علوم و تحقیقات بذر ایران
سال ششم/ شماره اول/ ۱۳۹۸ (۱۴۴ - ۱۳۳)

DOI: 10.22124/jms.2019.3593

ارزیابی اثر مقادیر مختلف کود شیمیایی، زغال زیستی و قارچ تریکودرما در گیاه مادری بر مولفه‌های جوانه‌زنی بذر ذرت هیبرید KSC 704 تحت آزمون پیری تسریع‌شده

مهدی احمدیوسفی[۱]، بهنام کامکار[۲]، مهدیه امیری‌نژاد[۳]*، جاوید قرخلو[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱۰

چکیده

آزمون پیری‌تسریع‌شده یکی از مهم‌ترین آزمون‌های مورد استفاده برای ارزیابی پتانسیل فیزیولوژیک بذور تولیدشده می‌باشد. این آزمایش جهت بررسی اثر تیمارهای مختلف کود، زغال زیستی حاصل از بقایای عدس و قارچ تریکودرما در گیاه مادری بر جوانه‌زنی و سایر مولفه‌های جوانه‌زنی گیاهچه‌های بذر ذرت (هیبرید KSC 704) تحت آزمون پیری تسریع‌شده، به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه نمونه شهرستان جیرفت در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. چهار سطح کود (NPK) به‌ترتیب (شاهد (بدون کود)، ۳۰ درصد، ۷۰ درصد و ۱۰۰ درصد توصیه کودی منطقه به‌میزان (اوره ۴۰۰، سوپرفسفات تریپل ۱۰۰ و پتاس ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان فاکتور اصلی و دو سطح استفاده و عدم استفاده از زغال زیستی (۲۰ تن در هکتار) و سه سطح قارچ تریکودرما؛ شامل (شاهد (بدون قارچ)، *Trichoderma atroviride* و *Trichodema harzianum*) به‌عنوان فاکتورهای فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی تحت تأثیر پیری تسریع‌شده کاهش یافتند. همچنین استفاده از زغال زیستی، گونه تریکودرما و سطوح مختلف کودی بر درصد گیاهچه عادی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه طولی گیاهچه و شاخص بنیه وزنی گیاهچه تحت تنش پیری اثر معنی‌داری داشتند و حداکثر کیفیت بذر تحت شرایط زغال زیستی، قارچ *Trichodema harzianum* و سطح کودی ۷۰ درصد حاصل شد. با توجه به‌نتایج به‌دست آمده در تیمارهای شاهد (عدم مصرف کود) و مصرف کود (۳۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد توصیه کودی) تیمارهای مورد استفاده کمیت مصرف کود را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند، اما کارایی مصرف کود را افزایش می‌دهند همچنین استفاده از زغال زیستی، سطوح کودی مختلف و نوع قارچ باعث افزایش کیفیت و مرغوبیت بذور تولیدشده روی بوته مادری نسبت به شرایط شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، جوانه‌زنی، زوال بذر، ذرت

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران
*نویسنده مسئول: mamiri@ujiroft.ac.ir

مقدمه

ذرت بعد از گندم مهم‌ترین غله دنیا است که به‌عنوان غذای انسان، دام و همچنین مواد اولیه تولید نشاسته، روغن، پروتئین، تهیه الکل و غیره کاربرد دارد (Ghassemi- Golezani and Mardfar, 2008). جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک گیاهان است که بر میزان تولید هر محصول اثر می‌گذارد (Forcella *et al*., 2000). سبزشدن و رشد گیاهچه در گیاهان زراعی به عواملی از جمله درصد جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قوه نامیه بذر و شرایط محیطی بستگی دارد (Jacobson and Bach., 1998). کاهش کیفیت بذر، منجر به جوانه‌زنی نامطلوب و کاهش قدرت رشد گیاهچه‌ها به‌ویژه در شرایط تنش می‌گردد (Figueiredo *et al*., 2003). کیفیت بالای بذر از نظر اقتصادی دارای اهمیت زیادی می‌باشد و حفظ سرعت جوانه‌زنی بالا و محتوای ثابت بعد از انبارداری را در بر می‌گیرد. جوانه‌زنی بذر، سبزشدن گیاهچه و استقرار گیاهچه جنبه‌های مهمی از تولید هستند (Rehman *et al.,*1998). قدرت بذر در زمان رسیدگی فیزیولوژیک در اغلب محصولات در بیش‌ترین مقدار می‌باشد (Devaiah *et al*., 2007). به هر حال بذرها به‌تدریج در طول انبارداری طولانی‌مدت فرسوده می‌شوند و قوه‌ی نامیه آن‌ها کاهش می‌یابد (Barsa *et al*., 2003). آزمون پیری‌تسریع‌شده یکی از مهم‌ترین آزمون‌های استفاده شده برای ارزیابی پتانسیل فیزیولوژیک بذور تولیدشده و تهیه اطلاعات از درجه سازگاری آن‌ها می‌باشد (Tekrony., 1995). اصول این روش بر اساس تسریع مصنوعی پیری بذر با قراردادن آن‌ها در سطوح دما و رطوبت نسبی بالا می‌باشد (McDonald., 1999). در بررسی پیری بذر ارقام مختلف کلزا، مشخص گردید که تنش پیری بذر بر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی تأثیرگذار بوده و باعث کاهش این شاخص‌ها شده است (Janmohammadi *et al*., 2008).

