نشریه تحقیقات بذر، سال یازدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

اثر کاربرد نانو کود پتاسیم روی گیاه مادری بر مولفه‌های جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) تحت تنش آبی

محمد میرطیبی[۱]، امیر بستانی[۲]، مرجان دیانت[۳*]، امین آزادی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی و زراعی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

[۳] استادیار گروه علوم باغبانی و زراعی دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۴] استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد یادگار امام خمینی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی،تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۵

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش آبی و کاربرد نانو کود پتاسیم روی گیاه مادری بر مولفه‌های جوانه‌زنی بذر کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) آزمایشی با دو فاکتور تنش آبی در چهار سطح (شاهد آب مقطر و ۰/۳-، ۰/٦- و ۰/۹- مگاپاسکال) با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول و دو نوع بذر حاصل از آزمایش مزرعه‌ای (پیش تیمار شده) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در پتری‌دیش اجرا گردید. بدین منظور از دو تیمار آزمایش مزرعه‌ای (۱- برای بذور کرت مزرعه‌ای نانو کود پتاسیم دریافت کرده و ۲- بذور مزرعه‌ای بدون دریافت نانوکود پتاسیم) نمونه‌ای بذر جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش، از درصد جوانه‌زنی بطور معنی-داری کاسته شد و از ۹۱/۰ درصد در تیمار شاهد به ۷۷/۱ درصد در شرایط تنش شدید رسید. با افزایش شدت تنش، از ارزش جوانه‌زنی نیز به‌طور معنی‌داری کاسته شد و از ۱۱۸٤در تیمار شاهد به ۷۸٤ در شرایط تنش شدید رسید. شاخص طولی بنیه گیاهچه نیز از ۱٤۱۱ در تیمار شاهد به ۱۰۳۲ در شرایط تنش شدید رسید. شاخص طولی بنیه گیاهچه در بذر تیمار شده (۱۲۰٤) نسبت به بذر تیمار نشده (۱۱۷۵) برتری معنی‌دار داشت. تفاوت معنی‌داری بین متوسط جوانه‌زنی روزانه بذر تیمار شده (۱۱/٦ روز بر بذر) با بذر تیمار نشده (۱۰/۵ روز بر بذر) وجود داشت. به این ترتیب کاربرد نانوکود پتاسیم روی گیاه مادری، مولفه‌های جوانه‌زنی بذر کینوا و رشد اولیه گیاهچه آن را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: نانو کود پتاسیم، شاخص وزنی بنیه گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی.

مقدمه

کینوا گیاهی است که به دلیل توانایی رشد در شرایط تنش گوناگون مانند شوری خاک، اسیدیته، خشکی، سرما و غیره مورد توجه جهانی قرار گرفته است (Jacobsen, 2003; Bhargava el al., 2006). این گیاه نیاز آبی کمی داشته بنابراین توانایی زیادی در مقابله با خشکی را نشان می‌دهد. جدا از این، دانه آن منبع غنی از طیف گسترده‌ای از مواد معدنی، ویتامین‌ها، روغن با کیفیت بالا، پروتئین و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است (Repo- carrasco et al., 2003) دانه کینوا با توجه به کیفیت پروتئین و طیف وسیعی از مواد معدنی و ویتأمین، بسیار مغذی است. پروتئین دانه غنی از

*نویسنده مسئول: ma_dyanat@yahoo.com

اسیدهای آمینه لیزین و متیونین می‌باشد. توانایی کینوا برای تولید دانه با پروتئین بالا در شرایط خاص محیط زیست آن را برای سیستم کشاورزی جهانی با اهمیت کرده است (Bhargava et al., 2006). طی سال های اخیر تقاضای برای مصرف کینوا به طرز چشمگیری افزایش یافته است. از دیدگاه کشاورزی این گیاه به‌دلیل مقاومت به تنش های غیرزنده از جمله تنش آبی و تنش شوری اهمیت فراوانی دارد (Fathi and Kardoni, 2020).

آب یکی از مهم‌ترین احتیاجات رشد گیاه است. از آنجایی که جوانه‌زنی با جذب آب آغاز می‌شود، کمبود آب در این مرحله بر حسب طول مدت و شدت تنش موجب عدم جوانه‌زنی یا کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود (Kafi et al., 2009).از آن‌جا که بخش عظیمی از زمین‌های زراعی ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند، بحث خشکی، شوری، دما و تنش‌های حاصل از آن‌ها در رشد گیاهان این مناطق دارای اهمیت می‌باشد. جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها در چرخه زندگی گیاه مراحل بحرانی بوده و استقرار موفق گیاه نه تنها وابسته به جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بذر بلکه وابسته به توانایی بذر در جوانه‌زنی تحت شرایط تنش است (Windauer et al., 2007). مرحله گیاهچه‌ای از مراحل حساس به تنش آبی است. مطالعات نشان می‌دهد که داشتن کلئوپتیل طویل، وضعیت استقرار گیاهچه‌ها را تحت تأثیر شرایط تنش بهبود می‌بخشد که از عوامل اصلی در تولید نهایی گیاه محسوب می‌شود (Balouchi, 2010). هر چه سرعت جوانه‌زنی و درصد بذرهای جوانه‌زده 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 به‌ویژه در کشاورزی معیشتی مناطق دیم، استقرار ضعیف گیاهان زراعی مشکل عمده‌ای محسوب می‌شود. تنش آبی و شوری، دماهای پائین و بالا در هنگام جوانه‌زنی، سله بستن خاک، کشت بی‌موقع، آماده نبوده کافی بستر بذر و غیره از جمله عواملی هستند که استقرار گیاه‌چه‌ها را در مزرعه محدود می‌نمایند (Heydecker et al., 1973).

