روند تسهیم اندوخته بذری و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز با پیش‌تیمار عنصر روی در بذر گندم (*Triticum aestivum* L.)

امین عباسی [۱،*]، فریبرز شکاری [۱]، سید بهمن موسوی [۲]، ناصر صباغ نیا [۱]، عبداله جوانمرد [۱]

[۱] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
[۲] گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
[*] پست الکترونیک نویسنده مسئول: a.abbasi@maragheh.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۶)

چکیده

یکی از عوامل دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، درصد و سرعت بالای جوانه‌زنی بذرها و استقرار مناسب‌تر گیاهچه‌های حاصل از بذرهای کشت شده می‌باشد. روی به‌عنوان یک عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاهان، از نقش کلیدی در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی برخوردار بوده و تأثیر مثبتی را بر جوانه‌زنی بذرها دارد. اثر پیش‌تیمار بذر با محلول‌هایی با غلظت ۰/۵، ۱ و ۲ درصد سولفات روی بر تسهیم اندوخته بذر، آغاز خودپروری گیاهچه گندم و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز طی پژوهشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار، در دانشگاه مراغه در سال ۱۳۹۲ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کلیه شاخص‌های مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر پیش‌تیمار روی قرار گرفتند. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که افزایش غلظت روی به یک درصد، اثرات مثبتی بر صفات مورد مطالعه داشته و برعکس، افزایش غلظت این عنصر به بیش از یک درصد موجب تغییرات منفی در صفات مزبور گردید. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد، میزان وزن خشک دانه در تیمار شاهد و سولفات روی ۰/۵ درصد به ترتیب در روزهای ۲۱ و ۲۰ به سطح ثابتی رسیدند که پس از بازه‌های یاد شده این مقدار ثابت ماند. همچنین، میزان وزن خشک کل، در تیمار شاهد و سولفات روی به ترتیب در روزهای ۱۵ و ۱۳ به وزن اولیه خود (وزن بذر) دست یافت. به‌علاوه، رشد خودپروری گیاه طی ۱۲-۱۰ روز پس از خیساندن آغاز شد. بذرهای تیمار شده با ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی نسبت به سطوح دیگر آن دارای سطح برگ بیشتری بودند. این امر می‌تواند در نتیجه‌ی ورود زودتر گیاهچه‌های حاصل از این تیمارها به مرحله خودپروری باشد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات اتمام اندوخته بذر، جبران اندوخته بذر، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه مؤید این امر بود. در همین راستا پیش‌تیمارهای ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی زودتر از تیمارهای شاهد و ۲ درصد روی به خودپروری رسیدند که با توجه به نتایج آزمایش‌ها پیش‌تیمارهای ۰/۵ و ۱ درصد برگزیده شدند.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، رشد خودپرور، رشد خودناپرور، کارایی تبدیل اندوخته غذایی

مقدمه

جمعیت کره زمین پیوسته در حال افزایش است. پیش‌بینی می‌شود که جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ میلادی به ۸/۵ میلیارد نفر برسد (فائو[1]، ۲۰۱۲). از طرفی نتایج گزارش‌های مشترک سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (۲۰۰۳)

[1] FAO

حاکی از آن است که بیش از سه چهارم انرژی و در حدود نیمی از پروتئین مورد نیاز جمعیت دنیا تا سال ۲۰۳۰ با تغییرات نامحسوس از غلات تأمین می‌شود. همچنین، در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران، نزدیک به نیمی از انرژی روزانه مردم از مصرف مستقیم گندم به دست می‌آید.

جوانه‌زنی نخستین مرحله‌ی نموی در گیاه است که به‌عنوان یکی از مراحل مهم و حساس در چرخه‌ی زندگی گیاهان به شمار می‌آید و فرایندی کلیدی در سبز شدن گیاهچه می‌باشد (کایا[1] و همکاران، ۲۰۰۶). به‌طور طبیعی هر چه سرعت جوانه‌زنی و درصد بذرهای جوانه‌زده در کشتزار بیشتر باشد بهره‌گیری از منابع رشد نظیر نور، آب و عناصر غذایی بهتر خواهد بود (فوتی[2] و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین، تسریع و هم‌زمانی فرآیندهای جوانه‌زنی می‌تواند پیش‌نیاز استقرار یک پوشش گیاهی خوب را فراهم نماید (هریس[3]، ۱۹۹۶). بر پایه گزارش‌های هریس و همکاران (۲۰۰۰) و خلیل[4] و همکاران (۲۰۰۱) مدت زمان بین کاشت تا استقرار گیاهچه، تأثیر چشم‌گیری بر عملکرد مزرعه‌ای گیاهان زراعی دارد. در گندم‌های بهاره، جوانه‌زنی سریع، ضامن بهره‌گیری بهینه از نهاده‌های محیطی در آغاز فصل و گسترش سطح برگ به‌منظور تولید هر چه بیش‌تر آسیمیلات‌ها در اثر فتوسنتز می‌باشد. در گندم‌های پاییزه نیز این امر باعث تحقق شرایط بهینه‌ی زمستان گذرانی پیش از استیلای سرما و مانع از بین رفتن محصول می‌شود (خلیل و همکاران، ۲۰۰۱). این در حالی است که در بسیاری از مناطق دنیا استقرار ضعیف گیاهان زراعی مشکل عمده‌ای محسوب می‌گردد (هیدکر[5] و همکاران، ۱۹۷۳). تنش خشکی، تنش شوری، دماهای پایین و بالا در هنگام جوانه‌زنی، سله بستن خاک، کشت بی‌موقع، آماده نبودن کافی بستر بذر و غیره از جمله عواملی هستند که استقرار گیاهچه‌ها را در کشتزار محدود می‌کنند (مک‌دونالد[6]، ۱۹۹۹).