استفاده از تیمارهایی که سبب بهبود کیفیت بذر شوند، می‌توانند سبب افزایش درصد جوانه‌زنی و سبزشدن گیاهچه‌ها و در نهایت افزایش تولید شوند. استفاده از نهاده‌های دارای خاستگاه طبیعی و یا دارای منبع زیستی در این خصوص در اولویت قرار دارند. زغال زیستی محصولی غنی از کربن است که با استفاده از زیست‌توده‌هایی مانند چوب، کود برگ، لجن فاضلاب و غیره در یک محفظه بسته با کمی هوا و یا بدون در دسترس قرارگرفتن هوا به‌دست می‌آید (Major *et al*., 2009). کریشنامورتی و همکاران (Krishnamurti *et al*., 1999) بیان کردند که زغال زیستی از طریق جذب و آزادسازی عناصر از خاک یکی از مهم‌ترین نهاده‌های موثر بر فرآیندهای تاثیرگذار در خاک است و قابلیت دسترسی و پتانسیل سمّیت آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. زغال زیستی یک ماده آلی دارای سطح ویژه زیاد، بسیار متخلخل و با بار متغیّر است و هنگامی که به خاک اضافه شود، افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، ظرفیت جذب سطحی و اشباع بازی را به همراه دارد (Rondon *et al*., 2007). در خاک‌های غرقاب تحت کشت برنج در چین، زغال زیستی سبزشدن گیاه در مزرعه را تا ۱۴ درصد بهبود داد (Zhang *et al*., 2010). اثرات مثبت کاربرد بلندمدت زغال زیستی در چند مطالعه که در طول چندین سال پایش شدند، مشاهده شده است (Blackwell *et al,* 2009 ; Major *et al*., 2010) از آن‌جا که زغال زیستی بسیار متخلخل است و سطح ویژه بزرگی دارد، تأثیر آن بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) در طول زمان می‌تواند مهم باشد. همچنین در سایر منابع به اثرات مثبت ذغال زیستی بر جوانه‌زنی و سایر مولفه‌های جوانه‌زنی سویا، آفتاب‌گردان و ذرت اشاره شده است (Major *et al*., 2009 ؛ Ding *et al*., 2010 ; Major *et al*., Lehmann *et al*., 2003; 2010). قارچ تریکودرما نیز به‌عنوان یکی از عوامل زیستی، از طریق سازوکارهای خاصی مانند ترشح آنزیم (مثل زیلاناز و سلولاز که می‌توانند به طور مستقیم تولید اتیلن درون گیاه را به‌منظور واکنش دفاعی در حضور عامل بیماری‌زا تحریک نمایند)، تولید آنتی‌بیوتیک، نفوذ به باکتری‌ها و قارچ‌های بیماری‌زا، دفع مسمومیت، افزایش انتقال قند و اسیدهای آمینه در ریشه گیاهان موجب ایجاد مقاومت القائی در برابر تنش و کنترل زیستی بیماری‌های خاک‌زی می‌شوند (Lehmann, 2007). آزمایش‌ها نشان داده که گیاهانی که از بذرهای تیمارشده با تریکودرمای T_{22} و در شرایط ۴۰ درصد کاهش نیتروژن کشت شده بودند، نسبت به گیاهانی که با تریکودرمای T_{22} تیمار نشده و در شرایط مشابه کشت شده بودند جوانه‌زنی بیش‌تری داشتند (Harman, 1996). همچنین در سایر منابع

به اثرات مثبت تریکودرما بر جوانه‌زنی و سایر مولفه‌های جوانه‌زنی بذر اشاره شده است (Beker *et al*., 1987; Lehmann, 2007). با توجه به اهمیت ذرت در تولید غذای انسان و دام و همچنین تولید نشاسته، پروتئین و روغن در ایران به‌خصوص در مناطق گرم و مرطوب، این پژوهش با هدف تعیین اثر تیمارهای مختلف کود، زغال زیستی حاصل از بقایا گیاه عدس و قارچ تریکودرما بر مولفه‌های جوانه‌زنی گیاهچه‌های بذر ذرت در گیاه مادری تحت آزمون پیری تسریع‌شده، به‌منظور تولید بذری با کیفیت و سالم‌تر و توصیه آن به کشاورزان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه نمونه شهرستان جیرفت به مختصات جغرافیایی ۵۷ درجه و ۵۲ دقیقه و ۲۹ ثانیه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۲۷ دقیقه و ۵۰ ثانیه عرض شمالی در سال ۱۳۹۵ اجرا گردید. چهار سطح کودی (شاهد بدون کود،۳۰ ،۷۰ و ۱۰۰ درصد توصیه کودی منطقه (اوره ۴۰۰، سوپرفسفات تریپل ۱۰۰ و پتاس ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی و دو سطح استفاده و عدم استفاده از زغال زیستی و سه سطح قارچ تریکودرما (شاهد بدون قارچ، *Trichoderma atroviride* و *Trichodema harzianum*) به‌عنوان عوامل فرعی در نظر گرفته شدند. به‌منظور تهیه قارچ تریکودرما در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۷۰ گرم سبوس گندم با ۱۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر داخل ظرف شیشه‌ای ریخته شد و دو روز متوالی اتوکلاو گردید و کلامیدوسپورو قطعات هیف رشدیافته به‌مدت یک هفته در روی شیکر دوار با دور ۱۲۰ rpm در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در محیط کشت بدون آگار (ارلن یک لیتری حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر محیط کشت بدون آگار و ۵ میکروگرم در میلی‌لیتر استرپتومایسن) قرار گرفتند، سپس به ظروف حاوی سبوس اضافه شده و به‌مدت ده روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در داخل ژرمیناتور (۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی) نگهداری شدند و پس از پودرکردن، از مواد حاصل برای تلقیح بذور به میزان ۳×۱۰^{۶} اسپور برای هر بذر به‌روش بذرمال استفاده شد (Harman, 2000).

برای آماده‌سازی زمین، ابتدا زمین شخم نیمه عمیق خورده و سپس در دو جهت عمود بر هم دو بار دیسک زده شد تا سطح مزرعه یکنواخت شود. برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک (جدول ۱) به روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil in experimental site

عمق (سانتی‌متر) soil depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) Available phosphorous (ppm)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام) Available potassium (ppm)	درصد رطوبت اشباع Saturation Humidity (%)	بافت خاک Texture
0 – 30	7.21	0.21	0.8	0.04	7	210	44	loam

به‌منظور تهیه زغال زیستی، مواد آلی (کاه و کلش عدس) خردشده و در یک کوره الکتریکی در شرایط اکسیژن محدود و در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس حرارت داده شد. دمای گرماکافت به‌صورت تدریجی بالا برده شد، به‌طوری‌که از دمای اتاق شروع شد و در هر دقیقه پنج درجه سلسیوس دمای کوره افزایش یافت تا به دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس (دمای نهایی) رسید. سپس نمونه‌ها به مدت چهار ساعت در این دما نگهداری شدند. زغال زیستی پس از خروج از کوره در دمای اتاق به‌تدریج سرد شد و قبل از استفاده از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد (Laird *et al*., 2010). برخی از ویژگی‌های شیمیایی زغال زیستی تولیدی توسط روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). اسیدیته با استفاده از سوسپانسیون ۲۰:۱ زغال زیستی به آب مقطر، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره ۱۰:۱ زغال زیستی به آب مقطر (Major *et al.,* 2009) و درصد کربن آلی و نیتروژن کل توسط دستگاه CHN Analyzer (Thermo Finingan Flash 1112 Series) اندازه‌گیری شد.