پتاسیم از جمله مهمترین عناصر پرمصرف در تغذیه گیاهان می‌باشد. نقش پتاسیم در بزرگ و طویل شدن سلول‌ها به‌عنوان بخشی از فرایند رشد سلولی و دیگر فرآیندهایی که به‌وسیله عمل تورژسانس تنظیم می‌شود، با غلظت پتاسیم در واکوئل‌ها ارتباط دارد. عنوان شده است رابطه تنگاتنگی بین پتاسیم، رشد بافت‌های مریستمی و نیز تقویت اثر این عنصر بر هورمون‌های رشد نظیر جیبرلین و اکسین وجود دارد که این امر رشد طولی سلول‌ها و در نتیجه رشد طولی اندام‌های گیاهان را به دنبال دارد (Shabala, 2003). تحقیقات نشان داده است پتاسیم تحمل گیاه را نسبت به تنش‌های محیطی بیشتر و تولید نشاسته و کربوهیدرات‌ها را افزایش می‌دهد (Somali et al., 2007). کمبود پتاسیم، ظهور بسیاری از آنزیم‌های مهم و موثر در سنتز پیروات (فسفوانول پیروات کربوکسیلاز، فسفوانول پیروات کربوکسی کیناز، آنزیم مالیک) و متابولیسم قند (گلوکز ٦ فسفات دهیدروژناز،نشاسته سنتتاز) را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Shin and Schachtman, 2004). یکی از دلایل اثر مثبت محرک‌های شیمیایی مانند نیترات پتاسیم بر جوانه‌زنی بذر احتمالاً به‌دلیل به تعادل رسیدن نسبت هورمونی در بذر و کاهش مواد بازدارنده رشد مانند آبسیزیک اسید است (Ghasemi Firoozabadi, 2001). نیترات پتاسیم نقش مهمی در تشکیل پروتوپلاسم و سلول‌های جدید ایفا می‌کند و افزایش طول گیاه را تحریک می‌کند. همچنین پتاسیم عنصر ضروری برای مکانیسم فیزیولوژیک رشد گیاهی است (Aisha et al., 2007).

استفاده از نانو کودها به منظور کنترل دقیق آزاد سازی عناصر غذایی می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد (Cui et al., 2006). نانو کودها به‌دلیل وجود نانو غشاها، عناصر غذایی خود را به‌صورت آهسته و پیوسته آزاد می‌کنند که آن مسئله کارایی استفاده از کود را بهبود بخشیده

(Chinnamuthu, 2009) و نیاز غذایی گیاه را در تمام طول فصل رشد برطرف می‌نماید و در مقایسه با کودهای شیمیایی مرسوم که نیاز به چند بار استفاده در طول فصل رشد دارند، باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌شود (Shaviv, 2005). نانوکودها به کودهایی اطلاق می‌شود که اندازه عنصر به کار رفته در انها کمتر از ۱۰۰ نانومتر است (Lal, 2008). ترکیبات نانو از منابعی هستند که توانایی چایگزینی کودهای شیمیایی را دارا می‌باشند. یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در کشاورزی، استفاده از ترکیبات نانو در تغذیه گیاه است (Yousefzadeh et al., 2016). اثر نانوذرات بر گیاهان می‌تواند بهبود جوانه‌زنی، رشد و تکامل گیاه باشد (Omidi Nargesi et al., 2015). افزودن نانو ذراتی مانند نانو سیلیکات پتاسیم به محلول غذایی گیاهان به عنوان کود به دلیل داشتن اثرهای بی‌نظیر مانند نفوذ سریع‌تر و راحت‌تر به درون غشای سلولی، افزایش مقاومت بذور گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی، افزایش جوانه‌زنی، افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاهان نیز توجه زیادی را در بین تولیدگنندگان به خود اختصاص داده است (Han et al., 2006). نتایج نشان داد که تاثیر تیمارهای نانو سیلیکات پتاسیم و نانو روی بر روی طول ساقه‌چه، وزن ترگیاهچه، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، ضریب آلومتری و محتوی آب بافتی گیاهچه در سطح احتمال ٪۹۹ معنی‌دار شده است درحالی که اثر تیمارها بر صفات طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه معنی‌داری نشد (Taghizadeh and Moameri, 2018).

پرایمینگ بذور تکنیکی است که به واسطه آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر خود و مواجه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند. این امر می‌تواند سبب بروز تظاهرات زیستی و فیزیولوژیکی متعددی در بذور پرایم شده و گیاه حاصل از آن گردد به طوری که این موارد را می‌توان در چگونگی جوانه‌زنی، استقرار اولیه نبات، بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی، افزایش کمی و کیفی محصول مشاهده کرد (Ashraf and Foolad, 2005). پرایمینگ از طریق افزایش میزان آنزیم‌های لازم برای جوانه‌زنی نظیر آلفا آمیلاز و افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، حفظ تعادل یونی و نیز ایجاد تعادل هورمونی، از گیاه در برابر اثرات نامطلوب تنش خشکی محافظت کرده و رشد آن را تحت چنین شرایطی بهبود می‌بخشد (Farooq et al., 2008). هدف از این تحقیق بررسی اثرات تنش آبی و پیش تیمار نانوسیلیکات پتاسیم بر مولفه‌های جوانه‌زنی بذر کینوا و رشد اولیه گیاهچه آن بود.

مواد و روش‌ها

آزمایشی با دو فاکتور تنش آبی در چهار سطح (شاهد (آب مقطر) و ۰/۳-، ۰/٦- و ۰/۹- مگاپاسگال) با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول و دو نوع بذر (رقم تی‌تی‌کا) حاصل از آزمایش مزرعه‌ای (پیش تیمار شده) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه اکولوژی دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات در دو سال متوالی ۱۳۹۷و ۱۳۹۸ اجرا گردید. بدین‌منظور از دو تیمار آزمایش مزرعه‌ای (۱- برای بذور کرت مزرعه‌ای نانو کود پتاسیم دریافت کرده و ۲- برای بذور مزرعه‌ای بدون دریافت نانو کود پتاسیم) نمونه‌ای بذر جمع‌آوری شد. کود کلات نانو پتاسیم خریداری شده از شرکت سپهر پارمیس در غلظت ۳ درصد قبل از گل‌دهی طی دو مرحله با فاصله ۵ روز از یکدیگر بر اندام هوایی گیاه کینوا محلول‌پاشی شده بود. برای یکنواختی شرایط آزمایش، پلات‌های شاهد با آب مقطر محلول-پاشی شده بودند. بذور هر پیش تیمار به مدت ده ثانیه در الکل ۹٦ درصد و سپس به مدت ۵۰ ثانیه در محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد قرار گرفتند (وایتکس تجاری که دارای هیپوکلریت سدیم فعال با غلظت ۵/۲۵ درصد

است با ۹ قسمت آب مقطر استریل رقیق شدند تا غلظت هیپوکلریت سدیم فعال بـه ۰/۵ درصـد برسـد). پـس از آن چندین بار با آب مقطر استریل شستشو شدند. سپس به مدت ۳۰ ثانیه در محلول یـک در هـزار بنومیـل جهـت ضـد عفونی سطحی قرار داده شدند و سه مرتبه با آب مقطـر شستشـو داده شـدند. سـپس تعـداد صـد عـدد بـذر سـالم و یکنواخت درون پتری‌دیش که حاوی یک لایه کاغذ صافی بود قرار داده شد. میزان پلی‌اتیلن گلـایکول مصـرفی بـرای ایجاد پتانسیل لازم از رابطه زیر (Burlyn and Kaufmann, 1973) بدست آمد که در آن φ پتانسیل اسمزی، C غلظت پلی اتیلن گلایکول ٦٠٠٠ (PEG, MW=6000)

$$\varphi = -(1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-1})C^2 + (2.67 \times 10^{-1})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T$$

