon, Mean germination time, Early growth stages.**

* Corresponding Author, Email: M_heydari4066@yahoo.com