ظرفیت تبادل کاتیونی نیز از طریق روش مجموع کاتیون‌های بازی با استفاده از عصاره‌گیر استات آمونیوم ۱ مولار با اسیدیته ۷ اندازه‌گیری شد (Rondon *et al*., 2007). جهت تعیین غلظت عنصر فسفر، از عصاره حاصل از روش خشک‌سوزانی و حل خاکستر در اسید کلریدریک استفاده شد (Blackwell *et al*., 2011). در عصاره حاصل، غلظت فسفر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۴۸۰ نانومتر تعیین شد. به‌منظور شناسایی گروه‌های عاملی سطحی زغال زیستی از دستگاه اسپکتروسکوپ FTIR (Shimadzu DR-8001) استفاده شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی زغال زیستی

Table 2. Results of the physical and chemical analysis of the biochar

سطح ویژه (مترمربع برگرم) Specific surface area (m2.g-1)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available phosphorous (ppm)	پتاسیم قابل جذب Available potassium (ppm)	درصد رطوبت اشباع Saturation moisture content (%)
47	6.85	0.74	38.2	0.30	10.9	1.89	62

در هر هکتار به‌میزان ۲۰ تن زغال زیستی (در هر واحد آزمایشی دو کیلوگرم) با خاک مخلوط شد (Husk and Major, 2011). بذرهای لاین‌های مورد نظر از موسسه نهال و بذر کرج تهیه شد و کشت والد مادری نرعقیم (لاین اینبرد B_{73}) و لاین پدری (لاین اینبرد Mo_{17}) طبق دستورالعمل تولید بذر هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد. هر کرت شامل ۱۲ ردیف والد مادری و شش ردیف والد پدری به‌طول پنج متر بود و الگوی کشت به‌صورت چهار ردیف والد مادری و دو ردیف والد پدری بود و فواصل بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فواصل بین بوته‌ها ۱۸ سانتی‌متر بود.

آبیاری به‌صورت قطره‌ای مطابق با شرایط آب هوایی و هر سه روز یک‌بار صورت گرفت. در مرحله ۱۲-۱۰ برگی و قبل از ظهور تاسل، بوته‌های خارج از تیپ (ارتفاع بیش‌تر، ساقه ضخیم‌تر، برگ عریض‌تر و رشد بیش‌تر) حذف شدند. بعد از اتمام کامل گرده‌افشانی خطوط پدری حذف شدند. بلال‌ها زمانی که به رسیدگی فیزیولوژیک رسیدند، برداشت شدند و با توجه به شرایط اقلیمی منطقه به‌مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری شدند تا رطوبت به ۱۴ درصد رسید. جهت بررسی اثر پیری تسریع‌شده بر بذرهای تولیدشده در شرایط مختلف اعمالشده بر روی بوته‌های مادری آزمایشی به‌شرح زیر انجام شد:

آزمون پیری تسریع‌شده: برای جلوگیری از آلودگی قارچی، قبل از هر آزمایش جعبه‌های پلاستیکی و الک‌ها با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۱۵ درصد به‌خوبی شسته شده و خشک شد. مقدار ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر وارد هر جعبه پلاستیکی نموده یک الک خشک طوری روی آن قرار داده شد که آب روی صفحه مشبک آن پاشیده نشود.

از هر تیمار با توجه به تکرار آن یک دسته ۵۰ بذری به‌صورت تصادفی انتخاب شدند و به‌صورت یک لایه روی صفحه الک قرار داده شد تا به‌صورت یکنواخت آب جذب کنند. سپس درپوش جعبه پلاستیکی روی آن گذاشته شد. سپس به‌مدت سه روز در شرایط رطوبتی ۹۵ درصد و دمای ۴۳ درجه سلسیوس قرار گرفتند (Hampton and Tekrony, 1995) پس از آن بلافاصله به‌منظور اندازه‌گیری جوانه‌زنی و مولفه‌های جوانه‌زنی به داخل ژرمیناتور منتقل شدند. با شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده، متوسط زمان جوانه‌زنی (رابطه ۱)، درصد گیاهچه عادی (رابطه ۲)، شاخص بنیه طولی گیاهچه (رابطه ۳) و شاخص بنیه وزنی گیاهچه (رابطه ۴) آزمون جوانه‌زنی استاندار براساس روش انجمن بین‌المللی بذر (ISTA, 2008) صورت گرفت.

$$GR = \frac{\sum Gi}{\sum NiGi}$$ رابطه (۱)

که در آن، GR= سرعت جوانه‌زنی، Gi= تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام و Ni = شماره روز می‌باشد.

رابطه (۲) درصد گیاهچه عادی = (تعداد گیاهچه‌های عادی تا روز آخر/ تعداد کل بذرها) × ۱۰

رابطه (۳) شاخص بنیه طولی گیاهچه = درصد جوانه‌زنی نهایی × طول گیاهچه

رابطه (۴) شاخص بنیه وزنی گیاهچه = درصد جوانه‌زنی نهایی × وزن خشک گیاهچه

برای کلیه مقایسات آماری از نرم‌افزار AS(9.3)، رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD، در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد (Woolf *et al*., 2013).