بنیه بذر را می‌توان به کمک انواع روش‌های پیش‌تیمار بذر برای افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، بهبود بخشید (پروموتای[7] و همکاران، ۲۰۱۲). در پیش‌تیمار اجازه داده می‌شود که بذرها مقداری آب یا محلول مورد نظر که در آن خیسانده شده‌اند را جذب کنند، به‌طوری که مراحل اولیه‌ی جوانه‌زنی انجام شود ولی ریشه‌چه خارج نشود؛ به عبارت دیگر بذرها تا مرحله‌ی دوم آبنوشی پیش می‌روند اما وارد مرحله‌ی سوم نمی‌شوند (مک‌دونالد، ۱۹۹۹). هدف از اجرای پیش‌تیمار افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، کوتاه کردن میانگین زمان جوانه‌زنی، بهبود رشد و توانایی گیاهچه در دامنه‌ی گسترده‌ای از شرایط محیطی مناسب و نامناسب می‌باشد (رمضان[8] و همکاران، ۲۰۱۰).

روی عنصری فلزی بوده که کارکردهای فیزیولوژیکی متعددی در انسان و گیاهان دارد. یکی از روش‌های زیست‌افزایی[9] زراعی روی، بهره‌گیری از تکنیک پیش‌تیمار بذری است (هریس و همکاران، ۲۰۰۷). پژوهش‌های متعدد نشان داده است که کشت بذرهایی با غلظت روی بیش‌تر می‌تواند به افزایش سرعت جوانه‌زنی، درصد سبز شدن، استقرار گیاهچه و همچنین، عملکرد در خاک‌های دارای کمبود این عنصر بینجامد (هریس و همکاران،۲۰۰۷؛ جنس[10] و همکاران، ۲۰۰۰؛ یلماز[11] و همکاران، ۱۹۹۸؛ رنجل و گراهام[12]، ۱۹۹۵؛ کاکماک و بران[13]، ۲۰۰۱). از این رو، پیش‌تیمار بذر با روی قبل از کشت، روشی ارزان و ساده در تصحیح کمبود روی می‌باشد. به‌احتمال فراوان، پیش‌تیمار در صورت تأمین اهداف مورد نظر از دیدگاه اقتصادی بسیار سودمندتر خواهد بود. هریس و همکاران (۲۰۰۷)، باباوا[14] و همکاران (۱۹۹۹)، جنس و همکاران (۲۰۰۰) و صادق‌زاده[15] (۲۰۰۸) اظهار داشتند که پیش‌تیمار

[1] Kaya
[2] Foti
[3] Harris
[4] Khalil
[5] Heydecker
[6] Mcdonald
[7] Prom-u-thai
[8] Ramzan
[9] Bio fortification
[10] Genc
[11] Yilmaz
[12] Rengel and Graham
[13] Cakmak and Braun
[14] Babaeva
[15] Sadeghzadeh

بذرهای ذرت، جو و برنج با محلول‌های دارای روی از اثرات سودمندی برخوردار بودند.

آلفا آمیلاز از آنزیم‌های حیاتی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها در فرآیند جوانه‌زنی است که فعالیت آن سبب شکستن پلیمر نشاسته می‌شود. این آنزیم نقش مهمی را در جوانه‌زنی و تجزیه نشاسته به قندهای ساده بر عهده دارد. روی جزء تشکیل‌دهنده‌ی برخی از پروتئین‌های غیرآنزیمی و همچنین، کوفاکتور شماری از آنزیم‌ها است (شکاری و اسفندیاری، ۱۳۸۹). طبق گزارش‌های روآن[1] و همکاران (۲۰۰۲) و باسرا[2] و همکاران (۲۰۰۵) پیش‌تیمار بذر روی سنتز و در دسترس بودن، فعالیت آلفا آمیلاز و رشد بهتر رویان اثر می‌گذارد. روبیت و آکرمن[3](۱۹۷۳) مشاهده کردند که Zn^{2+} همانند کلسیم، برای فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز مهم می‌باشد.

هدف از اجرای آزمایش حاضر تعیین تأثیر پیش‌تیمار بذرهای گندم بهاره با سولفات روی بر شاخص‌های بنیه‌ی بذر و گیاهچه، همراه با تعیین نقش این عنصر در بهبود جوانه‌زنی، استقرار گیاهچه‌ها و تسهیم اندوخته بذر بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار، به‌منظور تعیین اثر پیش‌تیمار بذر و گزینش پیش‌تیمار برتر به‌منظور کاربرد در کشت‌های بهاره‌ی ارقام شیرودی و آرتا گندم در سال ۱۳۹۲ در اتاقک رشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه اجرا گردید. در این پژوهش، بذرهای یکنواخت ارقام گندم شیرودی و آرتا انتخاب و به مدت ۱۰ ساعت در مقادیر صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$ ۲۴ درصد روی) غوطه‌ور شدند. بذرهای تیمار شده در انکوباتور و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری و سپس در گلدان‌های کوچک با خاک مرطوب کشت شدند. برای انتخاب خاک مناسب، نخست نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۲۵ سانتی‌متری کشتزارهای مختلف تهیه و غلظت برخی از عناصر غذایی و سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند (جدول ۱) (احیای و بهبهانی‌زاده، ۱۳۷۲). برای اجرای آزمایش، خاک کشتزاری که کمترین میزان عنصر روی را داشت انتخاب گردید و از همان خاک به‌اندازه‌ی لازم برداشت و به اتاقک رشد انتقال داده شد. در طول دوره رشد دمای محیط ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد، طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت و شدت نور ۲۵۰۰ لوکس بود. نمونه‌برداری‌ها از ۳ روز پس از خیساندن بذرهای آغاز و هر یک روز در میان با ۳ تکرار ادامه یافت. نمونه‌های برداشت شده به ریشه، اندام‌های هوایی و باقیمانده بذر تجزیه و پس از خشک نمودن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری و سپس وزن شدند. اندازه‌گیری سطح برگ برای تمام تیمارها از مرحله ظهور برگ انجام گرفت. در رابطه با ریشه و ساقه پارامترهای وزن خشک ریشه و ساقه برآورد گردید.

