

بررسی تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر بر خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گندم در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Investigation the Effect of Humic Acid and Different Method of Seed Bioprimering on Morphophysiological Traits of Wheat under Rainfed and Supplemental Irrigation Condition

علی نظر رستمی^۱ و افشین مظفری^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم دیم رقم ایوان در شرایط آبیاری تکمیلی آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در استان کرمانشاه انجام شد. آبیاری شامل: دیم خالص (تیمار شاهد) و آبیاری تکمیلی در کرت اصلی، هیومیک اسید شامل: عدم مصرف و مصرف در کرت فرعی و عامل بایوپرایمینگ بذر شامل: پرایم با قارچ مایکوریزا، پرایم با مخلوط باکتری‌های PGPR، پرایم با فلاوباکتريوم، پرایم با مایکوریزا+PGPR، پرایم با مایکوریزا+ فلاوباکتريوم و عدم پرایمینگ در کرت فرعی قرار گرفت. اثر اصلی آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بایوپرایمینگ بذر بر تمامی صفات معنی‌دار شد. تیمار آبیاری تکمیلی بالاترین مقدار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (HI)، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته را به ترتیب با ۳۵۱۸/۱، ۱۰۲۰۰/۵ کیلوگرم در هکتار، ۳۴/۳ درصد، ۱۲/۹، ۲۹/۰ و ۹۹/۹ سانتی‌متر را به خود اختصاص داد. تیمار مصرف هیومیک اسید بیشترین مقدار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (HI)، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته را به ترتیب با ۳۳۹۳/۸، ۱۰۱۳۶/۳ کیلوگرم در هکتار، ۳۳/۴ درصد، ۱۲/۴، ۲۷/۶ و ۹۸/۶ سانتی‌متر را داشت. تیمار بایوپرایم توأم بذر با قارچ مایکوریزا و مخلوط باکتری‌های PGPR (*Azotobacter*+*Azospirillum*+*Pseudomonas*) بیشترین مقدار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته را به ترتیب با ۳۸۸۷/۲، ۱۰۷۰۳/۳ کیلوگرم در هکتار، ۳۶/۲ درصد، ۱۴/۵، ۳۳/۰ و ۱۰۵/۵ سانتی‌متر را داشت.

کلمات کلیدی: گندم، هیومیک اسید، آبیاری تکمیلی، باکتری‌های PGPR، عملکرد و اجزای عملکرد.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام، گروه تخصصی زراعت و اصلاح نباتات، ایلام، ایران

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام، گروه تخصصی زراعت و اصلاح نباتات، ایلام، ایران

*- مسئول مکاتبه E-mail: afshin.mozafari@ilam-iau.ac.ir

مقدمه

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا محسوب و در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می‌کند. در حقیقت این گیاه سازگارترین غلات است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۶). در دنیا در بین غلات، گندم با سطح زیر کشت ۲۲۰/۴۱۷ میلیون هکتار و تولید ۷۲۹/۰۱۲ میلیون تن (با میانگین عملکرد دانه ۳۳۰۷/۴ کیلوگرم در هکتار) مقام اول را دارا است (FAO, 2014). در ایران گندم در بین غلات، با سطح زیر کشت ۷/۳ میلیون هکتار و تولید ۱۰/۶ میلیون تن (با میانگین عملکرد دانه ۱۴۵۲ کیلوگرم در هکتار) مقام اول را دارا می‌باشد (FAO, 2014). تنش خشکی مشکل اصلی تولید گیاه گندم در بسیاری از نقاط دنیاست (Wheatoutlook, 2005). این گیاه قابلیت رشد و نمو در انواع محیط‌ها را داراست، هرچند که نبود رطوبت کافی عموماً در مناطق دیم و کم آب باعث کاهش قابل توجهی در میزان عملکرد آن می‌شود. کمبود رطوبت به‌ویژه پس از مرحله گلدهی، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تولید گندم در اغلب بخش‌های خاورمیانه از جمله ایران است. کمبود بارش و رطوبت همراه با افزایش درجه حرارت در طول دوره رشد گیاه و به‌ویژه تخلیه رطوبت خاک در اواخر فصل بهار باعث مواجه شدن دوره زایشی گیاه با تنش خشکی و گرما مواجه شده و عملکرد گندم را غالباً کاهش می‌دهد (Ehdaie, 1995).

روش‌های سنتی اصلاح و تغییر در تاریخ کشت، در کاهش افت عملکرد حاصل از تنش خشکی تا حدودی تأثیرگذار بوده است؛ اما استفاده از روش‌های اصلاحی جدید و تکنیک‌های بیوتکنولوژی می‌تواند نقش بسزایی در کاهش عملکرد ناشی از تنش‌های محیطی ایفا نماید. یکی از شیوه‌های بیولوژیکی برای افزایش تولید در بخش کشاورزی استفاده مؤثر از میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی است که توانایی افزایش رشد و عملکرد گیاه را دارا می‌باشد (خاوازی و همکاران، ۱۳۸۴). گزارش‌های زیادی در ارتباط با افزایش قابل توجه رشد و عملکرد گیاهان زراعی مهم در پاسخ به تلقیح با باکتری‌های محرک رشد^۱ (PGPR) وجود دارد (Kloepper et al., 1980; Vessey, 2003; Gray and Smith, 2005; Figueiredo et al., 2008).

ریزوباکتری‌های بهبوددهنده رشد گیاه، گروهی از باکتری‌ها هستند که قادرند به‌طور فعال ریشه‌های گیاه را کلونیزه کرده و رشد

گیاه را افزایش دهند (Kloepper and Schroth, 1978). مهم‌ترین مکانیسم باکتری‌های محرک رشد گیاه برای تحریک غیرمستقیم رشد گیاهان، تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه که سبب افزایش سطح ریشه و در نتیجه افزایش قدرت گیاه برای جذب عناصر غذایی و آب بیشتر از خاک و رشد بیشتر گیاه ناشی از آن می‌باشد (Vessey, 2003). علاوه بر این، باکتری‌های محرک رشد (PGPR) باعث تحریک و فعال شدن سیستم‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی از نوع آنزیمی و غیر آنزیمی گیاه در برابر انواع تنش‌ها می‌شوند (Mozafari, 2014). باکتری‌های PGPR می‌توانند از اثرات زیان‌بار تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاه جلوگیری کنند (Han and Lee, 2005).

قارچ‌های مایکوریزی به‌عنوان جزء اصلی در بیشتر اکوسیستم‌ها، اثرات مثبتی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان همزیست دارند. در مطالعات بسیار زیادی به نقش قارچ‌های مایکوریزا در افزایش توانایی گیاه در جذب بیشتر عناصر معدنی و آب اشاره شده است (Li and Zhiwei, 2005; Kapoor et al., 2007; Azcón-Aguilar and Barea, 2002). افزایش فتوسنتز گیاه توسط قارچ‌های مایکوریزا به اثبات رسیده است. شواهد بسیار زیادی وجود دارد که گیاهان می‌توانند سرعت فتوسنتز خود را افزایش دهند تا نیازهای همزیست خود را تأمین نمایند. این عمل از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت CO₂ به ازای واحد وزن برگ انجام می‌گیرد. از دیگر نقش‌های قارچ‌های مایکوریزا بر رشد گیاه، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه مانند اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها و غیره می‌باشد (Gelik et al., 2004). قارچ‌های مایکوریزا قادر به کاهش غلظت اسید آبسزیک (ABA) و افزایش هورمون اکسین (IAA) و جیبرلین‌ها (GA) هستند (Liu et al., 1998). همزیستی مایکوریزی همچنین سبب افزایش تحمل گیاهان میزبان به دمای زیاد، آلودگی قارچ‌های بیماری‌زا و اسیدیته بالای خاک و همچنین تحمل به خشکی می‌شود (Chen et al., 2006). قارچ مایکوریزا به‌طور مؤثری باعث افزایش ظرفیت جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف از طریق تولید آنزیم‌های متفاوتی مانند فسفاتازها و حلالیت عناصری مانند فسفر و عناصر کم‌تحرك بخصوص در شرایط تنش خشکی می‌شوند (Marchner and Dell, 1994). رابطه همزیستی بین قارچ مایکوریزا و انواع گیاهان با ایجاد شبکه گسترده هیفی این قارچ‌ها باعث افزایش جذب آب و

بررسی تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر بر خصوصیات ...