نتایج و بحث

شاخص بنیه طولی گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص بنیه طولی گیاهچه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر اثر متقابل سطح کودی در نوع قارچ در زغال زیستی قرار گرفت (جدول ۳). در هر چهار سطح، برهمکنش قارچ و زغال زیستی در مقایسه با تیمار شاهد-شاهد (عدم کاربرد قارچ - عدم استفاده از زغال زیستی) معنی‌دار شد. بنابراین نتایج نشان داد استفاده از قارچ در تمام سطوح کودی و شرایط زغال زیستی تأثیر معنی‌داری بر این شاخص دارد.

در تمامی تیمارهای توصیه کودی بین ترکیبات تیماری قارچ (*Trichoderma atroviride*) و قارچ (*Trichodema harzianum*) در هر دو سطح استفاده و عدم استفاده از زغال زیستی تفاوت آماری معنی‌داری مشاهد شد، در تیمار ۱۰۰ درصد توصیه کودی، حداکثر شاخص بنیه طولی گیاهچه (۱۵۱۲/۳) به اثر متقابل استفاده از زغال زیستی و قارچ (*Trichodema harzianum*) و حداقل (۶۹۶/۲) آن در تیمار شاهد (بدون مصرف کود) به اثر متقابل شاهد-شاهد (عدم استفاده از زغال زیستی و عدم کاربرد قارچ) مربوط بود و قارچ (*Trichoderma atroviride*) و قارچ (*Trichodema harzianum*) در هر دو سطح استفاده و عدم استفاده از زغال زیستی تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). با توجه به نتایج به‌دست آمده در هر چهار سطح کودی برهمکنش زغال زیستی و قارچ تریکودرما در مقایسه با شرایط شاهد (عدم استفاده از زغال زیستی و عدم کاربرد قارچ) سبب افزایش معنی‌دار شاخص بنیه طولی گیاهچه از طریق افزایش نگهداشت رطوبت خاک، بهبود رشد ریشه کاهش آبشویی مواد غذایی و افزایش جذب مواد غذایی شد.

لیرد و همکاران (Laird *et al*., 2009) و هاسک و ماجور (Husk and Major, 2010) گزارش کردند که جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر ذرت و گندم تحت تأثیر پیری تسریع‌شده کاهش یافت، ولی بذرهای به‌دست آمده از گیاهانی که با زغال زیستی تیمار شده‌اند، نسبت به بذرهای به‌دست‌آمده از گیاهانی که با زغال زیستی تیمار نشده‌اند به‌دلیل جذب بهتر عناصر غذایی و نگهداشت رطوبت از درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه طولی گیاهچه بیش‌تری برخوردار بودند. کریشماتی و همکاران (Krishnamurti *et al*., 1999) بیان کردند که بیش‌ترین شاخص بنیه طولی گیاهچه از گیاهانی به‌دست آمد که با سطوح مختلف کودی تیمار شده بودند. استفاده از کودهای شیمیایی به‌دلیل مشارکت بنیادین در واحدهای ساختمانی پروتئین‌ها و فسفولیپیدهای غشای سلولی سبب تولید بذرهای درشت و در نهایت درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه طولی گیاهچه و شاخص بنیه وزنی گیاهچه بیش‌تر می‌شوند. نتایج تحقیق چان و همکاران (Cheng *et al*., 2006) نشان داده که بذور به‌دست‌آمده از گیاه لوبیای تلقیح‌شده با گونه‌های تریکودرما به‌دلیل تعادل بین تریکودرما و گیاهان و سایر ریزجانوران، تولید مواد آنتی‌بیوتیک و بهبود جذب عناصر غذایی باعث افزایش پنج تا هفت درصدی وزن خشک و طول گیاهچه و شاخص‌های بنیه گیاهچه گردید.

سرعت جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۳)، اثر ساده تیمار سطح کودی، تیمار قارچ و تیمار زغال زیستی بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس جدول (۴) در بین سه اثر ساده (سطح کودی، تیمار قارچ و تیمار زغال زیستی)، بیش‌ترین و کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ درصد سطح کودی و تیمار شاهد (عدم استفاده از زغال زیستی) مشاهده شدند.

با توجه به نتایج، استفاده از هر دو گونه تریکودرما در مقایسه با شرایط عدم استفاده از تریکودرما سبب افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی شد. استفاده از زغال زیستی نیز در مقایسه با شرایط عدم استفاده از آن نتیجه مشابهی به دنبال داشت. برهمکنش‌های دوسویه تیمارها و هر سه تیمار معنی‌دار نشد که نشان می‌دهد اثر هم‌افزا یا کاهنده‌ای بین تیمارهای مورد استفاده از نظر درصد گیاهچه عادی وجود ندارد.

محققان با بررسی اثر پیری زودرس بر صفات جوانه‌زنی در جو نشان دادند که پیری زودرس باعث کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص‌های بنیه بذر در جو می‌گردد. همچنین بذور با بنیه ضعیف‌تر نسبت به بذور

قوی‌تر جوانه‌زنی کم‌تری داشتند (Devaiah *et al*., 2007). لهمان و همکاران (Lehmann *et al*., 2009) در آزمایشی که بر روی گندم انجام دادند، گزارش کردند که استفاده از زغال زیستی سبب افزایش درصد گیاهچه عادی شد. مخلوط‌کردن زغال زیستی با کودهای شیمیایی از طریق بهبود کارایی کودهای شیمیایی باعث افزایش وزن خشک گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی شده است (Christoph., 2007). نتایج تحقیق دیگری نشان داده که افزودن زغال زیستی به خاک از طریق بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود رطوبت خاک و پرشدن بهتر دانه منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و افزایش وزن خشک گیاهچه می‌شود (Cheng *et al*., 2006).

جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر تیمارهای مورد مطالعه

Table 3. Analysis of variance for the data related to the effect of studied treatments

منابع تغییرات S.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)			
		شاخص بنیه طولی گیاهچه Seedling length vigor index	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد گیاهچه عادی Normal seedling (%)	شاخص بنیه وزنی گیاهچه Seedling weight vigor index
تکرار Replication	2	4151.91	0.60	17.29	19.23
کود Fertilizer	3	11404.98**	1.43**	356**	2019.7**
خطا Error	6	301.24	0.523	47.31	20.21
قارچ Fungi	2	9291.30**	1.23**	315**	684.11**
زغال زیستی Biochar	1	11546.88**	3**	519**	1982.5**
کود × قارچ Fertilizer × Fungi	6	43054.5 ns	0.21 ns	21.6 ns	33.48*
کود × زغال زیستی Fertilizer × Biochar	3	1318.85**	0.18 ns	40.1 ns	151.26**
زغال زیستی × قارچ Biochar × Fungi	2	1171.49**	0.096 ns	26.53 ns	151.86**
کود × ذغال زیستی ×قارچ Fertilizer × Biochar × Fungi	6	672.73*	0.315 ns	48.7 ns	14.70 ns
خطا Error	6	224.75	0.169	28.89	15.16
ضریب تغییرات (درصد) (%) C.V		1.2	13.3	8.2	12.1

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: non-significant and significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای کود، نوع قارچ و زغال زیستی بر سرعت جوانه‌زنی و درصد گیاهچه‌های عادی

Table 4. Mean comparison of simple effect of fertilizer, fungus type and biochar treatments on the germination rate and normal seedling percentage

تیمار Treatment		سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد گیاهچه عادی Normal seedling (%)
کود Fertilizer	شاهد Control	3.33b	60.21b
	30%	3.29b	62.65b
	70%	2.86a	68.64 a
	100%	2.85a	69.23 a
زغال زیستی Biochar	شاهد Control	3.29b	62.13b
	زغال زیستی Biochar	2.88a	68.17 a
تریکودرما *Trichoderma*	شاهد Control	3.39b	61.76b
	Trichoderma atroviride	2.94a	66. 74a
	Trichoderma. harzianum	2.89a	66.98a

در هر سطر بین تیمارهایی که دارای حرف مشابه هستند براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ ٪ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

In each row, means followed by similar letters are not significantly different (p> 0.05) using LSD test.

گونه‌های تریکودرما جذب و غلظت عناصر معدنی خاک نظیر مس، فسفر، آهن، روی و سدیم را افزایش می‌دهند (Christoph., 2007). این افزایش جذب در اثر بهبود ساز و کار جذبی گیاه صورت می‌گیرد. به‌عنوان مثال گیاه ذرت با افزایش رشد و سرسبزی و افزایش شاخص‌های بنیه بذر و سرعت جوانه‌زنی به کود نیتروژن پاسخ داد (Harman., 2000).

قارچ *Trichoderma harzianum* از طریق افزایش رشد ریشه ذرت و بهبود جذب عناصر غذایی غیرقابل دسترس خاک مانند مس، روی، منگنز و آهن باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی ذرت می‌شود (Nemec *et al*., 1996).

درصد گیاهچه عادی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر ساده تیمار سطح کودی، تیمار قارچ و تیمار زغال زیستی بر درصد گیاهچه عادی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) در بین سه اثر ساده (سطح کودی، تیمار قارچ و تیمار زغال زیستی)، بیش‌ترین درصد گیاهچه عادی (۶۹/۲۳ درصد) مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد سطح کودی و کم‌ترین درصد گیاهچه عادی (۶۰/۲۱ درصد) مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بود. استفاده از زغال زیستی در مقایسه با شرایط عدم استفاده از آن سبب افزایش ۶ درصدی گیاهچه‌های عادی شد. استفاده از هر دو گونه تریکودرما نیز در مقایسه با شرایط عدم استفاده از تریکودرما سبب افزایش معنی‌دار درصد گیاهچه‌های عادی شد. اثرات متقابل بین تیمارها معنی‌دار نشد که نشان می‌دهد اثر هم‌افزا یا کاهنده‌ای بین تیمارهای مورد استفاده از نظر درصد گیاهچه عادی وجود ندارد. با توجه به این که استاندارد درصد جوانه‌زنی بذر ذرت در کشور ما حداقل ۸۵ درصد می‌باشد تیمارهای مورد استفاده نتوانسته است اثرات شرایط پیری تسریع‌شده را از بین ببرد.

با پیری بذر، قدرت بذر اولین جزء از کیفیت بذر است که کاهش می‌یابد و به دنبال آن سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی نیز کاهش نشان می‌دهند (Janmohammadi *et al*., 2008) استفاده از عناصر اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم از طریق تأثیر احتمالی بر تغییر ترکیب شیمیایی بذور، سبب افزایش تعداد گیاهچه‌های عادی، سرعت و درصد جوانه‌زنی می‌شود (Krishnamurti *et al*., 1999).

ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2010) نیز بیان کردند که کاربرد زغال زیستی از طریق کاهش آبشویی و جذب بهتر عناصر غذایی باعث افزایش وزن خشک گیاهچه، درصد گیاهچه‌های عادی و سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد شد. هارمان (Harman, 2006) نشان داد گیاهانی که از بذرهای تیمارشده با تریکودرما T_{22} و در شرایط ۴۰ درصد کاهش نیتروژن کشت شده بودند نسبت به گیاهانی که با T_{22} تیمار نشده‌اند و در شرایط مشابه کشت شده بودند از سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی بیش‌تری برخوردار بودند.

شاخص بنیه وزنی گیاهچه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر متقابل سطح کودی توصیه شده منطقه در زغال زیستی در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص بنیه وزنی گیاهچه معنی‌دار شد و براساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶)، بیش‌ترین شاخص بنیه وزنی گیاهچه (۴۴/۳۱) به تیمار اثر متقابل ۱۰۰ درصد سطح کودی در زغال زیستی و کم‌ترین وزن خشک گیاهچه (۱۸/۰۸) به تیمار شاهد-شاهد (عدم مصرف کود – عدم استفاده از زغال زیستی) تعلق گرفت. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از زغال زیستی در سطوح پایین کودی (عدم کاربرد کود (شاهد) و ۳۰ درصد توصیه کودی) اثر افزایشی معنی‌داری بر این صفت نداشت ولی با افزایش سطح کودی (۷۰ و ۱۰۰ درصد کودی) استفاده از زغال زیستی در مقایسه با عدم استفاده از زغال زیستی اثر افزایشی چشمگیری بر شاخص بنیه وزنی گیاهچه داشت.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۳) که اثر متقابل کود در نوع قارچ در سطح احتمال یک درصد بر شاخص بنیه وزنی گیاهچه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۷) نشان داد که بیش‌ترین (۴۹/۰۷) و کم‌ترین (۱۰/۲۰) شاخص بنیه وزنی گیاهچه به‌ترتیب به تیمارهای اثر متقابل ۱۰۰ درصد سطح کودی در قارچ *Trichoderma harzianum* و تیمار اثر متقابل شاهد-شاهد (عدم مصرف کود – عدم استفاده از قارچ) مربوط بود. نتایج مبیّن این است که در هر چهار سطح کودی کاربرد قارچ تریکودرما در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد قارچ) باعث افزایش این صفت شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر متقابل زغال زیستی در نوع قارچ در سطح احتمال یک درصد بر شاخص بنیه وزنی گیاهچه معنی‌دار شد.