جهت برآورد مراحل آغاز فتوسنتز، خودپروری[4] کامل و کارایی مصرف اندوخته‌های بذر از رگرسیون خطی استفاده شد. آغاز فتوسنتز مصادف با شروع افزایش وزن خشک کل گیاهچه‌ها پس از بیشینه‌ی افت مرحله‌ی خودناپروری بوده و خودپروری کامل با زمانی که وزن خشک بذر ثابت ماند (مواد اندوخته‌ای بذر به پایان رسیده و یا این‌که وزن خشک کل گیاهچه با وزن اولیه بذر برابر گردید)، در نظر گرفته شد (آسچ[5] و همکاران، ۱۹۹۹).

کارایی تبدیل یا انتقال مواد اندوخته‌ای بذر به گیاهچه نیز بر اساس رابطه زیر برآورد شد (آسچ و همکاران، ۱۹۹۹):

رابطه ۱:

$$\text{کارآیی تبدیل مواد اندوخته‌ای بذر٪} = 1 - \frac{\text{شیب وزن خشک کل گیاهچه}}{\text{شیب وزن خشک بذر}}$$

در رابطه‌ی ۱ شیب وزن خشک کل گیاهچه و شیب وزن خشک بذر به ترتیب از معادلات رگرسیون خطی I و II به دست آمد.

[1] Ruan
[2] Basra
[3] Robyt And Ackerman
[4] Autotroph
[5] Asch

جدول ۱- نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده پیش از کاشت

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک مورد آزمایش	مقادیر	ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک مورد آزمایش	مقادیر
بافت خاک	لومی شنی	نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۶
اسیدیته گل اشباع	۷/۴۳	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم - روش اولسون)	۳/۹۶
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۴۲	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم - استات آمونیوم)	۳۶۰
کربنات کلسیم معادل (درصد)	۹/۷۵	روی قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم-DTPA)	۰/۴۱
کربن آلی (درصد)	۰/۳۱	منگنز قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم-DTPA)	۱/۵۳
رطوبت اشباع (درصد)	۴۵	آهن قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم-DTPA)	۳/۱۲

همچنین، برای تعیین درصد اختصاص مواد اندوخته‌ای به تنفس رشد و نگهداری در گیاهچه‌ها به این ترتیب عمل شد که در منحنی‌های مربوط به تغییرات وزن خشک کل گیاهچه و وزن خشک بذر، شیب خط منحنی وزن خشک کل منحنی وزن خشک بذر را قطع نماید. بخش بالای نقطه‌ی تقاطع، تنفس نگهداری و بخش پایانی آن، تنفس رشد را نشان می‌دهد (آسچ و همکاران، ۱۹۹۹).

به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، دو گرم گیاهچه در روز پنجم پس از شروع آزمایش به‌عنوان نمونه برداشته شد. برای تهیه‌ی عصاره نخست پنج میلی‌لیتر محلول ۶۰ میلی‌مولار بافر فسفات (اسیدیته ۶/۸) به گیاهچه‌های پودر شده افزوده شد و سپس گیاهچه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند (با دور ۱۲۰۰ دور در دقیقه). جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نخست ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۲ درصد به درون لوله آزمایش منتقل شد سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده در بالا به آن اضافه شده و پس از ۳۰ دقیقه انکوباسیون در ۳۷ درجه سانتی‌گراد به‌وسیله ۱ میلی‌لیتر اسید هیدروکلرویدریک ۰/۱ نرمال واکنش را متوقف کرده و در ادامه یک میلی‌لیتر از معرف ید به آن افزوده شد. پس از آن حجم محتوی لوله را با آب مقطر به حدود ۱۰ میلی‌لیتر رسانده و میزان جذب رنگ را با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده و با نمونه شاهد مقایسه شد (زیاو[1] و همکاران، ۲۰۰۶).

تجزیه‌های آماری با نرم‌افزار MSTAT-C و SPSS انجام شد. همچنین، آزمون LSD در سطح احتمال یک و پنج درصد برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس پژوهش حاضر نشان داد که اثر پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های مختلف روی (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد)، بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین صفات نشان داد که افزایش غلظت روی در سطح احتمال یک درصد اثرات مثبتی بر صفات مورد مطالعه داشت که عکس این وضعیت در کاربرد محلول ۲ درصد سولفات روی مشاهده شد. به نظر می‌رسد که در غلظت‌های بالاتر عنصر روی، این عنصر به علت جذب و برگشت دوباره به محلول پیش‌تیمار، باعث افزایش هدایت الکتریکی گردید که همین امر می‌تواند تأثیری منفی بر روی رشد گیاهان بگذارد (عبدالرحمنی و همکاران، ۱۳۸۸). در همین راستا، مک‌دونالد (۱۹۹۹) نشان داد که پیش‌تیمار مناسب بذر می‌تواند بر یکپارچگی غشای سلولی تأثیر گذارد به‌طوری که برخی از اجزای غشا، مانند اسیدهای چرب در اثر انجام پیش‌تیمار تغییر یافته و پس از خشک شدن قادر به بازگشت به وضعیت اولیه خود نگردند.

با آغاز فرایند جوانه‌زنی، وزن خشک بذر کاهش می‌یابد، همان گونه که بیان شد به‌منظور کاهش اثرات وزن بذر بر پارامترهای اندازه‌گیری شده بذرهایی با وزن ۱±۵۰ گرم انتخاب شدند.