قارچ‌های میکوریزا را بایوپرایمینگ بذر گویند (Mahmood *et al.*, 1999; McDonald, 2016). بایوپرایمینگ بذر با باکتری‌های PGPR باعث افزایش سرعت و یکنواختی در جوانه زدن می‌شود، همچنین باعث تثبیت سریع، یکنواختی و استقرار گیاه زراعی بر روی سطح خاک شده و از این رو محصول از نظر کمی و کیفی بهبود می‌یابد (Mahmood *et al.*, 2016). علاوه بر این، باکتری‌های محرک رشد (PGPR) باعث تحریک و فعال شدن سیستم‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی از نوع آنزیمی و غیر آنزیمی گیاه در برابر انواع تنش‌ها می‌شوند (Mozafari, 2014). باکتری‌های PGPR می‌توانند از اثرات زیان‌بار تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاه جلوگیری کنند (Han and Lee, 2005). هدف از انجام این آزمایش تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف پرایمینگ بذر با قارچ میکوریزا و باکتری‌های PGPR بر خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گندم دیم در شرایط آبیاری تکمیلی در استان کرمانشاه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف پرایمینگ بذر با قارچ میکوریزا و باکتری‌های PGPR بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم در شرایط آبیاری تکمیلی در شهر گیلانغرب استان کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۷ دقیقه انجام شد. طرح آماری به صورت کرت‌های دو بار خرد شده (اسپلیت اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. عامل آبیاری شامل دیم خالص (تیمار شاهد) و یک آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی در کرت اصلی، عامل هیومیک اسید شامل: عدم مصرف و مصرف در کرت فرعی و عامل پرایمینگ بذر در ۶ سطح شامل: (۱) پرایم با قارچ میکوریزا، (۲) پرایم با مخلوط باکتری PGPR، (۳) پرایم با فلاوباکتريوم سویه اف ۴۰، (۴) پرایم با میکوریزا+PGPR و (۵) پرایم با میکوریزا+فلاوباکتريومدر کرت فرعی فرعی قرار گرفت. صفات آزمایش شامل عملکرد و اجزای عملکرد دانه (تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه)، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت (HI)، ارتفاع بوته بود. جنس و گونه‌های باکتری‌های PGPR مورد استفاده در این پژوهش شامل: *chroococcum* *Azotobacter* (سویه 66)، *Azospirillum lipoferum* (سویه 66)

مواد غذایی از طریق ریشه گیاهان می‌شود (Ghazi and Zak, 2003).

مواد آلی نقش اساسی در کیفیت خاک دارند. مواد هوموسی به‌عنوان مهم‌ترین بخش مواد آلی به‌طور مستقیم روی رهاسازی عناصر غذایی، ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت بافری فسفر و ابقاء مولکول‌های آلی فلزی و سمی نقش اساسی دارند. تا مدت‌ها تصور می‌شد که اثرات تحریک‌کنندگی مواد هوموسی شبیه به هورمون‌های اکسین، سیتوکنین و اسید آسزیک بود ولی بعداً مشخص شد که اثرات مواد هوموسی در ارتباط مستقیم با افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو مثل نیتروژن (N)، فسفر (P) و گوگرد (S) و عناصر غذایی میکرو مثل آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn) و مس (Cu) می‌باشد، مواد هوموسی جذب کانی‌ها را از طریق تحریک و افزودن فعالیت میکروبیولوژی زیاد می‌کند (فرقانی و جوانمرد، ۱۳۸۴). ترکیبات هوموسی مواد آلی، دارای دو نوع اسید آلی مهم به نام‌های اسید هیومیک و اسید فولویک و جزء هومین‌ها هستند که از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت و لیگنیت اکسید شده، زغال‌سنگ استخراج‌شده و در اندازه مولکولی و ساختار متفاوت هستند (Sebahattin and Necdet, 2005). اسید هیومیک با وزن مولکولی ۳۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰۰ دالتون و اسید فولویک هم با وزن مولکولی کمتر از ۳۰۰۰۰ دالتن به ترتیب سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار و نامحلول و کمپلکس‌های محلول با عناصر میکرو می‌گردند، اسید هیومیک دارای درصد کربن بیشتری نسبت به اسید فولویک می‌باشد ولی اسیدهای فولویک اکسیژن بیشتری دارد (Liu and Cooper, 2000). میزان گروه‌های کربوکسیل اسید فولویک بیشتر از اسید هیومیک است (Samavat and Malakuti, 2005). مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و کیفیت محصولات کشاورزی دارند (Samavat and Malakuti, 2005). از مزایای مهم اسید هیومیک می‌توان به کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم (Na)، پتاسیم (K)، منیزیم (Mg)، روی (Zn)، کلسیم (Ca)، آهن (Fe)، مس (Cu) و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد که سبب افزایش طول و وزن ریشه و آغازش ریشه‌های جانبی می‌شود (Aiken *et al.*, 1985). تلقیح بذر با باکتری‌های زنده از جمله باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و یا

هکتار در مرحله پنجه‌زنی گندم استفاده شد. تاریخ کاشت ۱۳۹۶/۸/۲۷ و تاریخ ۸۵ درصد سبز شدن ۱۳۹۶/۹/۲۵ بود. تاریخ برداشت نهایی ۱۳۹۷/۰۳/۲۵ بود. در این تحقیق از هیومیک اسید با غلظت ۱۴ درصد شرکت گرومور آمریکا (Grow More) استفاده شد. با توجه به نتایج تحقیقات بهترین دوزهای کاربرد هیومیک اسید برای زراعت گندم بین ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که در این پژوهش از دوز ۱۰۰۰ ppm استفاده شد (محمودی‌زویک و همکاران، ۱۳۹۴، دولت‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۳). محلول‌پاشی هیومیک اسید در سه مرحله پنجه‌زنی، گلدهی و پر شدن دانه صورت گرفت (دولت‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۳). جهت اندازه‌گیری عملکرد نهایی دانه، اجزای عملکرد دانه (تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه)، تمام بوته‌های گندم واقع در خطوط برداشت نهایی (۲ متر طولی از خط دوم و سوم در هر کرت آزمایش با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خط کاشت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای) هر کرت آزمایشی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی از نزدیک سطح خاک کف بر شده و توسط ترازو توزین شد.

شاخص برداشت بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$HI = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیکی}} \times 100$$

(HI) شاخص برداشت

در این تحقیق تمامی تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS₂₃ تحت ویندوز ۷ صورت گرفت. جهت مقایسه میانگین داده‌ها از روش جدید چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد استفاده شد.