نتایج مبیّن آن بود که بیش‌ترین شاخص بنیه وزنی گیاهچه (۳۶/۸۹) به تیمار اثر متقابل زغال زیستی در قارچ *Trichoderma harzianum* و کم‌ترین وزن خشک گیاهچه (۲۷/۹۹) به اثر متقابل تیمار شاهد-شاهد (عدم استفاده از زغال زیستی- عدم استفاده از قارچ) اختصاص یافت (جدول ۸). نتایج نشان می‌دهد که در سطح شاهد (عدم کاربرد قارچ) استفاده از زغال زیستی و عدم استفاده از زغال زیستی اثر افزایشی بر شاخص بنیه وزنی گیاهچه نداشت ولی در دو سطح استفاده از قارچ *Trichoderma harzianum* و قارچ *Trichoderma atroviride* استفاده از زغال زیستی در مقایسه با عدم استفاده از زغال زیستی باعث افزایش این شاخص شد، می‌توان گزارش داد که برهمکنش زغال زیستی و قارچ تریکودرما از طریق بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب عناصر غذایی باعث افزایش این صفت می‌شود.

بلک ول و همکاران (Blackwell *et al*., 2010) گزارش کردند کاربرد زغال زیستی در مقایسه با عدم کاربرد آن باعث بهبود شاخص بنیه وزنی گیاهچه، درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه در گیاهانی از جمله ذرت، گندم

جدول ۵- مقایسه میانگین (حاصل از برش‌دهی) ترکیبات تیماری مختلف زغال زیستی و قارچ تریکودرما در هر سطح کودی
Table 5. Mean comparisons based on sliced interacted effects of different biochar and fungi levels on each fertilizer level

تیمار کود **Fertilizer** Treatment	تیمار زغال زیستی Biochar treatment	تیمار قارچ Fungi Treatment	شاخص بنیه طولی گیاهچه Seedling length vigor index
شاهد Control	شاهد Control	شاهد Control	696.2^{c}
		تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	845.4^{b}
		تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	853.6^{b}
	زغال زیستی Biochar	شاهد Control	703.3^{c}
		تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	1153.1^{a}
		تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	1164.7^{a}
۳۰درصد توصیه کود 30% recommended Fertilizer	شاهد Control	شاهد Control	987.3^{c}
		تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	1074.9^{b}
		تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	1081.3^{b}
	زغال زیستی Biochar	شاهد Control	995.4^{c}
		تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	1223.4^{a}
		تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	1254.2^{a}
۷۰درصد توصیه کود 70% recommended Fertilizer	شاهد Control	شاهد Control	1200.1^{c}
		تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	1270.6^{b}
		تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	1276.7^{b}
	زغال زیستی Biochar	شاهد Control	1210.9^{c}
		تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	1297.3^{a}
		تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	1303.1^{a}
۱۰۰درصد توصیه کود 100% recommended Fertilizer	شاهد Control	شاهد Control	1340.4^{c}
		تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	1405.9^{b}
		تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	1410.8^{b}
	زغال زیستی Biochar	شاهد Control	1346.1^{c}
		تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	1499.1^{a}
		تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	1512.3^{a}

در هر سطر بین تیمارهایی که دارای حرف مشابه هستند براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.
In each row, means followed by similar letters are not significantly different ($p> 0.05$) using LSD test.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل کود و زغال زیستی برشاخص بنیه وزنی گیاهچه

Table 6. Mean comparisons of interacted effects of different biochar and fertilizer levels on the seedling weight vigor index

تیمار کود Fertilizer treatment	تیمار زغال زیستی Biochar treatment	شاخص بنیه وزنی گیاهچه Seedling weight vigor index
شاهد Control	شاهد Control	18.08[d]
	زغال زیستی Biochar	20.29[d]
۳۰ درصد توصیه کود 30% recommended Fertilizer	شاهد Control	24.83[c]
	زغال زیستی Biochar	27.34[c]
۷۰ درصد توصیه کود 70% recommended Fertilizer	شاهد Control	38.19[b]
	زغال زیستی Biochar	43.77[a]
۱۰۰ درصد توصیه کود 100% recommended Fertilize	شاهد Control	39.44[b]
	زغال زیستی Biochar	44.31[a]

در هر سطر بین تیمارهایی که دارای حرف مشابه هستند براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.
In each row, mean followed by similar letters are not significantly different (p> 0.05) using LSD test.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل کود و قارچ بر برشاخص بنیه وزنی گیاهچه

Table 7. Mean comparisons of interacted effects of different fertilizer and fungi levels on the seedling weight vigor index

تیمار کود Fertilizer Treatment	تیمار قارچ Fungi Treatment	شاخص بنیه وزنی گیاهچه Seedling weight vigor index
شاهد Control	شاهد Control	10.20[f]
	تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	13.14[e]
	تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	13.13[e]
۳۰درصد توصیه کود 30% recommended Fertilizer	شاهد Control	19.22[d]
	تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	27.11[c]
	تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	28.15[c]
۷۰درصد توصیه کود 70% recommended Fertilizer	شاهد Control	40.40[b]
	تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	47.40[a]
	تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	47.61[a]
۱۰۰درصد توصیه کود 100% recommended Fertilizer	شاهد Control	40.60[b]
	تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	48.50[a]
	تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	49.07[a]