[1] Xiao

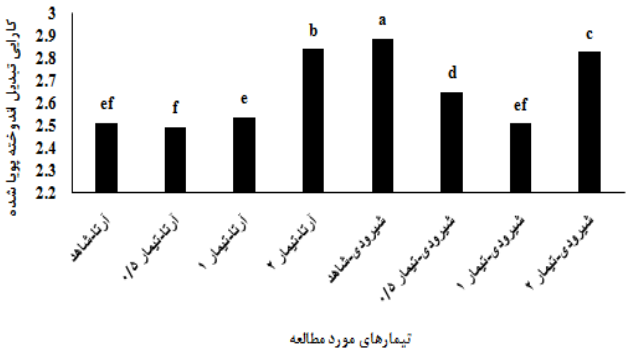
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به صفات مورد بررسی در ارقام گندم تحت تأثیر پیش‌تیمار سولفات روی

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک بذر	کارایی تبدیل	وزن خشک گیاهچه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	سطح برگ	فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز
رقم	۱	۱۳۶/۹۵**	۰/۱۲**	۴۴۸/۵**	۲۱۵/۲۸۱**	۴/۵**	۴۰۱/۸۶**	۹۸**
پیش تیمار سولفات روی	۳	۲۱۱/۰۷۵**	۰/۱۵۶**	۶۳۷/۴۹**	۷۰/۱۹۷**	۱۸۵/۷**	۱۷۲/۷**	۹۵۶/۲**
پیش تیمار × رقم	۳	۹۸/۲۴**	۰/۰۷۰۳**	۳۴/۵۱۱**	۸/۵۳۱**	۲۴/۳۹**	۴۸/۷۸۴**	۵/۲۵**
خطای آزمایشی	۲۱	۰/۱۰۲	۰/۰۰۲۴	۰/۱۴۹	۰/۵۱۹	۰/۰۷۳۶	۰/۰۸۸	۰/۶۳۶
درصد ضریب تغییرات		۱/۶	۱/۹	۳/۵	۳/۹	۱/۸	۲/۳	۳/۳

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

با توجه به شکل ۲ ملاحظه شد که با افزایش تعداد روزهای پس از شروع آبنوشی، وزن خشک بذر کاهش می‌یابد که این امر در تیمارهای ۰/۵ و یک درصد سولفات روی سریع‌تر حادث گردید. میزان وزن خشک دانه در تیمار شاهد و پیش‌تیمار سولفات روی به ترتیب، در روزهای ۲۱ و ۱۹/۶، به سطح ثابتی رسیدند که پس از بازه‌های یاد شده این مقدار ثابت ماند. پس از روزهای ۲۱ و ۱۹/۶ وزن بذرهای در دامنه‌ی ۵ تا ۷ درصد وزن اولیه‌ی آن‌ها باقی ماند که در واقع، مقدار مزبور مربوط به بخش‌های ساختاری بذر (شامل پوسته‌های بذری و باقیمانده سپرچه) می‌باشد (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به شکل ۲، کاهش میزان وزن خشک کل در مرحله‌ی رشد خودناپروری گیاهچه‌ها مشاهده شد که دلیل آن مصرف اندوخته‌ی بذر برای انجام و فعالیت‌های حیاتی سلول و تضمین تداوم آن‌ها و همچنین، تبدیل اندوخته‌های بذر به مولکول‌های زیستی مورد نیاز رشد گیاهچه‌ها است. به همین دلیل، بخشی از اندوخته‌ی بذر برای جلوگیری از اختلالات متابولیسمی و نیز ترمیم نقاط آسیب‌دیده‌ی سلول صرف می‌گردد. لذا، کاهش وزن خشک اولیه گیاهچه‌ها یا انجام تنفس نگهداری در مرحله‌ی جوانه‌زنی و رشد و نمو گیاهچه‌ها اجتناب‌ناپذیر است (آمتور[1]، ۲۰۰۰).

در میان ارقام پژوهش حاضر، رقم آرتا نسبت به رقم شیرودی دارای کارایی تبدیل بهتری بود. گذشته از این، در میان مقادیر پیش‌تیمار مورد مطالعه نیز تیمار ۰/۵ و ۱ درصد تفاوت معنی‌داری (با احتمال ۱٪)، با دیگر تیمارهای مورد مطالعه داشتند. لازم به ذکر است که این تیمارها از لحاظ اجزای تنفس (رشد و نگهداری)، نیز با تیمارهای دیگر دارای تفاوت معنی‌دار بودند (احتمال ۱ درصد). منظور از تنفس نگهداری، میزان ماده ذخیره‌ای است که صرف حفظ فعالیت‌ها و ساختارهای حیاتی سلول می‌گردد (بوما[2]، ۲۰۰۵؛ اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸). در حالی که تنفس رشدی بیانگر میزان ماده‌ی ذخیره‌ای است که در فرایندهای رشد و نموی گیاه مصرف خواهد شد (آمتور، ۲۰۰۰). با توجه به شکل ۲، تیمار شاهد و تیمار کاربرد سولفات روی به ترتیب در روزهای ۱۵/۵ و ۱۳ به وزن اولیه‌ی خود (وزن بذر)، بازگشتند. با توجه به این شکل، رشد خودپروری گیاه طی ۱۰ تا ۱۲ روز پس از شروع آبنوشی بذر آغاز شد. در همین راستا، تیمارهای ۰/۰۵ و یک درصد سولفات روی زودتر از تیمارهای شاهد و ۲ درصد این ماده به خودپروری رسیدند.



شکل ۱- تغییرات کارایی تبدیل اندوخته‌ی پویا شده در تیمارهای مورد مطالعه

[1] Amthor

[2] Bouma

شکل ۲-الف) تغییرات وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه در تیمار ۲٪ روی رقم آرتا

شکل ۲-ب) تغییرات وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه در تیمار ۱٪ روی رقم آرتا

شکل ۲-پ) تغییرات وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه در تیمار ۰/۱۵٪ روی رقم آرتا

شکل ۲-ت) تغییرات وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه در تیمار شاهد رقم آرتا

شکل ۲-ج) تغییرات وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه در تیمار ۱٪ روی رقم شیرودی

شکل ۲-چ) تغییرات وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه در تیمار ۰/۱۵٪ روی رقم شیرودی

شکل ۲-د) تغییرات وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه در تیمار شاهد رقم شیرودی

شکل ۲-س) تغییرات وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه در تیمار ۲٪ روی رقم شیرودی

یکی از عوامل دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، در گیاه گندم سرعت جوانه‌زنی بذرها است (آکرس[1] و همکاران، ۱۹۸۷).

