

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

امین عباسی^{۱*}، فریبهرز شکاری^۱، سید بهمن موسوی^۲، ناصر صباح نیا^۱، عبدالله 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 بذرها کشت شده می‌باشد. روی به عنوان 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 برتسهیم اندوخته بذر، آغاز خودپروری گیاهچه گندم و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز طی پژوهشی به صورت 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 به طور 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 بر عکس، 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. به علاوه، رشد خودپروری گیاه طی ۱۰-۱۲ روز پس از خیساندن آغاز شد. بذرها 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

میلادی به ۸/۵ میلیارد نفر برسد (فائق^۱، ۲۰۱۲). از

طرفی نتایج گزارش‌های مشترک سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (۲۰۰۳)

جمعیت کره زمین پیوسته در حال افزایش است.

پیش‌بینی می‌شود که جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰

بنیه بذر را می‌توان به کمک انواع روش‌های پیش‌تیمار بذر برای افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، بهبود بخشید (پروموتای^۷ و همکاران، ۲۰۱۲). در پیش‌تیمار اجازه داده می‌شود که بذرها مقداری آب یا محلول مورد نظر که در آن خیسانده شده‌اند را جذب کنند، به طوری 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 گسترهای از شرایط محیطی مناسب و نامناسب می‌باشد (رمضان^۸ و همکاران، ۲۰۱۰).

روی عنصری فلزی بوده که کارکردهای فیزیولوژیکی متعددی در انسان و گیاهان دارد. یکی از روش‌های زیست‌افزایی^۹ 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^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۰؛ یلماز^{۱۱} و همکاران، ۱۹۹۸؛ رنجل و گراهام^{۱۲}، ۱۹۹۵؛ کاکماک و بران^{۱۳}، ۲۰۰۱). از این رو، پیش‌تیمار بذر با روی قبل از کشت، روشی ارزان و ساده در تصحیح کمبود روی می‌باشد. باحتمال فراوان، پیش‌تیمار در صورت تأمین اهداف مورد نظر از دیدگاه اقتصادی بسیار سودمندتر خواهد بود. هریس و همکاران (۲۰۰۷)، باباوا^{۱۴} و همکاران (۱۹۹۹)، جنس و همکاران (۲۰۰۰) و صادق‌زاده^{۱۵} (۲۰۰۸) اظهار داشتند که پیش‌تیمار

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 به عنوان یکی از مراحل مهم و حساس در چرخه‌ی زندگی گیاهان به شمار می‌آید و فرایندی کلیدی در سبز شدن گیاهچه می‌باشد (کایا^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). به طور 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 (فوتوی^۲ و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین، تسریع و همزمانی فرآیندهای جوانه‌زنی می‌تواند پیش‌نیاز استقرار یک پوشش گیاهی خوب را فراهم نماید (هریس، ۱۹۹۶). بر پایه گزارش‌های هریس و همکاران (۲۰۰۰) و خلیل^۳ 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 نهادهای محیطی در آغاز فصل و گسترش سطح برگ بهمنظور تولید هر چه بیشتر آسیمیلات‌ها در اثر فتوسنترز 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 عمدahای محسوب می‌گردد (هیدکر^۴ 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، ۱۹۹۹).

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

¹ Kaya

² Foti

³ Harris

⁴ Khalil

⁵ Heydecker

⁶ McDonald

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 اتفاق رشد انتقال داده شد. در طول دوره رشد دمای محیط 25 ± 2 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 ظهر برگ انجام گرفت. در رابطه با ریشه و ساقه پارامترهای وزن خشک ریشه و ساقه برآورد گردید.

جهت برآورد مراحل آغاز فتوستنتز، خودپروری^۴ کامل و کارایی مصرف اندوخته‌های بذر از رگرسیون خطی استفاده شد. آغاز فتوستنتز مصادف با شروع افزایش وزن خشک کل گیاهچه‌ها پس از بیشینه‌ی افت مرحله خودناتپروری 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 (آسج^۵ و همکاران، ۱۹۹۹).