بر حسب گرم در لیتر و T دما بر حسب سانتی‌گراد می‌باشد. ارزیابی بذرهای جوانه زده هر ٢٤ ساعت یک بار به مدت ۷ روز انجام شد. بذوری جوانه زده محسوب شدند که ریشه چه آن ها به اندازه ۲ میلی‌متر از بـذر خـارج شـده بـود. همچنین در پایان دوره آزمایش طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه انـدازه‌گیـری شـد. در روز آخر آزمایش ۱۰ گیاهچه به طور تصادفی نمونه‌برداری گردید و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بـر حسـب میلی‌متـر بـا خط‌کش با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه، نمونه‌ها به مدت ٢٤ ساعت در درون آون با درجه حرارت ۷۵–۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بلافاصـله بعـد از خـروج از آون بـا استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شدند.

شاخص‌های مربوط به جوانه‌زنی به شرح زیر در آن‌ها اندازه‌گیری گردید.

درصد جوانه‌زنی (Panwar and Bhardwaj, 2005)	GP (Germination Percentage)=(n×100)/m
سرعت جوانه‌زنی(Panwar and Bhardwaj, 2005)	SG (Speed of Germination)=$\sum Ni/ti$
متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی (Kulkarni *et al*., 2007)	MTG (mean time of Germination)= $\sum Ni \sum N$
متوسط جوانه‌زنی روزانه (Hoogenboom and Peterson, 1987)	MDG (Mean of Daily Germination)= N/T
سرعت جوانه‌زنی روزانه	DGS (Daily Germination)= $1/MDG$
ارزش جوانه‌زنی (Panwar and Bhardwaj, 2005)	GV (Germination Value)=GP ×MDG
یکنواختی جوانه‌زنی	GU (Germination Uniform)=1/N
شاخص طولی بنیه گیاهچه (Mohssen nasab et al., 2010)	قابلیت جوانه‌زنی × (میانگین طول ساقه اولیه + میانگین طول ریشه اولیه)
شاخص وزنی بنیه گیاهچه (ISTA, 2010)	درصد جوانه زنی× وزن خشک گیاهچه

n= تعداد کل بذرهای جوانه زده در طی دوره، ni= تعداد بذرهای جوانه زده در یک فاصله زمانی مشخص، N= تعداد بذرهای کاشته شده، ti= تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی، d= تعداد روزها از آغاز آزمون.

آزمایش دو سال انجام شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات با استفاده از نرم‌افزارSAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون جوانه‌زنی، اثرات ساده تنش آبی و تیمار بذر بر درصد جوانه‌زنی معنی‌داری بود (جدول۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر درصد جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش شدت تنش، از درصد جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاسته شد و از ۹۱/۰ درصد در تیمار شاهد به ۷۷/۱ درصد در شرایط

تنش شدید رسید (جدول ۲). در بررسی‌های Kaboli et al. (2001) کاهش جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش آبی به کاهش رطوبت یاخته و تأثیر آن بر ساخت پروتئین‌ها و ترشح هورمون‌ها نسبت داده شد. کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی را می‌توان به کاهش سرعت جذب اولیه آب دانست. تنش آبی با محدود کردن جذب آب توسط بذر، تأثیر بر حرکت ذخایر بذر و تأثیر مستقیم بر ساختمان آن بیشتر پروتئین موجود در جوانه جنین را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Fernandez, 1992). بذر پیش تیمار شده با ۸۱/۸ درصد جوانه‌زنی نسبت به بذر تیمار نشده با ۷۰/۵ درصد برتری معنی‌دار داشت (جدول ۲). افزودن نانو ذراتی مانند نانو سیلیکات پتاسیم به محلول غذایی گیاهان به عنوان کود به دلیل داشتن اثرهای بی‌نظیر مانند نفوذ سریع‌تر و راحت‌تر به درون غشای سلولی، افزایش مقاومت بذور گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی، افزایش جوانه‌زنی، افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاهان نیز توجه زیادی را در بین تولیدگنندگان به خود اختصاص داده است (Han et al., 2006).

اثرات مطلوب پیش تیمار بذرها در جوانه‌زنی را به تغییراتی از جمله۱- افزایش متابولیسم پروتئین‌ها در بذرهای پیش تیمار شده۲- افزایش فعالیت آنزیم‌هایی که باعث متابولیسم مواد ذخیره ای بذر مثل کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها گشته و در نهایت باعث افزایش جوانه‌زنی می‌گردد۳- افزایش سنتز پروتئین در جنین که در نهایت منجر به افزایش جوانه‌زنی می‌شود، مربوط دانست (Balouchi and Ahmadpour Dehkordi, 2013).

جدول ۱: تجزیه واریانس مرکب صفات جوانه‌زنی بذر کینوا تحت تأثیر تنش آبی، کود بیولوژیک و نانو کود پتاسیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه زنی	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	سرعت جوانه‌زنی روزانه	ارزش جوانه‌زنی
سال	۱	۳۳۹/۹٤۱ ns	۷/۲E-۰۷ ns	۰/۰۱٥٦۲٥ ns	۲E-۰۹ ns	۰/۰۱۸۹۰٦ ns	۰/٦۰۰٦۲٥ ns
تکرار (سال)	٦	٥٦۰۳/۸۰۳ ns	۱/۲۲E-۰٥ ns	۰/۲۱٤۸۹٦ ns	۰/۰۰۱۲٥ ns	۰/۳٤۸٤۹ ns	۱۰/٤۰٤۳۸ ns
تنش آبی	۳	٤۸۹۲٦٤**	۰/۰۰۰۹**	۱۷/۹**	۰/۰۷۱٦**	۲٥/۷**	۸۸۱/۲**
تیمار بذر	۱	۱٥۸۳٥*	۰/۰۰۰۰۲۷*	۰/٥۲٥**	۰/۰۰۰٦۲٥ ns	۰/۹۲٦**	۲۷/۳**
سال × تنش آبی	۳	۳۲٦/۲۰۷ ns	۸E-۰۷ ns	۰/۰۱٤۳۷٥ ns	۱E-۰۹ ns	۰/۰۱۹۳۲۳ ns	۰/٦۲٥٦۲٥ ns
سال × تیمار بذر	۱	۱۳/۰٥ ns	٥E-۰۸ ns	۲E-۰۹ ns	۰/۰۰۰٦۲٥ ns	۰/۰۰۰۱٥٦ ns	۰/۰۰٥٦۲٥ ns
تنش آبی × تیمار بذر	۳	۷۹۰/۳٤۸ ns	۲/۹E-۰۷ ns	۰/۰۱٦۰٤۲	۰/۰۰۰٦۲٥ ns	۰/۰٤۰۱٥٦ ns	۸۹۰٦۲٥ ns
سال × نش خشکی × تیمار بذر	۳	۳٦۹/٤۸٦ ns	۷E-۰۷ ns	۰/۰۱۲۰۸۳	۰/۰۰۰٦۲٥ ns	۰/۰۲۱٤۰٦ns	۰/٦۲۷۲۹۷ns
خطا	٤۲	۱۲۰۸/۲٥	۲/٦E-۰٦	۰/۰٤٥۹٦۷	۰/۰۰۱۰۱۲	۰/۰۷۳۳۷۱	۲/۱۹۳٦٦۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/٦۷۳	۱/۸٥۷۸	۱/۸٥	۰/٥۸۷	۱/٦٥٤	۱/۸۲٥