در هر سطر بین تیمارهایی که دارای حرف مشابه هستند براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.
In each row, mean followed by similar letters are not significantly different (p> 0.05) using LSD test.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و زغال زیستی برشاخص بنیه وزنی گیاهچه

Table 8. Mean comparisons of interacted effects of different biochar and fungi levels on the seedling weight vigor index

تیمار قارچ Fungi Treatment	تیمار زغال زیستی Biochar Treatment	شاخص بنیه وزنی گیاهچه Seedling weight vigor index
شاهد Control	شاهد Control	27.99[c]
	زغال زیستی Biochar	29.38[c]
تریکودرما آتروویرید *Trichoderma atroviride*	شاهد Control	30.99[b]
	زغال زیستیBiochar	35.98[a]
تریکودرما هارزیانوم *Trichoderma harzianum*	شاهد Control	30.98[b]
	زغال زیستیBiochar	36.89[a]

در هر ستون بین تیمارهایی که دارای حرف مشابه هستند براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.
In each, mean followed by similar letters are not significantly different (p> 0.05) using LSD test.

و کلزا شد. ولف و همکاران (Woolf *et al*., 2013) گزارش کردند که استفاده از زغال زیستی سبب افزایش نگهداشت آب در خاک، افزایش جذب عناصر مغذی، بهبود رشد ریشه و اندام‌های هوایی و بهبود مولفه‌های جوانه‌زنی

از جمله درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه وزنی گیاهچه و شاخص بنیه طولی گیاهچه می‌شود.

نیومان و لیانگ (Neumann and Laing, 2006) نشان دادند که تلقیح گیاه با گونه‌های تریکودرما با تغییر موقعیت میکروبی ریشه‌ها و جذب مواد غذایی سبب تولید بذور درشت شده که نسبت به بذور ریز از قوه نامیه و شاخص بنیه بذری قوی‌تری برخوردار هستند.گونه‌های تریکودرما باعث القای مقاومت در گیاه و فعال‌شدن سیستم دفاعی گیاه می‌شود. این ساز و کار ممکن است انرژی‌بر باشد و گیاه را به جذب مواد غذایی بیش‌تری وادار کند، اما به هر حال قارچ‌های القاءکننده مقاومت باعث افزایش رشد ریشه، قسمت‌های هوایی گیاه، افزایش وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه وزنی گیاهچه می‌شوند (Beker *et al*., 1987).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون پیری تسریع‌شده استفاده از زغال زیستی، سطوح کودی مختلف و نوع قارچ باعث افزایش درصد گیاهچه عادی، متوسط زمان جوانه‌زنی، شاخص بنیه طولی گیاهچه و شاخص بنیه وزنی گیاهچه بذور تولیدشده روی بوته مادری نسبت به شرایط شاهد شد. اثر قارچ *Trichodema harzianum* نسبت به قارچ *Trichoderma atroviride* برای افزایش کیفیت بذر موثرتر بود، این مساله می‌تواند به این دلیل باشد که این قارچ با شرایط محیطی منطقه سازگاری بهتری داشته و به ترشحات ریشه گیاه ذرت واکنش مناسب‌تری نشان داده است. بنابراین به‌نظر می‌رسد که استفاده همزمان از زغال زیستی و گونه قارچ تریکودرما (*Trichodema harzianum*) در شرایط استفاده از ۷۰ درصد توصیه کودی به افزایش بهره‌وری در استفاده از کود و بهبود کیفیت بذور تولیدشده منجر و این کار باعث تولید و استقرار یکسان گیاهچه‌های سالم در سطح مزرعه و در نهایت افزایش عملکرد می‌گردد که پیامد آن کمک به اقتصاد کشاورز و کاهش مخاطرات ناشی از تولید کم محصول است. به‌نظر می‌رسد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر چندانی در کاهش میزان مصرف کود ندارند، ولی سبب افزایش کارایی نهاده‌ها می‌شوند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان، مراتب تشکر و قدردانی خود را از کارکنان مزرعه پژوهشی و معاونت پژوهشی دانشگاه کشاورزی جیرفت ابراز می‌دارند.

منابع

Barsa, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N. and Cheema, M.A. 2003. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated ageing. Seed Science and Technology, 31: 531–544. **(Journal)**

Beker, B., Zambryski, P., Staskawicz, B. and Dinesh-Kumar, S.P. 1987. Signaling in plant microb interactions. Journal of Agricultural Sciences, 276: 726-733. **(Journal)**

Blackwell, P., Krull, E., Butler, G., Herbert, A. and Solaiman, Z. 2010. Effect of banded biochar on dryland wheat production and fertiliser use in south-western australia an agronomic and economic perspective. Australian Journal of Soil Research, 48: 531-545. **(Journal)**

Chan, K.Y. and Xu, Z.H. 2009. Biochar-nutrient properties and their enhancement biochar for environmental management. Soil Science and Technology, 63: 67-81. **(Journal)**

Cheng, C.H., Lehmann, J., Thies, J.E., Burton, S.D. and Engelhard, M.H. 2006. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. Soil Science, 37: 14-77. **(Journal)**

Christoph, S. 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant and Soil, 291: 275-290. **(Journal)**

De Figueiredo, E., Albuquerque, M.C. and De Carvalho, N.M. 2003. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Hellianthus annns* L.), soybean (*Glycine max* L.) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. Seed Science and Technology, 31: 465 – 479. **(Journal)**

Devaiah S.P., Pan, X., Roth, M., Welti, R. and Wang, X. 2007. Enhancing seed quality and viability by suppressing phospholiapase D in *Arabidopsis*. Journal of Plant Production, 50: 950–957. **(Journal)**

Forcella, F., Arnold, R.L.B., Sanchez, R. and Ghersa, C.M. 2000. Modeling seedling emergence. Field Crops Research, 67(2): 123-139. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K. and Mardfar, R.A. 2008. Effects of limited irrigation on growth and grain yield of common bean. Journal of Plant Sciences, 3(3): 230-235. **(Journal)**