Pseudomonas potida (OF) (سویه P-169)، *Flavobacterium* (سویه F-40) و قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*) بود که همگی از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور واقع در کرج تهیه شد. بذور گندم رقم ایوان (کراس سبلان) از مرکز تحقیقات سرارود کرمانشاه تأمین شد. هر کرت شامل ۴ خط کاشت به فاصله ۲۰ سانتیمتر و طول هر خط کاشت ۵ متر، فاصله هر کرت فرعی از همدیگر ۴۰ سانتی‌متر (۲ خط نکاشت)، فاصله دو کرت اصلی ۲ متر و فاصله هر بلوک از همدیگر ۲ متر بود. در این آزمایش تراکم کاشت گندم ۳۰۰ بذر در مترمربع بود. چه در زمان تلقیح و چه در زمان کاشت نکات لازم را برای عدم سرایت باکتری از تیماری به تیمار دیگر رعایت شد. بدین منظور ابتدا تیمارهای شاهد (عدم مصرف میکوریزا و باکتری‌ها) و سپس سایر تیمارها کاشت شدند. جهت چسبندگی بهتر قارچ میکوریزا با بذر ابتدا قارچ با محلول آب و شکر با غلظت ۵٪ مخلوط و سپس بذرهای گندم با این محلول، آلوده شد. در تیمار مخلوط قارچ میکوریزا و باکتری‌های PGPR ابتدا بذرها با باکتری‌های PGPR و بعد از ۳۰ دقیقه قارچ میکوریزا اضافه شد. بذور گندم رقم ایوان (کراس سبلان) از مرکز تحقیقات سرارود کرمانشاه تهیه شد. جهت آزمون خاک، به‌صورت تصادفی از چند نقطه مزرعه در عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری نمونه‌گیری شد و پس از مخلوط کردن نمونه‌ها یک نمونه مرکب جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شد. نتایج آزمون خاک در جدول (۱) آمده است.

عملیات تهیه زمین، به‌صورت رایج و عرف منطقه صورت گرفت. در این تحقیق از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات و امراض گیاهی استفاده نشد. تنها جهت کنترل علف‌های هرز از علف‌کش گرانستار با دوز ۳۰ گرم ماده مؤثره در ۴۰۰ لیتر آب در

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک.

Table 1- Soil physical and chemical properties in 30 cm soil depth.

پتاس (K)	فسفر (P)	ازت (N)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (dS/m)	بافت خاک (Soil Texture)	رس (Clay)	سیلت (Silt)	شن (Sand)	ماده آلی (OC)
(ppm)	(ppm)	(%)				(%)	(%)	(%)	(%)
375	10.5	0.15	7.85	1.32	لومی-رسی	29	39	32	1.56

بررسی تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر بر خصوصیات ...

نتایج

ارتفاع بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر اصلی آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بایوپرایمینگ بذر با قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و فلاوباکتیریوم بر روی ارتفاع بوته بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) تشخیص داده شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، تیمار آبیاری تکمیلی با ۹۹/۹۴۴ سانتی‌متر نسبت به تیمار دیم خالص با ۹۵/۵۸۳ سانتی‌متر از نظر ارتفاع بوته برتر بود (جدول ۳). تیمار مصرف هیومیک اسید با ۹۸/۶۳۹ سانتی‌متر نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیومیک اسید) با ۹۶/۸۸۹ سانتی‌متر از نظر ارتفاع بوته برتر بود (جدول ۳). در بین روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر، تیمار بایوپرایم توأم بذر با قارچ مایکوریزا و مخلوطی از باکتری‌های (PGPR) *Azospirillum+ Pseudomonas* و *Azotobacter+*، تیمار بایوپرایم توأم بذر با قارچ مایکوریزا و فلاوباکتیریوم، بایوپرایم تکی بذر با مخلوطی از باکتری‌های محرک رشد گیاه، بایوپرایم تکی بذر با قارچ مایکوریزا، بایوپرایم تکی بذر با فلاوباکتیریوم و تیمار شاهد (بدون پرایم) به ترتیب با ۱۰۳/۶۶۷، ۹۹/۸۳۳، ۹۴/۳۳۳، ۹۲/۵۸۳ و ۹۰/۶۶۷ سانتی‌متر رتبه‌های اول تا ششم را از نظر ارتفاع بوته به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تمامی برهمکنش‌های دوگانه و سه‌گانه عوامل آزمایش (آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بایوپرایمینگ بذر) بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). دو ترکیب تیماری آبیاری تکمیلی × مصرف هیومیک اسید × بایوپرایمینگ توأم بذر با قارچ مایکوریزا و مخلوط باکتری‌های (PGPR) *Pseudomonas* *Azospirillum+ Azotobacter+* و تیمار آبیاری تکمیلی × مصرف هیومیک اسید × بایوپرایمینگ توأم بذر با قارچ مایکوریزا و فلاوباکتیریوم به ترتیب با ۱۱۰ و ۱۰۸ سانتی‌متر بیش‌ترین ارتفاع بوته و دو ترکیب تیماری دیم خالص × عدم مصرف هیومیک اسید × بدون بایوپرایمینگ (شاهد) و آبیاری تکمیلی × عدم مصرف هیومیک اسید × بدون بایوپرایمینگ (شاهد) به ترتیب با ۸۸ و ۸۹ سانتی‌متر کم‌ترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند. به‌طور کلی نتایج آزمایش نشان داد، پرایمینگ بذر

با میکروارگانیسم‌ها به‌ویژه بایوپرایم توأم بذر با قارچ‌های مایکوریزا و مخلوط باکتری‌های (PGPR) *Azospirillum+ Pseudomonas* همراه با مصرف هیومیک اسید یا عدم مصرف هیومیک اسید، ارتفاع بوته را چه در شرایط دیم کامل و چه در آبیاری تکمیلی افزایش داد.

تعداد سنبلچه در سنبله

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر اصلی آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بایوپرایمینگ بذر با قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و فلاوباکتیریوم بر تعداد سنبلچه در سنبله بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) تشخیص داده شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، تیمار آبیاری تکمیلی با ۱۲/۹۴۴ نسبت به تیمار دیم خالص با ۱۱/۰ از نظر تعداد سنبلچه در سنبله برتر بود (جدول ۳). تیمار مصرف هیومیک اسید با ۱۲/۴۴۴ نسبت به تیمار عدم مصرف هیومیک اسید (شاهد) با ۱۱/۵ از نظر تعداد سنبلچه در سنبله برتر بود (جدول ۳). در بین روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر، تیمار بایوپرایم توأم بذر با قارچ مایکوریزا و مخلوطی از باکتری‌های (PGPR) *Azospirillum+ Pseudomonas* و *Azotobacter+*، تیمار بایوپرایم توأم بذر با قارچ مایکوریزا و فلاوباکتیریوم، بایوپرایم تکی بذر با مخلوطی از باکتری‌های محرک رشد گیاه، بایوپرایم تکی بذر با قارچ مایکوریزا، بایوپرایم تکی بذر با فلاوباکتیریوم و تیمار شاهد (بدون پرایم) به ترتیب با ۱۳/۵، ۱۲/۳۳۳، ۱۱/۵، ۱۰/۵ و ۹/۵ رتبه‌های اول تا ششم را از نظر تعداد سنبلچه در سنبله به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تمامی برهمکنش‌های دوگانه و سه‌گانه عوامل آزمایش (آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بایوپرایمینگ بذر) بر تعداد سنبلچه در سنبله معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۲).