ns: غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول ۱-

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		یکنواختی جوانه‌زنی	میانگین طول ساقه اولیه	میانگین طول ریشه اولیه	شاخص طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	شاخص وزنی گیاهچه
سال	۱	۱۵۹/۷۰٦٤ ns	۰/۰۰۷٦٥٦ ns	٦۷۲/۱۰٦ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۷٦٥٦ ns	۱E-۰۸ ns
تکرار (سال)	٦	٦۸۱/٥٦۰٦ ns	۰/۰۳۸۰۷۳ ns	۲۳٥٤/٥٦۳ ns	۰/۰۰۹٥۸۳ ns	۰/۰۳۸۰۷۳ ns	۲٥/٥E-۰۷
تنش آبی	۳	۱۰۰۸۲۰**	۱/۸۲۳**	٤۳۸۰۲۹**	۱/۸۷۲**	۱/۸۲۳**	۰/۰۰۰۰۱۹**
تیمار بذر	۱	۲۰۷۳ ns	۰/۰۱۸۹۰٦ ns	۱۰۷۳۲*	۰/۰٥۰٦۲٥ ns	۰/۰۱۸۹۰٦ ns	۰/۰۰۰۰۰۰٥٦*
سال × تنش آبی	۳	۹٦/۰۳٤۳ ns	۰/۰۰۷۲٤ ns	۸۸/٦۱٤ ns	۰/۰۱۱۲٥ ns	۰/۰۰٤۲٤ ns	۲E-۰۸ ns
سال × تیمار بذر	۱	٥٥/٦۸۸۹ ns	۰/۰۰۷٦٥٦ ns	۱۲۹/۳۹۱ ns	۰/۰٥۰٦۲٥ ns	۰/۰۰۷٦٥٦ ns	۱E-۰۹ ns
تنش آبی × تیمار بذر	۳	٤۱۱/۲۹۰۲ ns	۰/۰۱۹۳۲۳ ns	۱۲۹٥/٦۰٥ ns	۰/۰۱۳٥٤۲ ns	۰/۰۱۹۳۲۳ ns	۱E-۰۸ ns
سال × نش خشکی × تیمار بذر	۳	۱٥/۳۱۱ ns	۰/۰۰۳۰۷۳ ns	٤۹/۲۲ ns	۰/۰۱۰۲۰۸ ns	۰/۰۰۳۰۷۳ ns	۱E-۰۸ ns
خطا	٤۲	۲۲۸/٦٦٤۳	۰/۰۲۰۰۹۷	۷۸۸/۷۷۳	۰/۰۱٤٤٦٤	۰/۰۲۰۰۹۷	٥E-۰۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲/۷۰٤	۲/۰٦٥۲	۲/۳٦۷	۱/٥٦۰٦	۲/۰٦٥	۱/۸٥

ns: غیر معنی دار، * و ** به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲: نتایج مقایسه میانگین دو ساله اثرات ساده تنش آبی نانو کود پتاسیم بر برخی صفات جوانه‌زنی بذر کینوا

تیمار		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه زنی Seed day-1	متوسط زمان جوانه‌زنی day	متوسط جوانه‌زنی روزانه day seed-1	سرعت جوانه‌زنی روزانه Seed day-1	ارزش جوانه‌زنی
تنش آبی مگاپاسکال	شاهد	۹۰/۸	۱۸/۰۳	٥/٤۹	۱۲/۹۷	۰/۰۹٤٥	۱۱۷۷/۹
	-۰/۳	۸۲/۷	۱٦/٦۳	٥/٤۳	۱۱/۸۱	۰/۰۹۰۷	۹۷٦/٦
	-۰/٦	۷۷/۳	۱٥/۷۱	٥/۳۸	۱۱/۰٤	۰/۰۸٤۷	۸٥۳/۰
	-۰/۹	۷۳/۸	۱٥/۱۲	٥/۳٥	۱۰/٥٤	۰/۰۷٦۹	۷۷۷/٥
LSD (0.05)		**۱/٦٤۲**	**۱/٦۳۱**	**۰/۰٤۲۲**	**۰/۲٦٥**	**۰/۰۰۱۹**	**۳۸/۳**
تیمار بذر	پیش تیمار شده	۸۹/۷۷	۱٦/٤۹	٤/٤۲	۱۱/٦۸	۰/۰۸۱	۹٦۱/۹۷
	پیش تیمار نشده	۷۰/٤٦	۱٦/۲٦	٥/٤۱	۱۰/٤۹	۰/۰۸۸	۹۳۰/٥۲

ادامه جدول ۲-

تیمار		یکنواختی جوانه‌زنی	میانگین طول ساقه اولیه cm	میانگین طول ریشه اولیه cm	شاخص بنیه گیاهچه	وزن خشک گیاهچه g	شاخص وزنی گیاهچه
تنش آبی	شاهد	۰/۰۱۳٦	۷/۳۱	۸/۱۷	۱٤۰٦/۲	۷/۳۱	٦٦٤/۲
	-۰/۳	۰/۰۱۲۹	٦/۹۳	۷/۷٥	۱۲۱۲/۲	٦/۹۳	٥۷۲/٦
	-۰/٦	۰/۰۱۲۱	٦/۷۰	۷/٥۲	۱۱۹۸/۹	٦/۷۰	٥۱۷/۷
	-۰/۹	۰/۰۱۱۰	٦/٥۳	۷/۳۹	۱۰۲٦/۹	٦/٥۳	٤۸۱/۸
LSD (0.05)		۰/۰۰۰۳	۰/۱۰۰۲	۰/۰۸۲۳	۲۷/۱۲	۰/۱۹۰۲	۱٦/۹٤
تیمار بذر	پیش تیمار شده	۰/۰۱۲٤	٦/۸۸	۷/۷۳	۱۱۹۹/۲	٦/۸۸	٥٦۰/٦
	پیش تیمار نشده	۰/۰۱۲۲	٦/۸٦	۷/٦۸	۱۱۷۳/۳	٦/۸٦	٥٥۷/٥