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

رابطه ۱:

$$\frac{\text{شبب وزن خشک کل گیاهچه}}{\text{شبب وزن خشک بذر}} = \frac{\text{کارایی تبدیل مواد}}{\text{اندوخته‌ای بذر}} \quad (1)$$

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

⁴Autotroph
⁵Asch

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

alfa 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 روان^۱ و همکاران (۲۰۰۲) و باسرا^۲ و همکاران (۲۰۰۵) پیش‌تیمار بذر روی سنتر و در دسترس بودن، فعالیت alfa آمیلاز و رشد بهتر روبیان اثر می‌گذارد. روبیت و آکرمن^۳ (۱۹۷۳) مشاهده کردند که Zn^{2+} همانند کلسیم، برای فعالیت آنزیم alfa 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 به صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار، به منظور تعیین اثر پیش‌تیمار بذر و گرینش پیش‌تیمار برتر به منظور کاربرد در کشت‌های بهاره‌ی ارقام شیرودی و آرتا گندم در سال ۱۳۹۲ در اتفاق 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 مقداری صفر، ۰/۰۵ و ۰/۲ درصد سولفات روی ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 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

¹ Ruan

² Basra

³ Robyt And Ackerman

عباسی و همکاران: روند تسهیم اندوخته بذری و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز با پیش تیمار عنصر روی در بذر گندم

جدول ۱- نتایج تجزیه های فیزیکی و شیمیابی خاک مورد استفاده پیش از کاشت

مقادیر	ویژگی های اندازه گیری شده در خاک مورد آزمایش	مقادیر	ویژگی های اندازه گیری شده در خاک مورد آزمایش
۰/۰۶	نیتروژن کل (درصد)	لومی شنی	بافت خاک
۲/۹۶	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم - روش اولسون)	۷/۴۳	اسیدیته کل اشباع
۳۶۰	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم - استات آمونیوم)	۰/۴۲	قابلیت هدایت الکتریکی (دسمی زینمنس بر متر)
۰/۴۱	روی قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم-DTPA)	۹/۷۵	کربنات کلسیم معادل (درصد)
۱/۵۳	منگنز قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم-DTPA)	۰/۳۱	کربن آلی (درصد)
۳/۱۲	آهن قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم-DTPA)	۴۵	رطوبت اشباع (درصد)

تجزیه های آماری با نرم افزار SPSS و MSTAT-C انجام شد. همچنین، آزمون LSD در سطح احتمال یک و پنج درصد برای مقایسه میانگین داده ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس پژوهش حاضر نشان داد که اثر پیش تیمار بذر با غلظت های مختلف روی (صفر، ۰/۰۵، ۱ و ۲ درصد)، بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی دار 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 می رسد که در غلظت های بالاتر عنصر روی، این عنصر به علت جذب و برگشت دوباره به محلول پیش تیمار، باعث افزایش هدایت الکتریکی گردید که همین امر می تواند تأثیری منفی بر روی رشد گیاهان بگذارد (عبدالرحمی و همکاران، ۱۳۸۸). در همین راستا، مکدونالد (۱۹۹۹) نشان داد که پیش تیمار مناسب بذر می تواند بر یکپارچگی غشای سلولی تأثیر گذارد به طوری که برخی از اجزای غشا، مانند اسیدهای چرب در اثر انجام پیش تیمار تغییر یافته و پس از خشک شدن قادر به بازگشت به وضعیت اولیه خود نگردند. با آغاز فرایند جوانه زنی، وزن خشک بذر کاهش می یابد، همان گونه که بیان شد به منظور کاهش اثرات وزن بذر بر پارامترهای اندازه گیری شده بذر هایی با وزن 50 ± 1 گرم انتخاب شدند.

همچنین، برای تعیین درصد اختصاص مواد اندوخته ای به تنفس رشد و نگهداری در گیاهچه ها به این ترتیب عمل شد که در منحنی های مربوط به تغییرات وزن خشک کل گیاهچه و وزن خشک بذر، شبی خط منحنی وزن خشک کل منحنی وزن خشک بذر را قطع نماید. بخش بالای نقطه ای تقاطع، تنفس نگهداری و بخش پایانی آن، تنفس رشد را نشان می دهد (آسج و همکاران، ۱۹۹۹).