تعداد دانه در سنبلچه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، در بین اثرات اصلی تنها اثر اصلی بایوپرایمینگ بذر بر تعداد دانه در سنبلچه بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) تشخیص داده شد. در بین روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر، تیمار بایوپرایم توأم بذر با قارچ مایکوریزا و مخلوط باکتری‌های (PGPR) با ۲/۲۹۲ بیش‌ترین تعداد دانه در سنبلچه را به خود اختصاص داد (جدول ۳). دو تیمار بایوپرایم تکی

بذر با باکتری‌های PGPR و تیمار بیوپرایم توأم بذر با قارچ مایکوریزا و فلاوباکتریوم به ترتیب با ۲/۲۹۲ و ۲/۱۸۳ در یک گروه آماری مشترک (ab) و تیمارهای بیوپرایم تکی بذر با مایکوریزا، بیوپرایم تکی بذر با فلاوباکتریوم و تیمار عدم پرایمینگ بذر (شاهد) به ترتیب با ۲/۱۹۲، ۲/۱۸۳ و ۲/۱۸۳ و قرار گرفتن در یک گروه آماری مشترک (b) کم‌ترین تعداد دانه در سنبلچه به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تمامی برهمکنش‌های دوگانه و سه‌گانه عوامل آزمایش (آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بیوپرایمینگ بذر) بر تعداد دانه در سنبلچه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر اصلی آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بیوپرایمینگ بذر با قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و فلاوباکتریوم بر عملکرد دانه بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) تشخیص داده شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، تیمار آبیاری تکمیلی با ۳۵۱۸/۱۳۹ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار دیم خالص با ۳۰۲۶/۴۷۲ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد دانه برتر بود (جدول ۳). تیمار مصرف هیومیک اسید با ۳۳۹۳/۷۷۸ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار عدم مصرف هیومیک اسید (شاهد) با ۳۱۵۰/۸۳۳ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد دانه برتر بود (جدول ۳). در بین روش‌های مختلف بیوپرایمینگ بذر، تیمار بیوپرایم توأم بذر با مایکوریزا و باکتری‌های PGPR، تیمار بیوپرایم توأم بذر با مایکوریزا و فلاوباکتریوم، بیوپرایم تکی بذر با باکتری‌های PGPR، بیوپرایم تکی بذر با مایکوریزا، بیوپرایم تکی بذر با فلاوباکتریوم و تیمار شاهد (بدون پرایم) به ترتیب با ۳۸۸۷/۱۶۷، ۳۶۸۲/۰۸۳، ۳۳۸۳/۵، ۳۲۱۳/۹۱۷، ۲۸۷۰/۱۶۷ و ۲۵۹۷/۰ کیلوگرم در هکتار رتبه‌های اول تا ششم را از نظر عملکرد دانه به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تمامی برهمکنش‌های دوگانه و سه‌گانه عوامل آزمایش (آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بیوپرایمینگ بذر) بر عملکرد دانه معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۲).

عملکرد بیولوژیکی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر اصلی آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بیوپرایمینگ بذر با قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های PGPR و فلاوباکتریوم بر عملکرد بیولوژیک بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) تشخیص داده شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، تیمار آبیاری تکمیلی با ۱۰۲۰۰/۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار دیم خالص با ۹۷۲۳/۹۴۴ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد بیولوژیکی برتر بود (جدول ۳). تیمار مصرف هیومیک اسید با ۱۰۱۳۶/۲۷۸ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار عدم مصرف هیومیک اسید (شاهد) با ۹۷۸۸/۱۶۷ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد بیولوژیکی برتر بود (جدول ۳). در بین روش‌های مختلف بیوپرایمینگ بذر، تیمار بیوپرایم توأم بذر با قارچ مایکوریزا و مخلوط باکتری‌های PGPR

بذر با باکتری‌های PGPR و تیمار بیوپرایم توأم بذر با قارچ مایکوریزا و فلاوباکتریوم به ترتیب با ۲/۲۹۲ و ۲/۱۸۳ در یک گروه آماری مشترک (ab) و تیمارهای بیوپرایم تکی بذر با مایکوریزا، بیوپرایم تکی بذر با فلاوباکتریوم و تیمار عدم پرایمینگ بذر (شاهد) به ترتیب با ۲/۱۹۲، ۲/۱۸۳ و ۲/۱۸۳ و قرار گرفتن در یک گروه آماری مشترک (b) کم‌ترین تعداد دانه در سنبلچه به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تمامی برهمکنش‌های دوگانه و سه‌گانه عوامل آزمایش (آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بیوپرایمینگ بذر) بر تعداد دانه در سنبلچه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

تعداد دانه در سنبله

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر اصلی آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بیوپرایمینگ بذر با قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و فلاوباکتریوم بر تعداد دانه در سنبله بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) تشخیص داده شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، تیمار آبیاری تکمیلی با ۱۲/۹۴۴ نسبت به تیمار دیم خالص با ۱۱/۰ از نظر تعداد دانه در سنبله برتر بود (جدول ۳). تیمار مصرف هیومیک اسید با ۱۲/۴۴۴ نسبت به تیمار عدم مصرف هیومیک اسید (شاهد) با ۱۱/۵ از نظر تعداد دانه در سنبله برتر بود (جدول ۳). در بین روش‌های مختلف بیوپرایمینگ بذر، تیمار بیوپرایم توأم بذر با مایکوریزا و باکتری‌های PGPR، تیمار بیوپرایم توأم بذر با مایکوریزا و فلاوباکتریوم، بیوپرایم تکی بذر با باکتری‌های PGPR، بیوپرایم تکی بذر با مایکوریزا، بیوپرایم تکی بذر با فلاوباکتریوم و تیمار شاهد (بدون پرایم) به ترتیب با ۳۳، ۲۹/۹۱۷، ۲۷/۷۵، ۲۵/۰۸۳، ۲۳/۵۸۳ و ۲۱/۵ رتبه‌های اول تا ششم را از نظر تعداد دانه در سنبله به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تمامی برهمکنش‌های عوامل آزمایش بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۲).

وزن هزار دانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، وزن هزار دانه تحت تأثیر عوامل آزمایش (آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بیوپرایمینگ بذر) قرار نگرفت.

عملکرد دانه

بررسی تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر بر خصوصیات ...

(C) از نظر شاخص برداشت قرار گرفتند (جدول ۳). تمامی برهمکنش‌های عوامل آزمایش بر شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۲).

بحث

با توجه به نتایج آزمایش، اثر اصلی آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بایوپرایمینگ بذر بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار شد. تیمار آبیاری تکمیلی بالاترین مقدار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (HI)، تعداد سنبله در سنبله، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته را به ترتیب با ۳۵۱۸/۱۳۹ کیلوگرم در هکتار، ۱۰۲۰۰/۵ کیلوگرم در هکتار، ۳۴/۳۳۹ درصد، ۱۲/۹۴۴، ۲۹/۰۲۸ و ۹۹/۹۴۴ سانتیمتر را به خود اختصاص داد. تیمار مصرف هیومیک اسید بیشترین مقدار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (HI)، تعداد سنبله در سنبله، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته را به ترتیب با ۳۳۹۳/۷۷۸ کیلوگرم در هکتار، ۱۰۱۳۶/۲۷۸ کیلوگرم در هکتار، ۳۳/۳۵۶ درصد، ۱۲/۴۴۴، ۲۷/۵۸۳ و ۹۸/۶۳۹ سانتیمتر را به خود اختصاص داد. در بین روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر، تیمار بیوپرایم توأم بذر با قارچ میکوریزا و مخلوط باکتری‌های PGPR بیشترین مقدار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (HI)، تعداد سنبله در سنبله، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته را به ترتیب با ۳۸۸۷/۱۶۷ کیلوگرم در هکتار، ۱۰۷۰۳/۲۵ کیلوگرم در هکتار، ۳۶/۱۶۷ درصد، ۱۴/۵، ۳۳/۰ و ۱۰۵/۵ سانتیمتر را به خود اختصاص داد و تیمار شاهد (بدون پرایم) کمترین مقادیر این صفات را به ترتیب با ۲۵۹۷/۰ کیلوگرم در هکتار، ۹۲۲۷/۷۵ کیلوگرم در هکتار، ۲۸/۰۴۲ درصد، ۹/۵، ۲۱/۵ و ۹۰/۶۶۷ سانتیمتر را به خود اختصاص داد. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد بیوپرایم بذر گندم با میکروارگانیسم‌ها مختلف در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف میکروارگانیسم) باعث ارتقاء عملکرد کمی گندم چه در شرایط دیم و چه در شرایط آبیاری تکمیلی شد.