سرعت جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون جوانه‌زنی نشان داد که اثرات ساده تنش آبی و تیمار بذر بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر سرعت جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش شدت تنش، از سرعت جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاسته شد و از ۱۸/۱ بذر در روز در تیمار شاهد به ۱٥/۲ بذر در روز در شرایط تنش شدید رسید (جدول۲). کاهش مؤلفه‌های جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن تر و خشک گیاهچه) در محیط‌های اسمزی را می‌توان به کاهش سرعت و میزان جذب اولیه آب و نیز اثرات منفی پتانسیل‌های اسمزی پایین برفرایندهای بیوشیمیایی مراحل سوخت و ساز جوانه‌زنی نسبت داد. در گیاهان زنیان، رازیانه و شوید با افزایش شدت تنش، سرعت و درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در تمامی گونه‌ها کاهش یافت (Boroomand zade and Kocheki, 2005). بذر تیمار شده با سرعت جوانه‌زنی ۱٦/٥ بذر در روز نسبت به بذر تیمار نشده با ۱٦/۲ بذر در روز برتری معنی‌دار داشت (جدول ۲). بیان شده پرایمینگ باعث افزایش میزان سنتز اسیدهای نوکلئیک، پروتئین و تحرک هرچه بیشتر مواد ذخیره‌ای در بذر می شود که به همین دلیل درصد و سرعت جوانه زنی و استقرار گیاهچه افزایش می‌یابد (Bradford 1995). از خصوصیات مهم گیاهان زراعی قابلیت واکنش آنها به تغییرات رطوبتی و بنیه بذر، از طریق رشد سریع ریشه‌های آنان به طرف منبع رطوبت قابل دسترس و سرعت جوانه‌زنی سریع است. کاهش سرعت و درصد جوانی‌زنی به دلیل آن است که تنش باعث افزایش فشار اسمزی در محیط اطراف بذر یا ریشه چه گیاه می‌شود که در این صورت جذب آب توسط بذر یا ریشه با اشکال مواجه می‌گردد (Bayoumi et al., 2008) که بذور تیمار شده با شرایط نرمال رطوبتی و نانوکود در این آزمایش نیز از سرعت جوانه‌زنی بیشتری برخوردار بودند.

متوسط زمان جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون جوانه‌زنی نشان داد که تنها اثر ساده تنش آبی بر متوسط زمان جوانه‌زنی معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر متوسط زمان جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش شدت تنش، متوسط زمان جوانه‌زنی بطور معنی‌داری افزایش یافت و از ٤/٤۲ روز در تیمار شاهد به ٥/٤۱ روز در شرایط تنش شدید رسید (جدول ۲). متوسط زمان جوانه زنی شاخصی از سرعت و شتاب جوانه زنی بذر

بوده و معیاری از یکنواختی جوانه‌زنی و وضعیت بنیه گیاه محسوب می شود و هرچه مقدارعددی آن کوچک تر باشد، جوانه‌زنی سریع‌تر می‌باشد (Vaseei Kashani et al., 2015).

متوسط جوانه‌زنی روزانه: نتایج تجزیه واریانس آزمون جوانه‌زنی نشان داد که اثرات ساده تنش آبی و تیمار بذر بر متوسط جوانه‌زنی روزانه معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر متوسط جوانه‌زنی روزانه نشان داد که با افزایش شدت تنش، از متوسط جوانه‌زنی روزانه بطور معنی‌داری کاسته شد و از ۱۳/۰ روز بر بذر در تیمار شاهد به ۱۰/٦ روز بر بذر در شرایط تنش شدید رسید (جدول ۲). تفاوت معنی‌داری بین متوسط جوانه‌زنی روزانه بذر تیمار شده (۱۱/٦ روز بر بذر) با بذر تیمار نشده (۱۰/۵ روز بر بذر) وجود داشت (جدول ۲). علت افزایش میانگین زمان جوانه زنی روزانه در اثر اعمال پیش تیمار بذر به افزایش احتمالی سرعت تقسیم سلولی در بذرهای پیش تیمار شده نسبت داده شده است که در اثر سنتز DNA، RNA و پروتئین‌ها در طی پیش تیمار بذر بسیاری از مراحل فیزیولوژیکی در فرآیند جوانه زنی کامل شده و بذر در آستانه جوانه‌زنی قرار می‌گیرد (Aghighi Shahverdi and Omidi,2016).

سرعت جوانه‌زنی روزانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون جوانه‌زنی نشان داد که اثرات ساده تنش آبی و تیمار بذر بر سرعت جوانه‌زنی روزانه معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر سرعت جوانه‌زنی روزانه نشان داد که با افزایش شدت تنش، از سرعت جوانه‌زنی روزانه بطور معنی‌داری کاسته شد و از ۰/۰۹۵ بذر در روز در تیمار شاهد به ۰/۰۷۷ بذر در روز در شرایط تنش شدید رسید (جدول ۲). از خصوصیات مهم گیاهان زراعی قابلیت واکنش آنها به تغییرات رطوبتی و بنیه بذر، از طریق رشد سریع ریشه‌های آنان به طرف منبع رطوبت قابل دسترس و سرعت جوانه‌زنی سریع است. کاهش سرعت و درصد جوانی‌زنی به دلیل آن است که تنش باعث افزایش فشار اسمزی در محیط اطراف بذر یا ریشه چه گیاه می‌شود که در این صورت جذب آب توسط بذر یا ریشه با اشکال مواجه می‌گردد (Bayoumi et al., 2008). سرعت جوانه‌زنی روزانه بذر تیمار شده (۰/۰۸۷ بذر در روز) تفاوت معنی‌داری با بذر تیمار نشده (۰/۰۸۱ بذر در روز) داشت (جدول ۲). مصرف نانوکلات پتاسیم اثر مثبت زیادی برشاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سیاهدانه در شرایط تنش و بدون تنش شوری داشت (Askari et al., 2019).