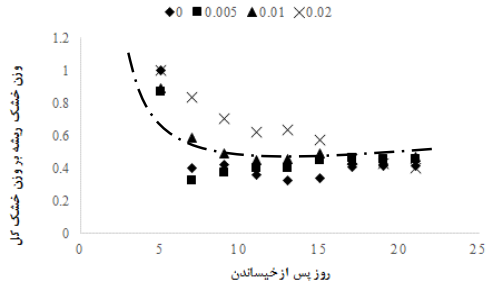
ولز[2] و همکاران (۱۹۸۰) اظهار داشتند اگرچه به‌طور نسبی تفاوت‌های کوچک در مرحله‌ی نمو اولیه ممکن است کم‌اهمیت به نظر برسد ولی می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای را در مراحل بعدی رشد به دنبال داشته باشد. کایا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که انواع روش‌های پیش‌تیمار مناسب می‌توانند باعث بهبود درصد و سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه‌ها گردد. در مورد وزن خشک ساقه‌چه، سطح یک درصد پیش‌تیمار با سولفات روی در رقم آرتا بیشترین وزن خشک ساقه‌چه را تولید نمود که با تیمار ۰/۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌دار بود، در هر دو رقم، پیش‌تیمار یک درصد موجب افزایش وزن خشک ساقه‌چه گردید. افزایش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر پیش‌تیمار توسط پژوهش‌گران زیادی گزارش شده است (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۶؛ سوریتپ[3] و همکاران، ۲۰۰۳؛ سوبدی[4] و ما، ۲۰۰۵؛ باسرا و همکاران، ۲۰۰۵)؛ افزایش میزان روی در بذر به‌وسیله‌ی پیش‌تیمار موجب تسریع در رشد اولیه‌ی گیاهچه‌ها، افزایش وزن ریشه‌چه و استقرار بهتر آن‌ها در اوایل فصل کشت می‌گردد (آجوری[5] و همکاران، ۲۰۰۴؛ مورونگو و مادانزی[6]، ۲۰۱۰). ولچ (۱۹۹۹) اذعان داشت کشت بذرهای غنی از روی می‌تواند نیاز گیاهچه‌ها را تا استقرار ساختار ریشه‌ای بزرگ به‌ویژه در خاک‌های فقیر نواحی سرد تأمین کند.

یولا[7] و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند در بین تیمارهای مورد استفاده بر روی گیاه خردل پیش‌تیمار با عنصر روی بالاترین وزن‌تر و خشک ساقه‌چه را تولید نمود. همگام با افزایش وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه نیز افزایش یافت. در بررسی حاضر، بالاترین وزن خشک ریشه‌چه با میانگین ۱۸/۱۳ میلی‌گرم مربوط به پیش‌تیمار ۰/۵ درصد رقم آرتا بود که با تیمار یک درصد در یک سطح قرار گرفتند. کمترین میزان وزن خشک ریشه‌چه از تیمارهای شاهد به دست آمد. نسبت وزن خشک ریشه‌چه به کل ماده‌ی خشک گیاهچه (R/TDM) سهم ماده خشک ریشه را به کل ماده خشک نشان می‌دهد. در این پژوهش، پیش‌تیمار ۰/۵ درصد، تأثیر مثبتی بر نسبت R/TDM هر دو رقم داشت (شکل ۲). بایستی توجه داشت که نمودار یاد شده دارای سیر نزولی بوده و پس از رسیدن به مرحله‌ی خود پروری نمودار حالت صعودی به خود می‌گیرد. در همین راستا، با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که نسبت وزن خشک اندام هوایی به کل ماده خشک گیاهچه که نشان‌دهنده سهم سرمایه‌گذاری شده توسط گیاه در بخش هوایی می‌باشد، روندی رو به بالا دارد. با توجه به اینکه افزایش در سطوح برگ در واقع افزایش در سطوح فتوسنتز کننده‌ها می‌باشد لذا، بذرهایی که در اثر پیش‌تیمار مناسب درصد و سرعت جوانه‌زنی آن‌ها افزایش یافته و میانگین زمان جوانه‌زنی آن‌ها بهبود در همین زمینه هریس و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی‌های خود نشان دادند که گیاهچه‌های تولید شده از بذرهای پیش‌تیمار شده با عنصر روی یک درصد دارای سرعت جوانه‌زنی بالاتری بودند که در نهایت، گیاهان بزرگ‌تر و عملکرد دانه‌ی بالاتری را نیز تولید نمودند.

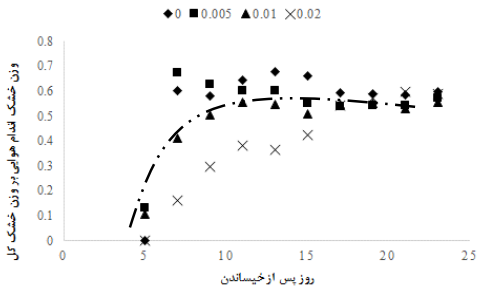
تجزیه‌ی واریانس نشان داد که اثر رقم و غلظت بر صفت وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان این پارامتر در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمارهای ۰/۵ و یک درصد روی به دست آمد.

بذرهایی که در اثر پیش‌تیمار مناسب درصد و سرعت جوانه‌زنی آنها افزایش یافته و میانگین زمان جوانه‌زنی آنها بهبود می‌یابد زودتر به مرحله خود پروری خواهند رسید (شکل ۲) که نتیجه‌ی این امر، افزایش سطح برگ و توان رشد گیاه می‌باشد (شکل ۳). با توجه به شکل ۴ می‌توان گفت که الگوی تغییرات سطح برگی در تمامی

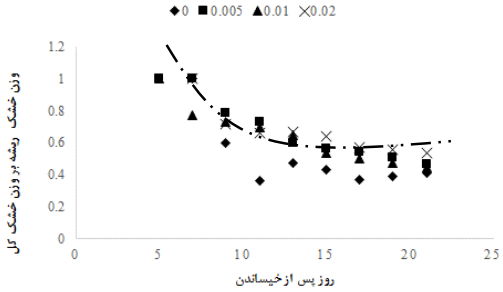
[1] Akers
[2] Wells
[3] Sivritepe
[4] Subedi
[5] Ajouri
[6] Murungu and Madanzi
[7] Ullah