و تیمار شاهد (بدون پرایم) به ترتیب با ۱۰۷۰۳/۲۵ و ۲۵۹۷/۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیکی را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تیمارهای بیوپرایم توأم بذر با میکوریزا و فلاوباکتریوم و بیوپرایم تکی بذر با باکتری‌های PGPR ترتیب با ۱۰۲۹۸/۰ و ۱۰۱۶۹/۱۶۷ کیلوگرم در هکتار هر دو در یک گروه آماری مشترک (b) قرار داشتند، تیمار بیوپرایم تکی بذر با میکوریزا با ۹۸۳۷/۱۶۷ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری (C) و تیمار بیوپرایم تکی بذر با فلاوباکتریوم با ۹۵۳۸/۰ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری (C) از نظر عملکرد بیولوژیکی قرار گرفتند (جدول ۳). تمامی برهمکنش‌های دوگانه و سه‌گانه عوامل آزمایش بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۲).

شاخص برداشت (HI)

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱)، اثر اصلی آبیاری تکمیلی، هیومیک اسید و روش‌های بایوپرایمینگ بذر با قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های PGPR و فلاوباکتریوم بر شاخص برداشت بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) تشخیص داده شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، تیمار آبیاری تکمیلی با ۳۴/۳۳۹ درصد نسبت به تیمار دیم خالص با ۳۰/۹۲۸ درصد از نظر شاخص برداشت برتر بود (جدول ۳). تیمار مصرف هیومیک اسید با ۳۳/۳۵۶ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف هیومیک اسید (شاهد) با ۳۱/۹۱۱ درصد از نظر شاخص برداشت برتر بود (جدول ۳). در بین روش‌های بایوپرایمینگ بذر، دو تیمار بیوپرایم توأم بذر با قارچ میکوریزا و مخلوط باکتری‌های PGPR و بیوپرایم توأم بذر با قارچ میکوریزا و فلاوباکتریوم به ترتیب با ۳۶/۱۶۷ و ۳۵/۷٪ بالاترین و تیمار شاهد (بدون پرایم) با ۲۸/۰۴۲٪ کم‌ترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تیمارهای بیوپرایم تکی بذر با باکتری‌های PGPR و بیوپرایم تکی بذر با میکوریزا به ترتیب با ۳۳/۳۲۵ و ۳۲/۵۸۳٪ در یک گروه آماری مشترک (b) و تیمار بیوپرایم تکی بذر با فلاوباکتریوم با ۲۸/۹۸۳٪ در گروه آماری

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تأثیر هیومیک اسید، آبیاری تکمیلی و بیوپرایمینگ بذر.

Table 2- Analysis of variance for measured traits affected by Humic acid, Supplemental irrigation and Seed biopriming.

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی (df)	ارتفاع بوته (Plant) (Height)	وزن هزار دانه (1000-Seed) (weight)	تعداد دانه در سنبله (Seed/Spike)	تعداد دانه در سنبله (Seed/Spikelet)	تعداد سنبله در سنبله (Spikelet/Spike)	شاخص برداشت (HI)	عملکرد بیولوژیک (Biological Yield)	عملکرد دانه (Grain Yield)
تکرار	2	1.264 ^{ns}	0.389 ^{ns}	28.764**	0.043*	0.056 ^{ns}	0.211 ^{ns}	51270.014 ^{ns}	3883.597
آبیاری (Irrigation) (I)	1	342.347**	2.347 ^{ns}	355.556**	0.017 ^{ns}	68.056**	209.44**	4087893.556**	4351250.00**
خطای اصلی (Ea)	2	0.014	0.389	2.347	0.018	0.056	3.180	34030.597	69955.292
هیومیک اسید (Humic Acid) (H)	1	55.125**	0.014 ^{ns}	43.556**	0.050 ^{ns}	16.056**	37.556**	2181264.222**	1062396.06**
I × H	1	13.347**	0.014 ^{ns}	2.722 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.056 ^{ns}	4.109 ^{ns}	73216.889 ^{ns}	86805.556 ^{ns}
خطای فرعی (Eb)	2	3.556	0.945	2.944	0.024	0.112	21.84	210393.612	103662.778
بیوپرایمینگ (Biopriming) (B)	5	451.081**	1.647 ^{ns}	217.056**	0.026*	41.656**	121.14**	3455394.522**	2830797.02**
I × B	5	8.281**	0.847 ^{ns}	2.089 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.056 ^{ns}	4.925 ^{ns}	104315.189 ^{ns}	17311.233 ^{ns}
H × B	5	8.658**	0.581 ^{ns}	5.022 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.056 ^{ns}	5.341 ^{ns}	90849.456 ^{ns}	34633.756 ^{ns}
I × H × B	5	2.014*	0.847 ^{ns}	2.922 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.056 ^{ns}	2.575 ^{ns}	69378.256 ^{ns}	20837.656 ^{ns}
خطای فرعی فرعی (Ec)	40	0.608	1.447	2.897	0.010	0.056	3.057	59341.156	24726.700
ضریب تغییرات (C.V) (%)	-	1.93	3.20	6.35	4.50	1.98	5.36	2.45	4.81

ns, *, **: به ترتیب عدم تفاوت معنی دار، تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significant and significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

بررسی تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر بر خصوصیات ...

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر هیومیک اسید، آبیاری تکمیلی و بایوپرایمینگ بذر.

Table 3- Mean Comparison of Experimental Traits affected by Humic acid, Supplemental irrigation and Seed bioprimering.