ارزش جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون جوانه‌زنی نشان داد که اثرات ساده تنش آبی و تیمار بذر بر ارزش جوانه‌زنی معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر ارزش جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش شدت تنش، از ارزش جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاسته شد و از ۱۱۸٤در تیمار شاهد به ۷۸٤ در شرایط تنش شدید رسید (جدول ۲). قابلیت دسترسی بذر به آب با کاهش پتانسیل اسمزی (مواد محلول) و ماتریک (مکش) کاهش می‌یابد. لذا پتانسیل آب محیط تأثیر مستقیم بر سرعت جذب آب و جوانه‌زنی دارد (Saeidi et al., 2007; Azizinia et al., 2005). تنش آبی باعث کاهش معنی ار صفات شاخص جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی بذر جودره (*Hordeum spontaneum*) شد شاهمرادی و همکاران . بذر تیمار شده با ارزش جوانه‌زنی ۹٦٤ نسبت به بذر تیمار نشده با ۹۳۳ برتری معنی‌دار داشت (جدول ۲).

یکنواختی جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون جوانه‌زنی نشان داد که اثرات ساده تنش آبی و تیمار بذر بر یکنواختی جوانه‌زنی معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر یکنواختی جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش شدت تنش، از یکنواختی جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاسته شد و از ۰/۰۱٤ در تیمار شاهد به ۰/۰۱۱ در شرایط تنش شدید رسید (جدول ۲). بذر تیمار شده با یکنواختی جوانه‌زنی ۰/۰۱۲٤ نسبت به بذر تیمار نشده با

یکنواختی جوانه‌زنی ۰/۰۱۲۲ برتری معنی‌دار داشت (جدول ۲). پاکباز نشان داد که پرایمینگ بذر با عناصر کودی و همچنین اثر متقابل این دو تیمار بر روی صفت یکنواختی جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی در پیش‌تیمار هیدرو در شرایط بدون تنش خشکی و همچنین کمترین یکنواختی جوانه‌زنی در پیش‌تیمار کودی نانوآهن در شرایط خشکی ۱۲- بار بدست آمد. سرمدنیا و عزیزی (Sarmadnia and Azizi, 1995) معتقدند که سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی است، به‌طوری که ارقام دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتر، تحت شرایط تنش آبی از شانس بیشتری برای سبز شدن سریع‌تر خواهد بود. پرایمینگ بذور باعث بهبود در سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی و کاهش حساسیت بذور به عوامل محیطی میگردد، استقرار سریعتر، بنیه‌ی بالاتر، توسعه سریعتر، گلدهی زودتر و عملکرد بالاتر از پیامدهای. پرایمینگ بذور می‌باشد (Hafeez et al., 2007).

طول ساقه اولیه: نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون جوانه‌زنی نشان داد که اثر ساده تنش آبی بر میانگین طول ساقه اولیه معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر میانگین طول ساقه اولیه نشان داد که با افزایش شدت تنش، از میانگین طول ساقه اولیه بطور معنی‌داری کاسته شد و از ۷/۳۳ سانتی‌متر در تیمار شاهد به ٦/٥٥ سانتی‌متر در شرایط تنش شدید رسید (جدول ۲). گزارش شده است مرحله گیاهچه‌ای از مراحل حساس به تنش آبی است. مطالعات نشان می‌دهد که داشتن کلئوپتیل طویل وضعیت استقرار گیاهچه را تحت تنش آبی بهبود می‌بخشد که یکی از عامل اصلی در تولید نهایی گیاه محسوب می‌شود (Balouchi, 2010). از آنجایی که با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی رشد ریشه‌چه کاهش می‌یابد و به دنبال آن نیز رشد ساقه‌چه ناقص می‌شود، در نتیجه طول ساقه‌چه کاهش می‌یابد. رشد اندام ریشه‌چه و ساقه‌چه وابسته به هم است و کاهش رشد هر کدام رشد دیگری را نیز متأثر می‌سازد. اولین فرایند جوانه‌زنی بذور، جذب آب و آماس بذر است و آخرین مرحله تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌هاست که خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه از بذر را سبب می‌شود. با کاهش آب قابل جذب برای بذر به دلیل افزایش پتانسیل اسمزی اطراف بذر تقسیم سلولی کاهش و رشد گیاهچه ناقص می‌شود. از آنجایی که ریشه‌چه قبل از ساقه‌چه از پوسته بذر خارج می‌شود فرآیند رشد و نمو ریشه‌چه زودتر آغاز و در صورت کمبود آب، ساقه‌چه بیشتر به تاخیر می‌افتد (Al-Mudaris and Jutzi, 1999).

طول ریشه اولیه: نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون جوانه‌زنی نشان داد که اثرات ساده تنش آبی و تیمار بذر بر میانگین طول ریشه اولیه معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر میانگین طول ریشه اولیه نشان داد که با افزایش شدت تنش، از میانگین طول ریشه اولیه بطور معنی‌داری کاسته شد و از ۸/۱٦ سانتی‌متر در تیمار شاهد به ۷/۳۹ سانتی‌متر در شرایط تنش شدید رسید (جدول ۲). تفاوت معنی‌داری در طول ریشه اولیه بین بذر تیمار نشده و تیمار شده وجود نداشت (جدول ۲).

شاخص طولی بنیه گیاهچه: شاخص طولی بنیه گیاهچه از رابطه قابلیت جوانه‌زنی × (میانگین طول ساقه اولیه + میانگین طول ریشه اولیه) به‌دست آمد. نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون جوانه‌زنی نشان داد که اثرات ساده تنش آبی و تیمار بذر بر شاخص بنیه گیاهچه معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر شاخص طولی بنیه گیاهچه نشان داد که با افزایش شدت تنش، از شاخص طولی بنیه گیاهچه بطور معنی‌داری کاسته شد و از ۱٤۱۱ در تیمار شاهد به ۱۰۳۲ در شرایط تنش شدید رسید (جدول ۲). بذر تیمار شده با شاخص طولی بنیه گیاهچه

۱۲۰٤ نسبت به بذر تیمار نشده با ۱۱۷۵ برتری معنی‌دار داشت (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های بلوچی (Balouchi, 2010) مبنی بر اثر منفی تنش آبی بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی مطابقت دارد.