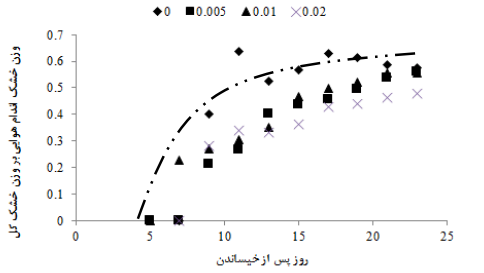
شکل ۳-الف) نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک کل گیاه گندم رقم آرتا در غلظت‌های مختلف روی (درصد)



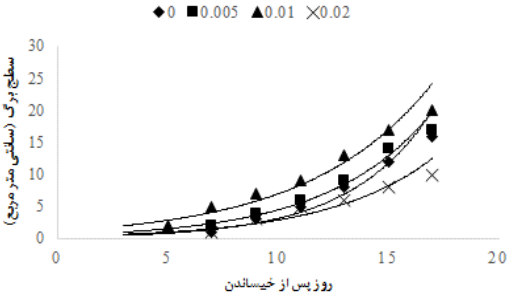
شکل ۳-ب) نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک کل گیاه گندم رقم آرتا در غلظت‌های مختلف روی (درصد)



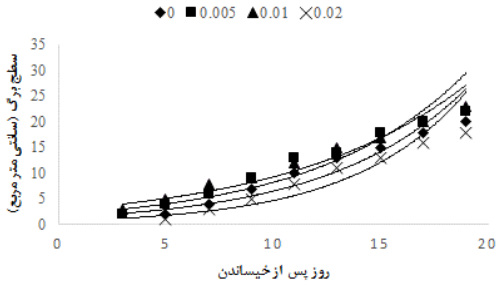
شکل ۳-ج) نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک کل گیاه گندم رقم شیرودی در غلظت‌های مختلف روی (درصد)



شکل ۳-د) نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک کل گیاه گندم رقم شیرودی در غلظت‌های مختلف روی (درصد)

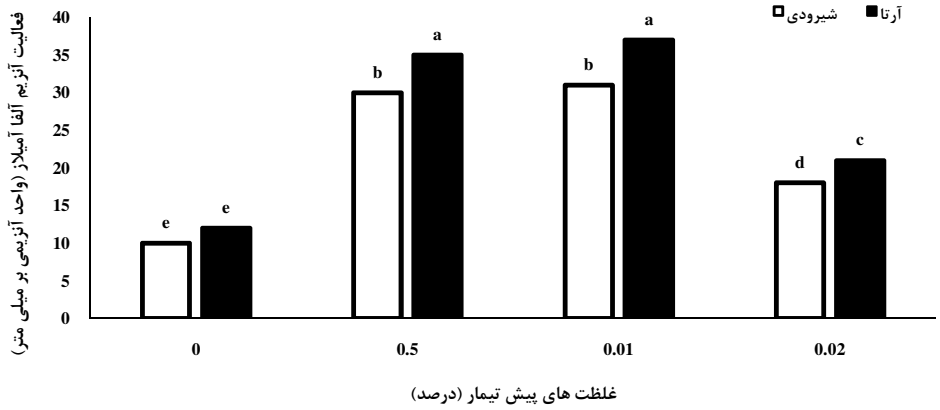


شکل ۴-الف) تغییرات سطح برگ گیاه گندم رقم شیرودی در غلظت‌های مختلف روی (درصد)



شکل ۴-ب) تغییرات سطح برگ گیاه گندم رقم آرتا در غلظت‌های مختلف روی (درصد)

سطوح از روند صعودی برخوردار بود، ولی این تغییرات در سطوح یک و ۰/۵ درصد روی برای رقم آرتا در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با دیگر سطوح داشت. همان گونه که در شکل ۴ نیز مشاهده می‌شود افزایش سطح برگ در مراحل نخست رشد به‌طور نسبی کند بوده ولی در مراحل بعد، شیب نمودار افزایش می‌یابد. در میان ارقام مورد مطالعه، رقم آرتا نسبت به رقم دیگر دارای سطح برگ بیشتری بود. لازم به ذکر است که رقم آرتا زودتر از رقم شیرودی وارد مرحله‌ی خودپروری گردید (شکل ۲). کمبود عنصر روی در گیاه موجب کاهش فتوسنتز و به‌هم‌ریختگی ساخت پروتئین خواهد شد که پی‌آمد چنین روندی انباشت اسیدهای آمینه و آمیدها و اختلال در سوخت و ساز قندها است. گذشته از این، در چنین شرایطی به دلیل تغییر در سوخت‌وساز اکسین و به‌ویژه اسید ایندول استیک (IAA)، ارتفاع گیاه کاهش یافته و از اندازه‌ی برگ‌ها



شکل ۵- تغییرات فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در گیاهچه‌های ارقام گندم در غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار روی (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است).

کاسته می‌شود (براون و همکاران، ۱۹۹۳).