تیمارهای آزمایشی (Exp. Treatments)	عملکرد دانه (GY) (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (BY) (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت (HI) (%)	تعداد سنبله در سنبله (Spiklet per) (Spike)	تعداد دانه در سنبله (Seed) (No./Spiklet)	تعداد دانه در سنبله (Seed) (No./Spike)	وزن هزار دانه (1000-Seed) (weight (g)	ارتفاع بوته (Plant Height) (cm)
آبیاری (Cultivar)								
دیم خالص (Pure Rainfed)	3026.472 ^b	9723.944 ^b	30.928 ^b	11.000 ^b	2.242 ^a	24.583 ^b	37.778 ^a	95.583 ^b
آبیاری (Irrigation)	3518.139 ^a	10200.500 ^a	34.339 ^a	12.944 ^a	2.211 ^a	29.028 ^a	37.417 ^a	99.944 ^a
هیومیک اسید (Humic Acid)								
عدم مصرف (Non Use)	3150.833 ^b	9788.167 ^b	31.911 ^b	11.500 ^b	2.253 ^a	26.028 ^b	37.583 ^a	96.889 ^b
مصرف (Use)	3393.778 ^a	10136.278 ^a	33.356 ^a	12.444 ^a	2.200 ^a	27.583 ^a	37.611 ^a	98.639 ^a
بایوپرایمینگ بذر (Seed Bioprimering)								
بدون پرایمینگ (Non-prime)	2597.000 ^f	9227.750 ^e	28.042 ^d	9.500 ^f	2.183 ^b	21.500 ^f	37.083 ^a	90.667 ^f
فلاوباکتریوم (Falavobacterium)	2870.167 ^e	9538.000 ^d	29.983 ^c	10.500 ^e	2.183 ^b	23.583 ^e	37.750 ^a	92.583 ^e
مایکوریزا (Mycorrhiza)	3213.917 ^d	9837.167 ^c	32.583 ^b	11.500 ^d	2.192 ^b	25.083 ^d	37.583 ^a	94.333 ^d
مخلوط باکتری محرک (PGPR Mixed)	3383.500 ^c	10169.167 ^b	33.325 ^b	12.333 ^c	2.267 ^{ab}	27.750 ^c	37.333 ^a	99.833 ^c
مایکوریزا+ فلاوباکتریوم (Myc+Flavo)	3682.083 ^b	10298.000 ^b	35.700 ^a	13.500 ^b	2.242 ^{ab}	29.917 ^b	37.667 ^a	103.667 ^b
مایکوریزا+ باکتری محرک (Myc+PGPR)	3887.167 ^a	10703.250 ^a	36.167 ^a	14.500 ^a	2.292 ^a	33.000 ^a	38.167 ^a	105.500 ^a

*اختلاف میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنی‌دار نمی‌باشد.

*Means difference within the same column sharing the same letters are not statistically significant at the 5% level based on Duncan's multi-domain test (P< 0.05).

تاریخ کشت، مقدار ازت و ارقام گندم، نشان دادند که از نظر اقتصادی تاریخ کشت زود هنگام به همراه یک آبیاری حداقل (۳۰ میلی‌متر) در حصول عملکرد مطلوب مؤثر است. همچنین در مقایسه بین ارقام مختلف گندم مشاهده شد که بین تولید دانه و کاه و کلش تحت تیمارهای مقادیر و زمان اعمال تک آبیاری سبب بهبود کارایی مصرف آب شد (اکبری مقدم، ۱۳۸۱). تاتاری و همکاران (۱۳۹۱) نتیجه گرفتند که اثر آبیاری تکمیلی بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود. به طوری که بیشترین تعداد دانه در سنبله با مقدار ۳۱/۳۴ عدد از تیمار دو بار آبیاری در زمان‌های ساقه‌دهی و گلدهی (تیمار BC) به دست آمده و هیچ‌یک از تیمارهای آبیاری تکمیلی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کمترین تعداد دانه نیز در تیمار بدون آبیاری یا شاهد (تیمار NO با مقدار ۲۷/۲ عدد دانه در سنبله) مشاهده شد. بر اساس تحقیقات موجود حساس‌ترین مراحل گیاه گندم به خشکی، مراحل گلدهی و دانه‌بندی می‌باشد (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹، امام، ۱۳۸۴ و کافی و همکاران، ۱۳۸۴). تنش خشکی در زمان گلدهی بر روی تعداد دانه و در زمان دانه‌بندی بر روی وزن هزار دانه تأثیرگذار است. تنش در مراحل قبل و بعد از گلدهی ممکن است به کاهش عملکرد از طریق تعداد سنبله و باروری سنبله‌ها می‌شود (Giunta *et al.*, 1993). به علاوه، تنش از مرحله گلدهی تا مرحله رسیدگی، به ویژه اگر با دمای زیاد همراه باشد، پیری برگ را تسریع و دوره پر شدن دانه و به تبع آن وزن دانه را کاهش می‌دهد (Royo *et al.*, 2000، تاتاری و همکاران، ۱۳۸۸). ژونک هو و راجرم (Zhong Ho and Rajaram, 1994)، در تیمارهای متفاوت تنش خشکی دریافتند که تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع بیشترین حساسیت را به تنش خشکی دارند. در حالی که وزن دانه به طور نسبی به دلیل انتقال مجدد مواد پرورده ذخیره شده قبل از گلدهی از حساسیت چندانی برخوردار نیست. کمبود آب در مرحله پس از گلدهی احتمالاً از طریق آسیب رساندن به فرایند باروری دانه می‌تواند تعداد دانه در هر سنبله را کاهش دهد.

هیومیک اسید، می‌تواند با افزایش جمعیت و فعالیت باکتری‌ها، تولید فیتوهورمون‌های رشد گیاه را افزایش داده و در نتیجه عملکرد

در این تیمار بیوپرایم توأم بذر با قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد (*Azotobacter + Azosperillum + Pseudomonas*) در مقایسه با سایر تیمارهای بیوپرایمینگ بذر از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت (HI) و ارتفاع بوته برتر بود. همچنین تیمار آبیاری تکمیلی از نظر کلیه صفات نسبت به تیمار شاهد (دیم خالص) برتر بود. در این آزمایش کلیه صفات تحت تأثیر مصرف هیومیک اسید قرار گرفتند و بیشترین مقدار عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت (HI) و ارتفاع بوته به این تیمار تعلق داشت.

ایران دارای اقلیم مدیترانه‌ای است که ویژگی‌های این اقلیم شامل تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های مرطوب می‌باشد. در این مناطق بارندگی نامنظم، موجب نوسانات شدید در تولید گندم می‌شود. به علت کافی نبودن بارندگی در برخی از سال‌ها، سطوح چشمگیری از دیم‌زارها، قابل برداشت نبوده و یا عملکرد کمی دارند که میزان تولید کل گندم کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مناطقی که میزان بارندگی برای رشد گیاه کافی باشد، ولی پراکنش باران متناسب با دوره رشد گندم نباشد، عملکرد دانه، به دلیل کمبود رطوبت به شدت کاهش خواهد یافت و حتی در شرایطی ممکن است کل محصول از بین برود. بنابراین در مناطقی که مقدار و پراکنش زمانی بارندگی نامتناسب است، آبیاری تکمیلی برای تولید مطلوب گندم دیم قابل توصیه است (Oweis, 1997). در آزمایش توکلی (۱۳۸۲) نشان داده شده که آبیاری تکمیلی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله دارد؛ اما کوبوتا و همکاران (Kobota *et al.*, 1992)، بیشترین تأثیر آبیاری تکمیلی را بر عملکرد در مرحله گرده‌افشانی می‌دانند. بلسون (۱۳۷۸) گزارش نمود که با یک نوبت آبیاری به میزان ۵۰ میلی‌متر در زمان کشت برای گندم به همراه ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود ازته، عملکردی به میزان ۲۸۵۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با شرایط دیم اختلاف معنی‌داری نشان داد. اویس و ژانگ (Oweis and Zhang, 1998) در تحقیقی در سوریه با متغیرهایی شامل سطوح آبیاری تکمیلی،

بررسی تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر بر خصوصیات ...

از جمله کلروفیل a، b، کارتنوئیدها، پایداری غشاء و میزان نسبی آب برگ و در نتیجه به رشد گیاه که از افزایش در صفات فوق حاصل می‌شود، منجر شد.