وزن خشک گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون جوانه‌زنی نشان داد که اثر ساده تنش آبی بر وزن خشک گیاهچه معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر ساده تنش آبی بر وزن خشک گیاهچه نشان داد که با افزایش شدت تنش، از وزن خشک گیاهچه بطور معنی‌داری کاسته شد و از ۷/۳۳ گرم در تیمار شاهد به ٦/٥٥ گرم در شرایط تنش شدید رسید (جدول ۲). شدت تنش بالاتر سبب سنتز بیشتر ترکیبات با وزن مولکولی پایین مانند پرولین می‌شود و از سنتز ترکیبات با وزن مولکولی بالاتر نظیر پروتئین‌ها می‌کاهد (Yamamato et al., 1997)، لذا وزن تر و خشک گیاهچه کاهش می‌یابد (Abeseker, 1992). جونوسکی و کام (Chojnowski and Come, 1997) بیان داشتند که پرایمینگ بذر به‌مدت ۳ الی ۵ روز باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه می‌شود. صفوی (Safavi, 2010) اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی دو گونه *Agropyrpn repens* و *Agropyrpn tauri* را در پنج سطح خشکی مورد بررسی قرار داد. نتایج آزمایش او نشان داد که با افزایش تنش خشکی صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، شاخص بنیه بذر، وزن تر و خشک گیاهچه کاهش پیدا کرد.

شاخص وزنی بنیه گیاهچه: شاخص وزنی بنیه گیاهچه از حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی در وزن خشک گیاهچه به‌دست آمد. نتایج تجزیه واریانس مرکب شاخص وزنی بنیه گیاهچه نشان داد که اثر ساده تنش آبی بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر ساده تنش آبی بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه نشان داد که با افزایش شدت تنش، از این شاخص به‌طور معنی‌داری کاسته شد و از ٦٦٨ در تیمار شاهد به ٤٨٥ در شرایط تنش شدید رسید (جدول ۲). ساختار ژنتیکی بذر، شرایط تغذیه‌ای و محیطی گیاه مادری، شرایط مرحله رسیدگی، اندازه و وزن مخصوص بذز خسارت مکانیکی و زوال بذر از عوامل مؤثر بر بنیه بذر می‌باشد (Khoshsokhan et al., 2012).

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق پیش تیمار بذر کینوا با نانو کو پتاسیم بر بیشتر صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری داشت. کاهش فرایند جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی می‌تواند به کاهش جذب آب توسط بذرها ارتباط داشته باشد. اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود و یا جذب آب به کندی صورت گیرد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرام صورت خواهد گرفت، در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و از این رو سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان پرایمینگ با نانو کود پتاسیم را به کشاورزان پیشنهاد داد تا بتوانند گیاهچه‌هایی با توان رقابتی بالا در مقابل تنش آبی در کینوا تولید کنند.

References

Abeseker, D.E.D.J. 1992. Seed Pre-treatment with Plant Growth Regulators and Osmoticum to Improve Temperature and Salinity Levels. La Guna College, Philippins, 181 pp. Agrawai, R.L. 1991. Seed Technology. Oxford and IBH Pub, 658 pp.

Aghighi Shahverdi, M. and Omidi, H. 2016. Effect of hormone priming and hydro priming on Stevia *(Stevia rebaudiana Bertoni)* seed germination under salt stress. Iranian Journal of Seed Sciences and Research 3(2): 97-108.

Aisha, A.H., Rizk, F.A., Shaheen, A.M. and Abdel-Mouty, M.M. 2007. Onion plant growth, bulb yield and its physical and chemical properties as affected by organic and natural fertilization. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3(5): 380-388.

Al-Mudaris, M. and Jutzi, S. 1999. The influence of fertilizer-based seed priming treatments on emergence and seedling growth of *Sorghum bicolor* and *Pennisetum glaucum* in pot trials under greenhouse conditions. Journal Agronomy Crop Science 182: 135-142.

Askari, M., Nourafcan, H., Hojjati, L. and Nemati rad, S.P. 2019. Effect of seed priming by nano-iron and nano-potassium chelated on seed germination and growth of black cumin (*Nigella sativa* L.) under salinity stress. Journal of Seed Research 9: 23-34.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Advances in Agronomy 88: 223-271.

Azizinia, S., Ghannadha, M.R., Zali, A.A., Yazdi-Samadi, B. and Ahmadi, A. 2005. An evaluation of quantitative traits related to drought resistance in synthetic wheat genotypes in stress and non-stress conditions. Iranian Journal of Agricultural Sciences 36. 281-293.

Balouchi, H. and Ahmadpour Dehkordi, S. 2013. Effect of different seed priming on germination traits in Black cumin (*Nigella sativa*) under salinity stress. Journal of Plant Production Research. 20(3): 1-26. (In Persian)

Bayoumi, T.Y., Eid, M. and Metwali, E.M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology 7:2341-2352.

Booroomand zade, Z. and Koochaki, A. 2005. Germination response of Ajowan, Fennel and Dill to osmotic potential of sodium chloride and polyethylene glycol 6000 in different temperature regimes. *Iranian* Journal of Field Crop Research 3: 207-218.

Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination. Pp. 351-396, In: J. Kigel and G. Galili, (eds), Seed Development and Germination. Marcel dekkerinc. New York.

Balouchi, H.R. 2010. Screening wheat parents of mapping population for heat and drought tolerance, detection of wheat genetic variation. *International Journal of Biological Sciences* 6: 56-66.

Bhargava, A., Shukla, S. and Ohri, D. 2006. *Chenopodium quinoa*—An Indian perspective. Industrial Crops and Products 23:73–87

Burlyn E.M. and Kaufmann, M.R. 1973. The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000. Plant Physiology 51: 914–916.

Chojnowski, F.C. and Come, D. 1997. Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. Seed Science and Research 7: 323-331.

Chinnamuthu, C. 2009. Nanothecnology and agroecosystem, *Madras Agriculture Journal* 96: 17-31.

Cui, H.C., Sun, Q., Liu, J. and Jiang, G.U. 2006. Applications of Nanotechnology in Agrochemical Formulation. Perpectiv, Challenges and Strategies, Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijig, China, PP: 1-6.

Farooq, M., Basra, M.A., Wahid, A., Cheema, Z.A., Cheema, M.A. and Khaliq, A. 2008. Physiological Role of Exogenously Applied Glycinebetaine to Improve Drought Tolerance in Fine Grain Aromatic Rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 194: 325-333.

Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo, C.G. (ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. Tainan, Taiwan.

Fathi, F.K. 2020. The importance of quinova cultivation in developing countries. *Cercetări Agronomice în Moldova* 183: 337-356.

Foti, S., Cosentino, S.L., Patane, C. and 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.

Ghasemi Firoozabadi, A. 2001. Study of salinity and drought resistance on two rangeland species. Master Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

Hafeez, U.R., Faroog, M. and Afzal, I. 2007. Late sowing of wheat seed priming. Available in www.DAWN.com.

Han, J.K., Song, H.Y., Saito, F. and Lee, B.T. 2006. Synthesis of high purity nano-sized hydroxyapatite powder by microwave-hydrothermal method. Material Chemistry and Physics 99: 235-239.