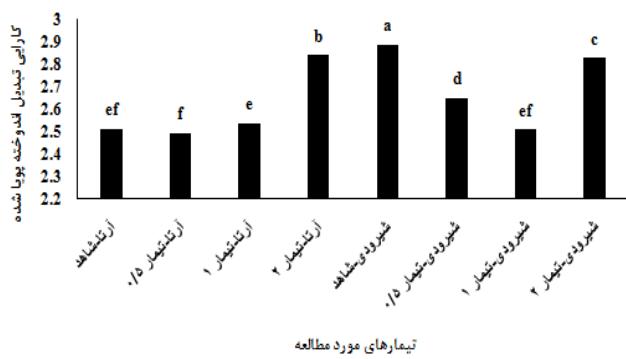
به منظور اندازه گیری فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، دو گرم گیاهچه در روز پنجم پس از شروع آزمایش به عنوان نمونه برداشته شد. برای تهیه عصاره نخست پنج میلی لیتر محلول ۶۰ میلی مolar بافر فسفات (اسیدیته ۶/۸) به گیاهچه های پودر شده افزوده شد و سپس گیاهچه ها به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند (با دور ۱۲۰۰ دور در دقیقه). جهت اندازه گیری فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نخست ۰/۵ میلی لیتر محلول نشاسته ۲ درصد به درون لوله آزمایش منتقل شد سپس ۰/۵ میلی لیتر از عصاره تهیه شده در بالا به آن اضافه شده و پس از ۳۰ دقیقه انکوپاسیون در ۳۷ درجه سانتی گراد به وسیله ۱ میلی لیتر اسید هیدروکلورویدریک ۰/۱ نرمال واکنش را متوقف کرده و در ادامه یک میلی لیتر از معرف ید به آن افزوده شد. پس از آن حجم محتوی لوله را با آب مقتدر به حدود ۱۰ میلی لیتر رسانده و میزان جذب رنگ را با استفاده از اسپکترو فوتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده و با نمونه شاهد مقایسه شد (زیاو^۱ و همکاران، ۲۰۰۶).

^۱ Xiao

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربوط) مربوط به صفات مورد بررسی در ارقام گنیدم تحت تأثیر پیش‌تیمار سولفات‌روی

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**
پیش‌تیمار سولفات‌روی	۳	۲۱۱/۰۷۵**	۰/۱۵۶**	۶۳۷/۴۹**	۷۰/۱۹۷**	۱۸۵/۷**	۱۷۲/۷**	۹۵۶/۲**
پیش‌تیمار × رقم	۳	۹۸/۲۴**	۰/۰۷۰۳**	۳۴/۵۱۱**	۸/۵۳۱**	۲۴/۳۹**	۴۸/۷۸۴**	۵/۲۵**
خطای آزمایشی درصد ضریب تغییرات	۲۱	۰/۱۰۲	۰/۰۰۲۴	۰/۱۴۹	۰/۰۱۹	۰/۰۷۳۶	۰/۰۸۸	۰/۶۳۶
** معنی دار در سطح ۱ درصد								۳/۳

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^۱، ۲۰۰۵؛ اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸). در حالی که تنفس رشدی بیانگر میزان ماده ذخیره‌ای است که در فرایندهای رشد و نموی گیاه مصرف خواهد شد (آمتو، ۲۰۰۰)، با توجه به شکل ۲، تیمار شاهد و تیمار کاربرد سولفات‌روی 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 آبنویش بذر آغاز شد. در همین راستا، تیمارهای ۰/۰۵ و ۰/۰۱ درصد سولفات‌روی زودتر از تیمارهای شاهد و ۲ درصد این ماده به خودپروری رسیدند.