با توجه به نتایج تحقیقات محققین، تلقیح ازتوباکتر به‌طور متوسط، افزایشی معادل ۱۵-۱۰ درصد در عملکرد گیاهان مختلف، به‌ویژه گندم به دنبال داشته است (Vessey, 2003). تلقیح گندم با آزوسپیریولوم برازیلنز و ازتوباکتر کروکوکوم، متوسط عملکرد دانه، متوسط نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه و متوسط عملکرد گندم را به ترتیب ۱۳/۹، ۱۶ و ۱۲/۶ درصد نسبت به شاهد تلقیح نشده (۹/۱، ۱۱/۶ و ۶/۲ درصد) افزایش داد و این مقادیر در مورد تلقیح با ازتوباکتر، به ترتیب ۸/۲، ۵/۳ و ۶/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است (Ram and Prasad, 1985). سادات و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی با عنوان تأثیر چند نوع قارچ میکوریز آربسکولار (گلوبوس اتونیکاتوم و گلوبوس اینترادایسز) و باکتری محرک رشد گیاه (سودوموناس فلورسنس سویه‌های ۳، ۹ و ۱۲) بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم (سیستان و چمران به ترتیب مقاوم و نیمه مقاوم به شوری) در یک خاک شور نتیجه گرفتند که تلقیح مجزای رقم سیستان با قارچ گلوبوس اتونیکاتوم و باکتری سودوموناس فلورسنس سویه ۱۲ دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بود. استفاده از قارچ‌ها و باکتری‌ها تغییر معنی‌داری در اجزای عملکرد رقم چمران ایجاد نکرد. کاربرد توأم قارچ گلوبوس اینترادایسز و هر سه سویه باکتری سودوموناس وزن سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه رقم سیستان را نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش داد که افزایش وزن هزار دانه در تلقیح مشترک قارچ گلوبوس اینترادایسز و سویه‌های ۴ و ۹ معنی‌دار بود. قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد با بهبود تغذیه و رشد گیاهان باعث افزایش عملکرد آن‌ها می‌شوند. در یک بررسی نشان دادند که اجزای عملکرد در گیاه گندم تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزی افزایش یافت (Goh et al., 1997) افزایش عملکرد گندم را در شرایط شور در اثر تلقیح با قارچ گلوبوس اینترادایسز مشاهده کردند (مردوخی و رجالی، ۱۳۸۵). افزایش عملکرد دانه گندم بر اثر تلقیح با سویه‌هایی از سودوموناس را نیز گزارش کردند

و اجزای عملکرد گیاه گندم را تحت تأثیر قرار دهد (حاجی بلند و همکاران، ۱۳۸۳). نوپج (Nowick, 2014) نتیجه گرفت که با افزایش استفاده از ترکیب هیومیکی، یک افزایش قابل توجهی در جمعیت میکروارگانسیم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده‌های فسفات در خاک رخ داد که این مسئله به نویسنده اجازه داد نتیجه‌گیری کند که افزایش فعالیت میکروبی خاک باعث بالا رفتن قابلیت دسترسی عناصر می‌شود. سزوارای و همکاران (۱۳۸۸) گزارش نمودند، اثر متقابل محلول‌پاشی هیومیک اسید بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، سطح برگ، ارتفاع ساقه و عدد کلروفیل متر، معنی‌دار بود. تحقیقی که در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، به‌منظور بررسی تأثیر اسید هیومیک بر رشد ریشه و اندام هوایی دو رقم گندم پاییزه سایونز (آبی) و سبلان (دیم) انجام شد، نشان داد که اسید هیومیک به‌طور معنی‌دار، نسبت سطح ریشه به برگ و عدد کلروفیل متر برگ را افزایش داد. استفاده از هیومیک اسید باعث افزایش کلروفیل a، b و کل در نخودفرنگی شد (رسایی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین، اسپری برگی اسید فولیک (بخش ریزملکول اسید هیومیک) روی برگ‌های گندم سبب افزایش معنی‌داری در محتوی کلروفیل برگ‌ها و عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید (Xudan, 1986). اسید هیومیک در افزایش میزان کارتنوئیدها نقش دارد، چرا که ۵۰ درصد از وزن مولکولی اسید هیومیک را کربن تشکیل می‌دهد. بر اساس نظر ناردی و همکاران (Nardi et al., 2002) اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم در درون سلول‌ها و همچنین بالا بردن میزان کلروفیل در برگ‌ها سبب ماندگاری بیشتر برگ‌ها هم در شرایط کمبود آب و هم نرمال می‌شود. ناردی و همکاران (Nardi et al., 2002) بیان داشتند که اسید هیومیک دارای فعالیت شبه هورمونی است و جذب عناصر معدنی همانند فسفر و پتاسیم را در گیاهان افزایش می‌دهد که این امر سبب بهبود فتوسنتز و افزایش مقدار قند تولیدی و نهایتاً محصول خواهد شد. بهشتی و تدین (۱۳۹۶) با بررسی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی لویا لیم (Phaseolus lunatus L.) نتیجه گرفتند که محلول‌پاشی اسید هیومیک به افزایش فاکتورهای فیزیولوژیکی

تشکیل یک سیستم جذب اضافی مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه باشد که بهره‌برداری از حجم بیشتر خاک به‌ویژه آن بخش‌هایی از خاک که ریشه‌های تغذیه‌کننده گیاه به آن دسترسی ندارند را ممکن می‌سازد و باعث جذب این عناصر غذایی می‌شود (Asrar et al., 2011) که در نهایت این موضوع موجب افزایش میزان کلروفیل برگ، افزایش سطح سبز گیاه، سبز ماندن سنبله و زیاد شدن توان فتوسنتزی گیاه میزبان خواهد شد (Huixing et al., 2005). به نظر می‌رسد که تلقیح بذر با سودوموناس پوتیدا و احتمالاً ایجاد شرایط مناسب جهت جوانه‌زنی باعث استقرار سریع‌تر گیاهچه و بهره‌مندی بیشتر از منابع محیطی توسط گیاه می‌شود. چنین وضعیتی باعث می‌شود که گیاه شرایط مناسب‌تری را جهت پر کردن دانه‌ها داشته باشد که این وضعیت همراه با افزایش عملکرد دانه نمود بیشتری می‌یابد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۶). در آزمایشی اثر باکتری *Azospirillum lipoferum* را بر رشد و عملکرد گندم در شرایط شور بررسی کردند و دریافتند که این باکتری به‌طور معنی‌داری وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم را افزایش داد (Nabila Zaki et al., 2007). تلقیح مشترک قارچ‌های گلوموس اتونیکاتوم و گلوموس اینترادیسز و باکتری سودوموناس فلورسنس سویه 4 شاخص برداشت رقم چمران را به‌طور معنی‌داری نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش داد. در تحقیقی گزارش کردند که باکتری‌های سودوموناس به‌طور معنی‌داری شاخص برداشت گندم را افزایش دادند (Walley and Germida, 1997).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد بیوپرایم بذر گندم با میکروارگانسیم‌ها مختلف در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف میکروارگانسیم) باعث ارتقاء عملکرد کمی گندم چه در شرایط دیم و چه در شرایط آبیاری تکمیلی شد. در این تیمار بیوپرایم توأم بذر با قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد (*Azotobacter+Azospirillum+Pseudomonas*) در مقایسه با سایر تیمارهای بیوپرایمینگ بذر از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت (HI) و ارتفاع بوته برتر بود. همچنین تیمار آبیاری تکمیلی از نظر کلیه صفات نسبت به تیمار