تجزیه واریانس فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نشان داد که سطوح پیش‌تیمار در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند (جدول ۲) که در این میان پیش‌تیمار یک و ۰/۵ درصد روی برای رقم آرتا نسبت به شاهد و پیش‌تیمار ۲ درصد دارای فعالیت بهتری بودند (شکل ۵). در همین رابطه، افضل[1] و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که علت تسریع جوانه‌زنی در بذرهای پیش‌تیمار شده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده، مانند آلفا آمیلاز، افزایش سطح انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار AP، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها باشد. همچنین لی و کیم[2] (۲۰۰۰) نشان دادند که فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز در بذرهای پیش‌تیمار شده برنج در راستای جوانه‌زنی کارآمدتر بهبود یافت. این امر به‌ویژه در مورد بذرهای پیر شده[3] مشهودتر بود. افزون بر این، کائوسار[4] و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که سرعت رشد، سطح برگ و گسترش ریشه در گیاهان حاصل از بذرهایی که دارای فعالیت بالای آنزیم آلفا آمیلاز بودند بیش‌تر بود. با نگاهی به شکل ۲ مشاهده می‌گردد که پیش تیمارهای ۲ درصد و شاهد دیرتر از پیش تیمارهای دیگر به مرحله‌ی خودپروری رسیدند که این تأخیر در جوانه‌زنی می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز باشد. در همین رابطه اولیوریا[5] و همکاران (۱۹۹۸) تأخیر در جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه‌ی لوبیا چشم‌بلبلی را در شرایط تنش شوری ناشی از کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز اعلام نمودند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عنصر روی در فرآیند جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار گیاهچه‌های گندم تأثیر مثبتی داشته و با تسریع فرآیند رشد و افزایش میزان فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز و همچنین با همیاری در آغاز زودتر مراحل خودپروری و کارایی تبدیل بالا باعث ظهور سریع‌تر ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید که به نظر می‌رسد این امر تأثیر مثبتی بر استفاده بهتر از منابع موجود و افزایش عملکرد داشته باشد. در این میان پیش‌تیمارهای ۰/۵ و ۱ درصد به ترتیب در هر دو رقم آرتا و شیرودی نسبت به پیش‌تیمار ۲ درصد و شاهد دارای نتایج قابل قبولی بودند که این دو سطح برای کشت ارقام آرتا و شیرودی در کشتزار گزینش شدند.

[1] Afzal
[2] Lee and Kim
[3] Ageing Aged seeds
[4] Kausar
[5] Oliveira

منابع

اسفندیاری، ع.، شکیبا، م.ر.، محبوب، س. و آلیاری، ه. ۱۳۸۸. تسهیم ذخایر بذر و نقش آن در بنیه گیاهچه‌های گندم. فصلنامه دانش کشاورزی، ۱۹(۱): ۷۵-۶۳.

احیای، ع.م. و بهبهانی‌زاده ع.ا. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (جلد اول). موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳. ۱۲۸ صفحه.

سلطانی، ا.، اکرم قادری، ف. و معمار، ح. ۱۳۸۶. تأثیر پرایمینگ بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه پنبه در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۵): ۷۶-۶۵.

شکاری، ف. و اسفندیاری، ع.ا. ۱۳۸۹. فیزیولوژی تولید در گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه مراغه، ۴۱۲ صفحه.

عبدالرحمنی، ب.، قاسمی گلعذانی، ک.، ولیزاده، م.، فیضی اصل، و. و توکلی، ع. ۱۳۸۸. اثر پرایمینگ بذر بر قدرت رویش و عملکرد دانه جو رقم آبیدر در شرایط دیم. مجله علوم زراعی ایران، ۱۱(۴): ۳۵۲-۳۳۷.

Amthor, J.S. 2000. The McCree-de Wit- Penning de Vries- Thorenley respiration paradigms: 30 years later. Annals of Botany, 86(1): 1-20.

Asch, F., Sow, A., and Dingkuhn, M. 1999. Reserve mobilization, dry matter partitioning and specific leaf area in seedling of African rice cultivars differing in early vigor. Field Crops Research, 62(2): 191-202.

Ajouri, A., Asgedom, H., and Becker, M. 2004. Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 167(5): 630-636.

Afzal, I., Ahmad, N., Basra, S.M.,A., Ahmad, R., and Iqbal, A. 2002. Effect of different seed vigour enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 39: 109-112.

Akers, S. W., Berkovitz, G.A., and Robin, J. 1987. Germination of parsley seed primed in aerated solutions of polyethylene glycol. HortScience Science, 22(2): 250-215.

Babaeva, E. Y., Volobueva, V. F., Yagodin, B. A., and Klimakhin, G. I. 1999. Sowing quality and productivity of *Echinacea purpurea* L. in relation to soaking the seed in manganese and zinc solutions. Izvestiya TimiryazevskoiSel'skokhozyaistvennoi Akademii, 4: 73–80.

Basra, S. M., Afzal, I., Rashid, A. R., and Farooq, M. 2005. Pre-sowing seed treatment to improve germination and seedling growth in wheat (*Triticum aestivum* L.). Caderno de Pesquisa Serie Biologia,Universidade de Santa Cruz do Sul, 17(1): 155-164.

Bouma, T. J. 2005. Understanding plant respiration: Separating respiratory components versus a process-based approach. Advances in Photosynthesis and Respiration, 18: 177-194.

Brown, P. H., Cakmak, I., and Q. Zhang. 1993. Form and function of zinc in plants. Zinc in Soil and Plants. Developments in Plant and Soil Sciences, Springer Netherlands, 55: 93-106.

Cakmak, I., and Braun, H.J. 2001. Genotypic variation for zinc efficiency. In Application of Physiology in Wheat Breeding. CIMMYT, Mexico, 183-199.

FAO. 2012. The wheat initiative an international research initiative for wheat improvement, second global conference of agriculture research for development, http://www.fao.org.

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(3): 521-533.

Genc, Y., McDonald, G.K., and Graham, R.D. 2000. Effect of seed zinc content on early growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) under low and adequate soil zinc supply. Crop and Pasture Science, 51(1): 37-46.

Harris, D. 1996. The effect of manure, genotype, seed priming seed depth, and date of sowing on the emergence and early growth of *Sorghum bicolor* L., Moench in semi-arid Botswana. Soil and Tillage Research, 40(1): 73-88.

Harris, D., Tripathi, R. S., and Joshi, A. 2000. On-farm seed priming to improve crop establishment and yield in direct-seeded rice. Direct seeding: Research Strategies and Opportunities, International Research Institute, Manila, Philippines, 231-240.

Harris, D., Rashid, D., Miraj, G., Arif, M., and Shah, H. 2007. 'On-farm' seed priming with zinc sulphate solution – A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. Field Crops Research, 102(2): 119–127.

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

Kaya, D., M., Okçu, G., Atak, M., Çikili, Y., and Kolsarici, Ö. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24(4): 291-295.

Kausar, M., Mahmood, T., Basra, S.M.A., and Arshad, M. 2009. Invigoration of low vigor sunflower hybrids by seed priming. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 11(5): 521–528.