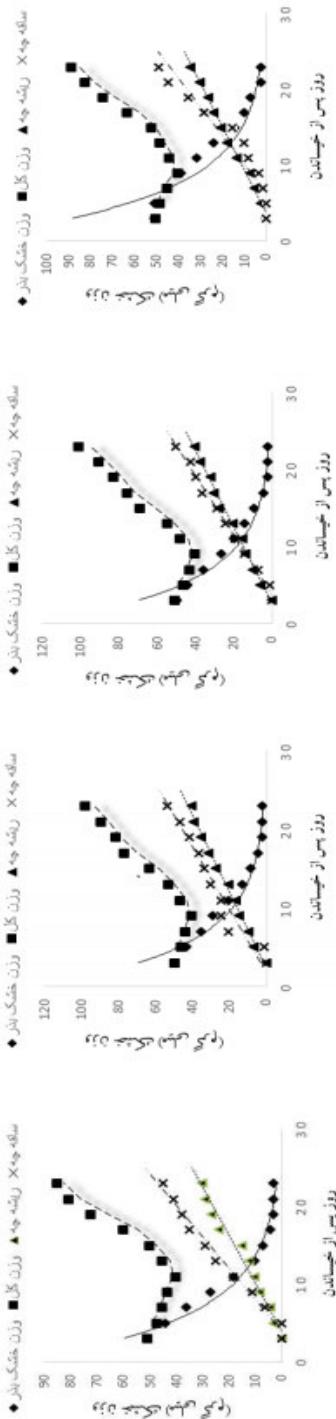


شکل ۱- تغییرات کارایی تبدیل اندوخته‌ی پویا شده در تیمارهای مورد مطالعه

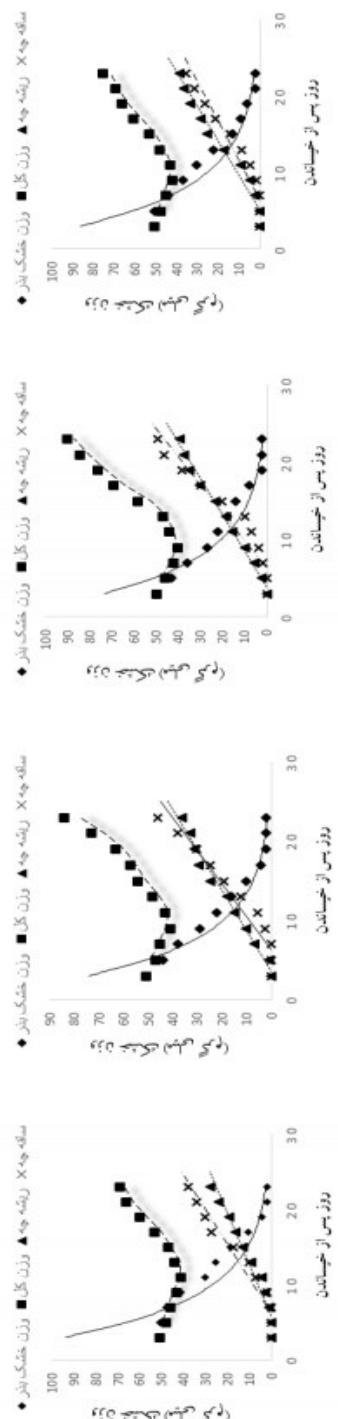
با توجه به شکل ۲ ملاحظه شد که با افزایش تعداد روزهای پس از شروع آبنویش، وزن خشک بذر کاهش می‌یابد که این امر در تیمارهای ۰/۵ و یک درصد سولفات‌روی سریع‌تر حادث گردید. میزان وزن خشک دانه در تیمار شاهد و پیش‌تیمار سولفات‌روی به ترتیب، در روزهای ۲۱ و ۱۹/۶ و ۱۹/۶ به سطح ثابت رسیدند که پس از بازدههای یاد شده این مقدار ثابت ماند. پس از روزهای ۲۱ و ۱۹/۶ وزن بذرها 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 متabolیسمی و نیز ترمیم نقاط آسیب‌دیده‌ی سلول صرف می‌گردد. لذا، کاهش وزن خشک اولیه گیاهچه‌ها یا جوانه‌زنی و رشد و نمو گیاهچه‌ها نگهداری در مرحله‌ی جوانه‌زنی و رشد و نمو گیاهچه‌ها اجتناب‌ناپذیر است (آمتو، 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

¹ Amthor



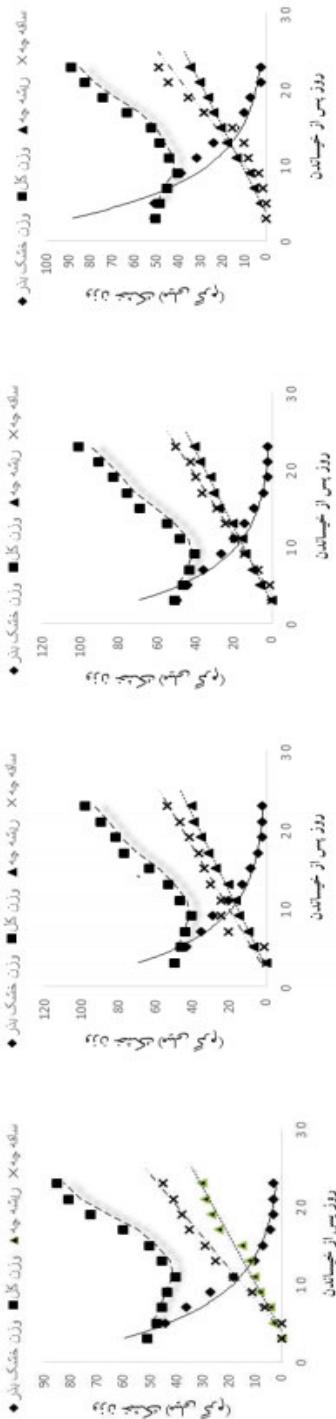
شکل ۲-الف) تغییرات وزن خشک اندامهای مختلف گیاه در تپهار ۳۰/٪ روی رقم آرنا