Heydecker, W., Higgins, J., and Gulliver, R.L. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. Nature 246: 42-44.

Hoogenboom, G. and Peterson, C.M. 1987. Shoot growth rate of soybean as affected by drought stress. Agronomy Journal 79(4): 598-607.

ISTA. 2010. International rules for seed testing. International seed testing association (ISTA).

Jacobsen, S.E. 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews Internationa;* 19(1–2):167–177.

Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, Kamandi, M.A., Masomi, A. and Nabati, J. 2009. Environmental Stress on Plant Physiology. Mashhad University Jahad. (Translation)

Kaboli, M. and Sadeghi, M. 2001. Effect of drought stress on germination of three Onobrochis species. Pajohesh and Sazandegi, 64(2): 51-57.

Khoshsokhan, F., Babalar, M., Chaghazardi, H.R. and Fatahi-Moghadam, M.R. 2012. Effect of salinity and drought stress on germination indices of two Thymus species. *Agronomy Research Moldavia* 45: 28-35.

Kulkarni, M.G., Street, R.A. and Van Staden, J. 2007. Germination and seedling growth requirements for propagation of *Dioscorea dregeana* (Kunth) Dur. and Schinz-A tuberous medicinal plant. South African Journal of Botany 73: 131-137.

Lal, R. 2008. Soils and India's food security. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 56: 129–138.

Mohssen Nasab, F., Sharafi zadeh, M. and Siadat, A. 2010. Study the effect of aging acceleration test on germination and seedling growth of wheat cultivars in controlled conditions (*in vitro*). *Crop Physiology Journal* 2(7): 59-71. (In Farsi).

Omidi Nargesi, S., Zahedi, M., Eshghizadeh, H. and Khoshgoftarmanesh, A. 2015. Screening wheat genotypes in response to ordinary chelate and nano-iron chelate fertilizers in nutrient solution. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 6(23): 123-133. (In Farsi)

Panwar, P. and Bhardwaj, S.D. 2005. Handbook of practical forestry, Agrobios Publication, India. p191.

Repo-carrasco-valencia, R., Espinoza, A.M. and Jacobsen, S.E. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International 19: 179-189.

Saeidi, M., Ahmadi, A., Postini, K. and Jahansooz, M.R. 2007. Evaluation of germination traits of different genotypes of wheat in osmotic stress situation and their correlations with speed of emergence and drought tolerance in Farm situation. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11: 281- 293.

Safavi, Y. 2010. Investigation of the effects of dehydration stress on germination and seedling growth characteristics in two species of *Agropyron tauri* and *Agropyron repens* in both germinator and greenhouse conditions. MSc thesis, Department of Plant Breeding, Islamic Azad University of Boroujerd. Iran.

Sarmandnia, A. and Azizi, M. 1995. Study of the effects of long term storage on the quality indices of soybean seeds. Science Journal of Agricultural Technology 9: 91-79.

Shabala, S. 2003. Regulation of potassium transport in leaves: From molecular to tissue level. *Annual of Botany*. 92: 627-634.

Shaviv, A. 2005. Controlled Release of Fertilizers. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Frankfurt.

Shin G.R. and Schachtman, D.P. 2004. Hydrogen peroxide mediates plant root cell response to nutrient deprivation. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 101, 8827–8832.

Shomali, R., Abdolzadeh, A., Haddadchi, G. and Sadeghipour, H. 2007. Effect of different potassium and iron concentration on growth, ion contents and some biochemical parameters in rice (var. Tarem). Journal of Agriculture and Natural Resources 14(5): 64-65.

Taghizadeh, F. and Moameri, M. 2018. The effect of potassium nano silicate and nano-zinc on the growth components of the species *Festuca ovina* 13th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran And the Third National Conference on the Protection of Natural Resources and the Environment.

Vaseei Kashani, S., Hamidi, A., Heidari Sharifabad, H. and Daneshian, J. 2015. Effect of matrix priming on some germination traits improvement of three commercial soybeans [*Glycine max* (L.) Merril.] cultivars seeds grew by limited irrigation conditions. Iranian Journal of Seed Sciences and Research 2(1): 1-14. (In Farsi).

Yamamato, A., Turgeon, J. and Duich, J.M. 1997. Seedling emergence and growth of solid matrix primed Kentucky bluegrass seed. Crop Science 37: 225.

Yousefzadeh, S., Naghdi Badi, H.A., Sabaghnya, N. and Jahmohammadi, M. 2016. The effect of foliar application of nano-iron chelate on physiological and chemical traits of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Journal of Medicinal Plants* 4(60): 152-160.

Windauer, L.B., Altuna, A. and Benech-Arnold, R.L. 2007. Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products 25: 70-74.

Journal of Seed Research, Vol. 11, No. 2, Summer 2021

Effect of application of potassium nanofertilizer on mother plant on seed germination components and initial growth of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seedling under water stress

M. Mirtayebi[1], A. Bostani[2], M. Diyanat[3]*, A. Azadi[4]

[1]Ph.D Student, Department of Agricultural Scences and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2Associate Professor of Shahed University, Tehran, Iran

[3]Assistant Professor of Department of Agricultural Sciences and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[4]Assistant Professor Islamic Azad University, Yadegar Imam, Shahr Rey, Iran

Abstract

In order to investigate the effect of water stress and application potassium nanofertilizer on mother plant on germination components of quinoa seed (*Chenopodium quinoa* Willd), an experiment with two water stress factors at four levels (distilled water (control), -0.3, -0.6. And -0.9 MPa) using polyethylene glycol and two types of seeds obtained from field experiments (pre-treated) in a completely randomized design with four replications in a petri dish. For this purpose, seed samples were collected from two field experimental treatments (1- received nano-potassium fertilizer for field seeds and 2- field seeds without receiving nano-potassium fertilizer). The results showed that with increasing stress intensity, the germination percentage was significantly reduced and from 91.0% in the control treatment to 77.1% in severe stress conditions. With increasing stress intensity, the germination value was significantly reduced and from 1184 in the control treatment to 784 under severe stress. The longitudinal index of seedling vigor increased from 1411 in the control treatment to 1032 in severe stress conditions. Longitudinal index of seedling vigor in seeds treated with (1204) was significantly superior to untreated seeds with (1175). There was a significant difference between the average daily germination of treated seeds (11.6 days per seed) and untreated seeds (10.5 days per seed). Thus, application of potassium nanofertilizer on mother plant improved the germination components of quinoa seeds and their initial seedling growth.

***Keywords*:** Seedling weight index, Germination rate, Nano-potassium fertilizer

*Corresponding author; ma_dyanat@yahoo.com; m.diyanat@srbiau.ac.ir