Khalil, S. K., Maxal, J., Rahman, A., Khan, A. Z., Wahab, S., Zubair, M., Khalil, I., and Mohammad, F. 2001. Soybean mother plant exposure to temperature stress and its effect on germination under osmotic stress. Pakistan Journal of Botany, 42(1): 213-225.

Lee, S. S., and Kim, J. H. 2000. Total sugars, α- amylase activity, and germination after priming of normal and aged rice seeds. Korean Journal of Crop Science, 45(2): 108-111.

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology, 27(1): 177–237.

Murungu, F.S., Madanzi, T. 2010. Seed priming, genotype and sowing date effects on emergence, growth and yield in a tropical low altitude area of Zimbabwe. African Journal of Agricultural Research, 5(17): 2341-2349.

Oliveira, J.T.A., Moraes, S.M.D., Cavada, B.S., Moreira, B.S., and Vasconcelos, I.M. 1998. Protein and lectin mobilization during Erythina velutina forma aurantica seed germination and seedling growth in the Dark. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal (Brazil), 10(1):25-30.

Prom-u-thai, C., Rerkasem, B., Yazici, A., and Cakmak, I. 2012. Zinc priming promotes seed germination and seedling vigor of rice. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 175(3): 482–488.

Ramzan, A., Hafiz, I. A., Ahmad, T., and Abbasi, N. A. 2010. Effect of priming with potassium nitrate and dehusking on seed germination of gladiolus (*Gladiolus alatus*). Pakistan Journal of Botany, 42(1): 247-258.

Rengel, Z., and Graham, R. D. 1995. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil. Kluwer Academic Publishers. Printedh the Netherlands. Plant and Soil, 173(2): 259-266.

Robyt, J. F., and Ackerman R. J. 1973. Structure and function of amylases. II. Multiple forms of bacillus subtilis –amylase. Archives of Biochemistry and Biophysics, 155(2): 445-451.

Ruan, S., Xue, Q., and Tylkowska, K. 2002. Effects of seed priming on germination and health of rice (*Oryza sativa* L.) seeds. Seed Science and Technology, 30(2): 451-458.

Sadeghzadeh, B. 2008. Mapping of chromosome regions associated with seed Zn accumulation in barley, PhD thesis, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, The University of Western Australia, Perth.

Sivritepe, N., Sivritepe, H. O., and Erifl, A. 2003. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. Scientia Horticulturae, 97(3): 229-237.

Subedi, K.D., and Ma, B. L. 2005. Seed priming does not improve corn yield in a humid temperate environment. Agronomy Journal, 97(1): 211-218.

Ullah, M.A., Sarfraz, M., Sadiq, M., Mehdi, S.M., and Hassan, G. 2002. Effect of pre-sowing seed treatment with micronutrients on growth parameters of raya. Asian Journal of Plant Sciences.

Wells, R., Meredith, W. R., and Williford, J. 1980. Heterosis in upland cotton. II. Relationship of land area toplant photosynthesis. Crop Science, 28(3): 522-525.

Welch, R.M. 1999. Importance of seed mineral nutrient reserves in crop growth and development. In: Rengel Z, ed. Mineral nutrition of crops. Fundamental mechanisms and implications, New York: Food Products Press, 205–226.

Xiao, Z., Storms, R., and Tsang, A. 2006. A quantitative starch-iodine method for measuring alpha-amylase and glucoamylase activities. Analytical Biochemistry, 351(1): 146-148.

Yilmaz, A., Ekiz, H., Gultekin, I., Torun, B., Barut, H., Karanlik, S., and Cakmak, I. 1998. Effect of seed zinc content on grain yield and zinc concentration of wheat grown in zinc-deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition, 21 (10): 2257-2264.

Iranian Journal of Seed Research, Vol: 3(2), 2017

The Partitioning Trend of Resources and Alpha-Amylase Enzyme Activity with Zinc Priming in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seed

Amin Abbasi [1, *], Fariborz Shekari [1], Syed Bahman Mosavi [2], Naser Sabaghnia [1], Abdollah Javanmard [1]

[1] *Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran*

[2] *Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran*

[*]Corresponding author, E-mail address: a.abbasi@maragheh.ac.ir

(Received: 20.05.2015 ; Accepted: 16.01.2016)

Abstract

The percentage and rate of germination and proper establishment of seedlings are important factors contributing to higher yield per unit area. As an essential element for plant growth and development, Zinc plays a critical role in many metabolic processes, and also has a positive effect on seed germination. The effects of seed priming with concentrations of 0.5, 1 and 2 percent zinc sulfate on the partitioning of reserved materials in seed, the start of autotrophic seedling growth and the activity of alpha amylase enzyme were investigated in wheat seeds, using a factorial experiment in the Research Farm of the University of Maragheh, Iran in 2014 on the basis of a completely randomized design with four replications. The results showed that zinc priming had a significant effect on all the parameters under investigation. Mean comparisons showed that an increase in zinc concentration- up to one percent- had a positive effect on the parameters investigated and increasing its concentration more than one percent caused a negative effect on the parameters touched upon above. The results of this study showed that the dry seed weight of the control and zinc sulfate (0.5%) treatment reached a stable level on day 21 and 20, respectively. In addition, in the control and 0.5% zinc sulfate, the total dry weight reached its initial weight (seed weight) on day 15 and 13, respectively. In addition, the growth of autotrophic plant began 10-12 days after soaking. The seeds treated with 5.0 and 1 percent zinc sulfate had more leaf area than the other treatments; this could be due to the earlier entrance of the seedlings produced by 5.0 and 1% zinc sulfate treatments into the autotrophic stage, as compared with other treatments. The results of variance analysis of the finishing seeds' reserved materials, initial kernel, root dry weight and shoot dry weight confirmed that 0.5 and 1% zinc sulfate treatments were better than other concentrations. The treatments of 0.5 and 1% of zinc sulfate reached the autotrophic stage sooner than the control and 2% zinc sulfate treatment. Given the results of this study, 5.0 and 1% zinc sulfate treatments were selected for field cultivation.

Keywords: Leaf area, Autotrophic growth, Heterotrophic growth, Efficiency of reserve mobilization