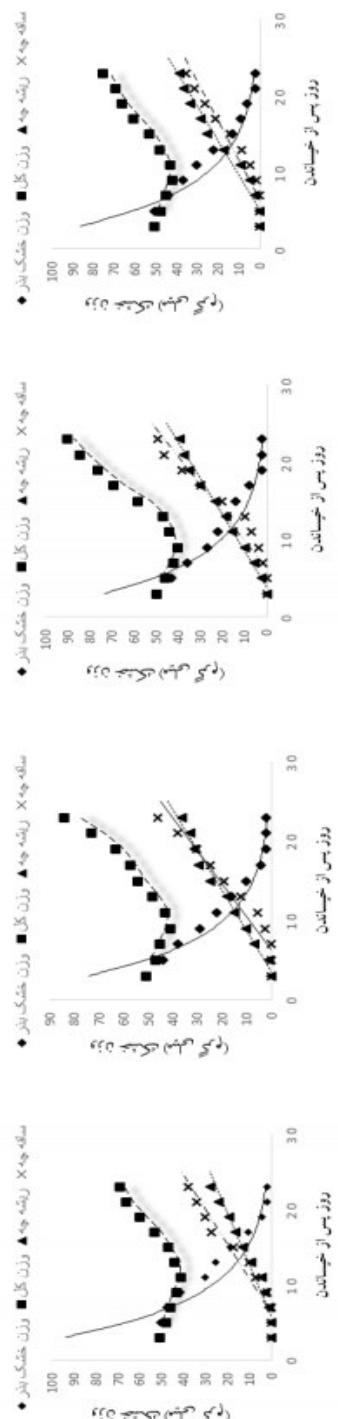
شکل ۲-ب) تغییرات وزن خشک اندامهای مختلف گیاه در تپهار ۴۰/٪ روی رقم آرنا



شکل ۲-ج) تغییرات وزن خشک اندامهای مختلف گیاه در تپهار ۵۰/٪ روی رقم آرنا



شکل ۲-د) تغییرات وزن خشک اندامهای مختلف گیاه در تپهار ۳۰/٪ روی رقم آرنا



شکل ۲-ه) تغییرات وزن خشک اندامهای مختلف گیاه در تپهار ۴۰/٪ روی رقم آرنا



شکل ۲-ج) تغییرات وزن خشک اندامهای مختلف گیاه در تپهار ۵۰/٪ روی رقم آرنا

درصد در یک سطح قرار گرفتند. کمترین میزان وزن خشک ریشه‌چه از تیمارهای شاهد به دست آمد. نسبت وزن خشک ریشه‌چه به کل ماده 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). باستی 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 فتوسنتر 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 می‌باشد 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

یکی از عوامل دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، در گیاه گندم سرعت جوانه‌زنی بذرها است (آکرس^۱ و همکاران، ۱۹۸۷).

ولز^۲ 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^۳ و همکاران، ۲۰۰۳؛ سوبیدی^۴ و ما، ۲۰۰۵؛ باسرا و همکاران، ۲۰۰۵؛ افزایش میزان روی در بذر به‌وسیله‌ی پیش‌تیمار موجب تسريع در رشد اولیه‌ی گیاهچه‌ها، افزایش وزن ریشه‌چه و استقرار بهتر آن‌ها در اوایل فصل کشت می‌گردد (آجوری^۵ و همکاران، ۲۰۰۴؛ مورونگو و مادانزی^۶، ۲۰۱۰). ولจ (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^۷ 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