Hampton, J.G. and Tekrony, D.M. 1995 Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2: 167-177. **(Journal)**

Harman, G.E., Latorre, B., Agosin, E., San Martin, R., Riegel, D.G., Nielsen, P.A. and Pearson, R.C. 1996. Biological and Integrated Control of Botrytis Bunch Rot of Grape Using *Trichoderma* spp. Biological Control, 7(3): 259-266. **(Journal)**

Harman, G.E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzinum* T-22. Plant Disease, 84(4): 377-393. **(Journal)**

Harman, G.E. 2006. Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology, 96(2): 190-194. **(Journal)**

Husk, B. and Major, J. 2011. Biochar commercial agriculture field trial in Québec, Canada – year three effects of biochar on forage plant biomass quantity, quality and milk production. Soil Sciences, 65: 23-35. **(Journal)**

International Seed Testing Association (ISTA). 2008. International rules for seed testing. Basserdorf, Switzerland. **(Handbook)**

Krishnamurti, G.S.R., Huang, P.M. and Kozak, L.M. 1999. Sorption and desorption kinetics of cadmium from soils: Influence of phosphate. Soil Sciences, 164(12): 235-.247. **(Journal)**

Jacobsen, S.E. and Bach, A.P. 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd. Seed Science and Technology, 26(2): 515-523. **(Journal)**

Laird, D., Fleming, P., Wang, B.Q., Horton, R. and Karlen, D. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. Seed Sciences Technology,158: 436-442. **(Journal)**

Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems – a review. J. Mitiga. Adapta. Strategies. American Journal of Science andTechnology , 11: 403–427. **(Journal)**

Lehmann, J. 2007. Biology-energy in the black. Frontiers in Ecology and The Environment, 5: 381. **(Journal)**

Lehmann, J., Czimnik, C., Laird, B. and Sohi, S. 2009. Biochar for environmental management. Soil Sciences and Technology, 15: 183-206. **(Journal)**

Major, J., Steiner, C., Downie, A. and Lehmann, J. 2009. Biochar effects on nutrient leaching. International Journal of Soil Science and Technology, 42: 271-284. **(Journal)**

Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J. and Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during ۴ years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant and Soil, 333: 117-128. **(Journal)**

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

Neumann, B. and Laing, M. 2006. *Trichoderma spp* anally in the quest for soil system molecular form and surface charge along a climosequence. Plant and Soil, 72: 1598–1610. **(Journal)**

Rehman, S., Harris, P.J.C. and Bourne, W.F. 1999. Effect of artificial ageing on the germination, ion leakage and salinity tolerance of *Acacia tortilis* and *A. coriacea* seeds. Seed Sciences Technology, 27: 141 – 149. **(Journal)**

Rondon, M., Lehmann, J., Ramirez, J. and Hurtado, M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris L.*) increases with biochar additions. Journal of Biology and Soil, 43: 99–708. **(Journal)**

Tekrony, D.M. 1995. Accelerated aging. In: Van de venter, H.A. (Ed.) Seed vigor testing seminar. Copenhagen: ISTA. Pp, 53 – 72. **(Handbook)**

Woolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrott, F.A., Lehmann, J. and Joseph, S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. Nature Communications, 1: 56-69. **(Journal)**

Zhang, A., Pan, L., Hussain, G., Zhang, Q., Zheng, X. and Crowley, D. 2010. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China. Journal of Agricultural and Crop Sciences, 139: 469-475. **(Journal)**

Assessment of the effect of different chemical fertilizers, biochar and Trichoderma fungi treatments at mother plant on germination and other hybrid corn KSC 704 seed germination components in maternal growth under accelerated aging test

Mahdi Ahmad Yousefi[1], Behnam Kamkar[2], Mahdiyeh Amiri Nezhad[3]*, Javid Gharekhloo[2]

Received: April 8, 2018 Accepted: October 2, 2018

Abstract

Accelerated aging test is the most important test used to evaluate the physiological potential of seeds of various species and provides related information about their adaptability degree.In this research, the effect different fertilizer, biochar and Trichoderma fungus treatments was investigated on germination and other seed germination components of corn KSC 704 under accelated aging test,This experiment was conducted as split–plot factorial based on randomized complete block design with three replications to determine the changes in maize's seed quality on the parent plant at Jiroft's Nemooneh Field in 2016. The main factor was four levels of fertilizers NPK respectively representing the control (no Fertilizer), 30%, 70%,and 100% of recommended value (Urea 400, superphosphate trepil 100 and potash 150 $kgha^{-1}$), while biochar (with biochar and no biochar) (20 $kgha^{-1}$),and three strains of control (no Trichoderma) and *Trichoderma* (*Trichoderma atroviride* and *Trichodema harzianum*) were assigned to sub plots. To assess the quality of maize seeds KSC.704 hybrid produced on the parent plant, accelerated ageing test (including normal seedling percentage, germination rate, seedling length and weight) were performed. The results showed that utilization of biochar, Trichoderma strains and fertilizer levels significantly affected normal seedling percentage,MGT, seedling length vigor index and seedling weight vigor index in accelerated ageing test and the highest seed quality was obtained via combined treatment of using biochar, Trichoderma (*Trichodema harzianum*) and 70% of the recommended fertilizer dose. According to the results obtained in the control treatments (no fertilizer) and fertilizer application (as 30, 70 and 100% of recommended fertilizer dose,Trichoderma and biochar treatments did not affect the amount of fertilizer used, but increased the fertilizer use efficiency.

Keywords: Corn; Germination; Seed deterioration; Seed vigor

How to cite this article

Ahmad Yousefi, M., Kamkar, B., Amiri Nezhad, M. and Gharekhloo, J. 2019. Assessment of the effect of different chemical fertilizers, biochar and Trichoderma fungi treatments at mother plant on germination and other hybrid corn KSC 704 seed germination components in maternal growth under accelerated aging test. Iranian Journal of Seed Science and Research, 6(1): 133-144. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2019.3593

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. Ph.D student of Crop Physiology, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Associate Professor, Department of Agronomy, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran

*Corresponding author: mamiri@ujiroft.ac.ir