¹ Akers

² Wells

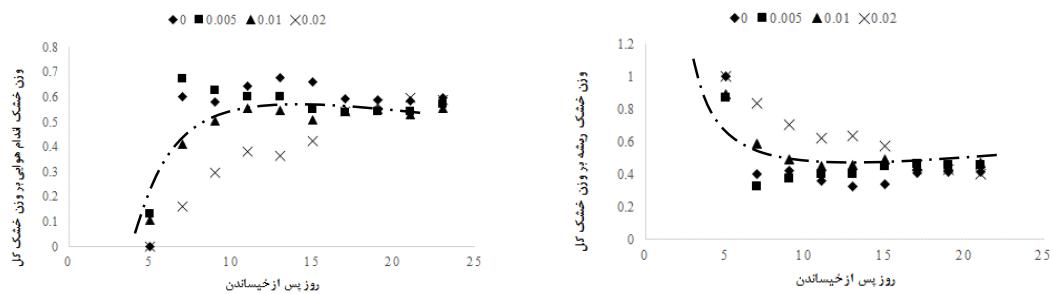
³ Sivritepe

⁴ Subedi

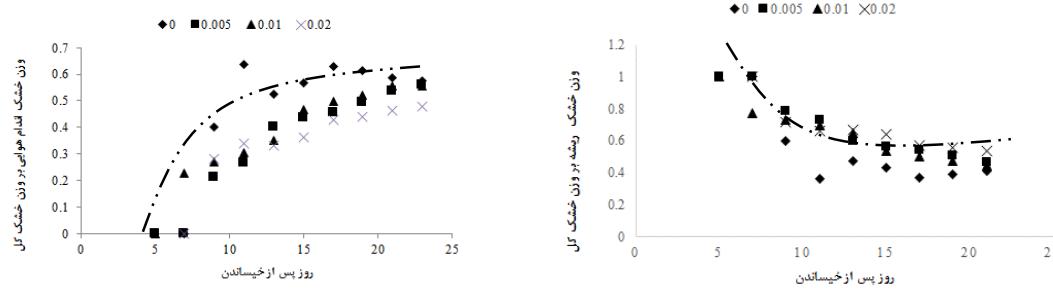
⁵ Ajouri

⁶ Murungu and Madanzi

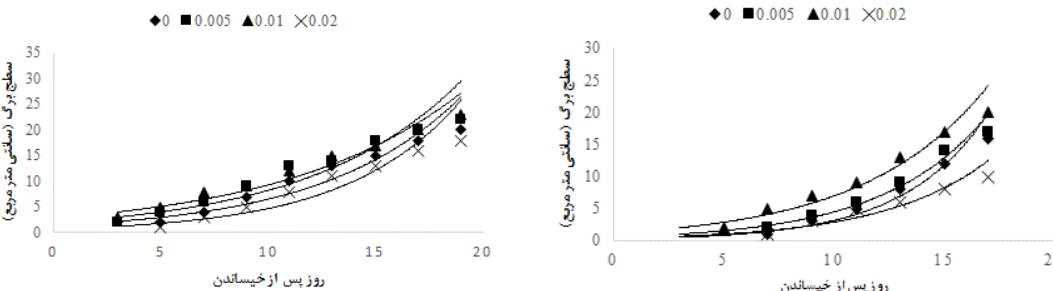
⁷ Ullah



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



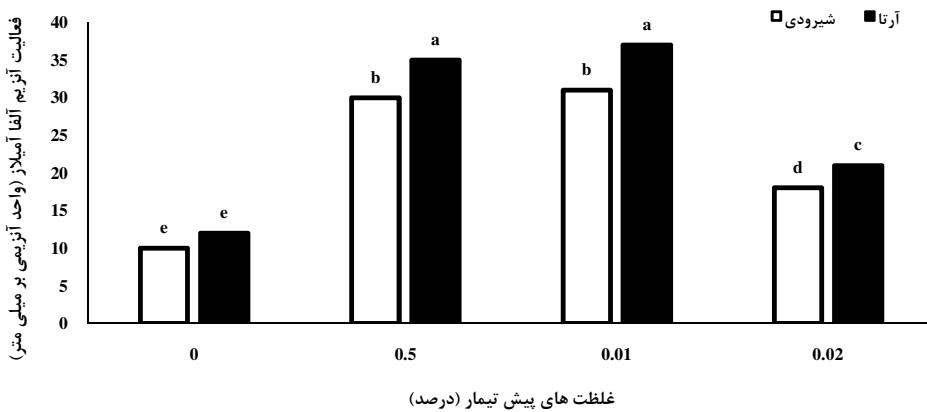
شکل ۳-ج) نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک کل گیاه گندم رقم شیرودی در غلظت‌های مختلف روی (درصد)



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

است که رقم آرتا زودتر از رقم شیرودی وارد مرحله‌ی خودپروری گردید (شکل ۲). کمبود عنصر روی در گیاه موجب کاهش فتوسنتز و بهمربوطی ساخت پروتئین خواهد شد که پی‌آمد چنین روندی انبساط اسیدهای آمینه و آمیدها و اختلال در سوخت و ساز قندها است. گذشته از این، در چنین شرایطی به دلیل تغییر در سوخت‌وساز اسکین و بهویژه اسید ایندول استیک (IAA)، ارتفاع گیاه کاهش یافته و از اندازه‌ی برگ‌ها

سطح از روند صعودی برخوردار بود، ولی این تغییرات در سطوح یک و ۵/۰ 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 به طور نسبی کند بوده ولی در مراحل بعد، شب نمودار افزایش می‌یابد. در میان ارقام مورد مطالعه، رقم آرتا نسبت به رقم دیگر دارای سطح برگ بیشتری بود. لازم به ذکر



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

می‌گردد که پیش‌تیمارهای ۲ درصد و شاهد دیرتر از پیش‌تیمارهای دیگر به مرحله‌ی خودپروری رسیدند که این تأخیر در جوانه‌زنی می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز باشد. در همین رابطه اولیوریا^۵ و همکاران (۱۹۹۸) تأخیر در جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه‌ی لوبيا چشم‌بلي باشند. در شريطيه تنش شوري ناشي از کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز اعلام نمودند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عنصر روی در فرآيند جوانه‌زنی، سيز شدن و استقرار گیاهچه‌های گندم تأثير مثبتی داشته و با تسريع فرآيند رشد و افزایش میزان فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز و همچنین با هميياری در آغاز زودتر مراحل خودپروری و کاريبي تبديل بالا باعث ظهور سريع‌تر ريشه‌چه و ساقچه گردید که به نظر ميرسد اين امر تأثير مثبتی بر استفاده بهتر از منابع موجود و افزایش عملکرد داشته باشد. در اين ميان پیش‌تیمارهای ۰/۵ و ۱ درصد به ترتیب در هر دو رقم آرتا و شیروودی نسبت به پیش‌تیمار ۲ درصد و شاهد دارای نتایج قابل قبولی بودند که اين دو سطح برای كشت ارقام آرتا و شیروودی در كشتزار گزینش شدند.

⁵ Oliveira

کاسته می‌شود (براون و همکاران، ۱۹۹۳). تجزيه واريانس فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نشان داد که سطوح پیش‌تیمار در سطح احتمال يك درصد با يكديگر تفاوت معنی‌دار دارند (جدول ۲) که در اين ميان پیش‌تیمار يك 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^۱ و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که علت تسريع جوانه‌زنی در بذرهاي پیش‌تیمار شده می‌تواند ناشي از افزایش سطح 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^۲ (۲۰۰۰) نشان دادند که فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز در بذرهاي پیش‌تیمار شده برج در راستاي جوانه‌زنی کارآمدتر بهبود یافت. این امر بهويژه در مورد بذرهاي پير شده^۳ مشهودتر بود. افزون بر اين، کاثوسار^۴ و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که سرعت رشد، سطح برگ و گسترش ريشه در گیاهان حاصل از بذرهايی که دارای فعالیت بالاي آنزیم آلفا آمیلاز بودند بيشتر بود. با نگاهی به شکل ۲ مشاهده

¹ Afzal

² Lee and Kim

³ Ageing Aged seeds

⁴ Kausar

منابع

- اسفندياري، ع.، شكيبا، م.ر.، محبوب، س. و آلياري، ه. ۱۳۸۸. تسهیم ذخایر بذر و نقش آن در بنیه گیاهچه‌های گندم. فصلنامه دانش کشاورزی، ۱۹(۱): ۷۵-۶۳.
- احيای، ع.م. و بهبهانی زاده ع.ا. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمایی 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.
- شكاري، ف. و اسفندياري، ع.ا. ۱۳۸۹. فيزيولوجی توليد در گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه مراغه، ۴۱۲ صفحه.
- عبدالرحمى، ب.، قاسمى گلعدانى، ك.، 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., 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 Timiryazevskoi Sel'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 *Erythrina 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 to plant 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.

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

Amin Abbasi^{1,*}, Fariborz Shekari¹, Syed Bahman Mosavi², Naser Sabaghnia¹, Abdollah Javanmard¹

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