(Frietas and Germida, 1990). نشان داده شده است قارچ میکوریزا موجب افزایش میزان کلروفیل در گیاه گندم خواهد شد، به‌طوری‌که میزان کلروفیل a، b و کل در تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریزا به ترتیب ۱۳/۷، ۳۳/۵ و ۱۷/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح با قارچ میکوریزا) افزایش نشان داد (Moucheshi et al., 2012). در گزارش‌های اسرار و همکاران (Asrar et al., 2011) نشان داده شده است که قارچ میکوریزا از طریق ایجاد شبکه گسترده هیف خود در داخل خاک و در محیط ریزوسفر سبب جذب عناصر فسفر، نیتروژن و انتقال این عناصر به گیاه میزبان خواهد شد. بانرجی و همکاران (Banerjee et al., 2006) بیان داشتند که باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) سبب افزایش سطح ریشه گیاه می‌شوند و افزایش سطح ریشه به دلیل دسترسی بیشتر به آب و عناصر غذایی منجر به افزایش رشد گیاه می‌گردند آنان اظهار داشتند که با افزایش میزان جذب و تحلیل، موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و در نهایت می‌تواند وزن تک بذر، سرعت پر شدن دانه را افزایش دهد. ناصری و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی اثر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و قارچ میکوریزا بر رشد و عملکرد گندم در شرایط دیم بیان داشتند که به نظر می‌آید در گندم دیم، جذب عناصر غذایی توسط سیستم ریشه گسترده در حضور باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ فانیلی فورمیس موسه افزایش یافته که همین امر توانسته میزان و دوام فتوسنتز و در نهایت منجر به افزایش فتوسنتز و دام سطح سبز گردد که همین عامل باعث می‌گردد که کارایی انتقال مجدد سنبله در حضور تیمار قارچ و باکتری نسبت به تیمار شاهد افزایش یابد، آن‌ها نیز اشاره کردند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا موجب افزایش قابلیت دسترسی و استفاده از نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمارهای کودی مربوطه شده و با بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه، انتقال مجدد ماده خشک از ساقه را به‌طور قابل توجهی کاهش داده است و سبب افزایش کارایی انتقال مجدد سنبله گردید. افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و پتاسیم گندم در تیمارهای کاربرد باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ مایکوریزا به نظر می‌رسد به دلیل انتشار این عناصر از طریق میسلیم‌های میکوریزایی مرتبط با بافت‌های درونی ریشه و

بررسی تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف بیوپرایمینگ بذر بر خصوصیات ...

مایکوریزا با باکتری فلاوباکتریوم باعث افزایش مقدار عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت (HI) و ارتفاع بوته شدند، بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود در صورت امکان چه در شرایط دیم خالص و چه در شرایط آبیاری تکمیلی زارعین منطقه از بیوپرایمینگ هم‌زمان قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) به همراه کاربرد هیومیک اسید و یا بیوپرایمینگ هم‌زمان قارچ‌های مایکوریزا و باکتری فلاوباکتریوم به همراه کاربرد هیومیک اسید استفاده کنند.

شاهد (دیم خالص) برتر بود. در این آزمایش کلیه صفات تحت تأثیر مصرف هیومیک اسید قرار گرفتند و بیشترین مقدار عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت (HI) و ارتفاع بوته به این تیمار تعلق داشت. اگرچه اثر متقابل عوامل آزمایش تنها بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد، اما نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که هم در شرایط آبیاری تکمیلی و هم در شرایط دیم خالص، مصرف هیومیک اسید به همراه بیوپرایم هم‌زمان قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و همچنین مصرف هیومیک اسید به همراه بیوپرایم هم‌زمان قارچ‌های

www.iapb.kiau.ac.ir

فهرست منابع

References

- اکبری مقدم، الف. ۱۳۸۱. بررسی اثرات تاریخ‌های کاشت زود، کشت نرمال و کشت تأخیری بر عملکرد و اجزاء عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک در ارقام پیشرفته گندم. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم و زراعت و اصلاح نباتات، کرج. صفحه ۵۱.
- احمدی، ع. و د. آ. بیکر. ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۱(۴): ۸۲۵-۸۱۳.
- امام، ی. ۱۳۸۴. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز.
- بلسون، و. ۱۳۷۸. بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی و مقادیر مصرف ازت در افزایش عملکرد گندم ارقام دیم. گزارش نهایی مرکز تحقیقات آذربایجان غربی، شماره ۱۹۰/۷۷/۷۸ص.
- بهشتی، ص. و ع. تدین. ۱۳۹۶. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی لوبیا لیما (*Phaseolus lunatus* L.). مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۶(۱۹): ۱۳-۱.
- تاتاری، م.، ع. کوچکی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۸. پیش‌بینی عملکرد گندم دیم به‌وسیله داده‌های بارندگی و خاکشناسی با استفاده از مدل‌های رگرسیونی. پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۳۱: ۷-۱۴۸.
- تاتاری، م.، م. احمدی و ع. ک. رضا عباسی. ۱۳۹۱. اثر آبیاری تکمیلی بر رشد و عملکرد گندم دیم. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۰(۲): ۴۵۵-۴۴۸.
- توکلی، ع. ۱۳۸۲. اثر مقادیر مختلف آبیاری تکمیلی و نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم دیم رقم سبلان. مجله نهال و بذر، ۱۹(۳): ۳۶۷-۳۸۰.
- حاجی بلند، ر.، ن. علی اصغر زاده و ز. مهرفر. ۱۳۸۳. بررسی اکولوژیکی ازوتوباکتر در دو منطقه مرتعی آذربایجان و اثر تلقیح آن روی رشد و تغذیه معدنی گیاه گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۸(۲): ۷۵-۹۰.
- خاوازی ک. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۰. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب، ۶۰۴ صفحه.
- خاوازی ک.، ه. اسدی رحمانی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۴. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. انتشارات سنا، تهران، ۴۲۰ صفحه.
- دولت‌آبادی، ا.، ج. مسعودسینکی، ح. عباسپور و ع. غ. عبادی. ۱۳۹۳. تأثیر کود دامی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گندم. مجله علمی - پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۶(۱۷): ۳۸-۲۸.
- رسایی، ب.، ا. م. قبادی، م. قبادی و ع. نجفی. ۱۳۹۱. اثرات ریزوبیوم، مایکوریزا و هیومیک اسید بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک نخود در شرایط آبیاری تکمیلی در منطقه کرمانشاه. خلاصه مقالات دهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشکده کشاورزی.
- سادات، ع. و.، غ. ثواقبی، ف. رجالی، م. فرحبخش، ک. خاوازی و م. شیرمردی. ۱۳۸۹. تأثیر چند نوع قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴(۱): ۶۲-۵۳.

بررسی تأثیر هیومیک اسید و روش‌های مختلف بایوپرایمینگ بذر بر خصوصیات ...

- سبزواری، س.، ح. ر. خزاعی و م. کافی. ۱۳۸۸. اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام سایونز و سیلان گندم. مجله‌ی آب‌و خاک علوم و صنایع کشاورزی، ۲۳(۲): ۸۷-۹۴.
- کافی، م.، ا. جعفرنژاد و م. جامی‌الاحمدی. ۱۳۸۴. گندم- اکولوژی، فیزیولوژی و برآورد عملکرد. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ناصری، ر.، م. براری، م. ج. زارع، ک. خاوازی و ز. طهماسبی. ۱۳۹۶. اثر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و قارچ میکوریزا بر رشد و عملکرد گندم. نشریه زیست‌شناسی خاک، ۵(۱): ۴۹-۶۷.
- محمودی‌زویک، ر.، م. نصری و م. اویسی. ۱۳۹۴. اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک بر عملکرد و انتقال عناصر غذایی به دانه گندم در شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های زراعی در حاشیه کویر، ۱۲(۲): ۱۱۹-۱۳۱.
- نورمحمدی، ق.، س. ع. سیادت و ع. کاشانی. ۱۳۸۶. زراعت غلات، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۴۴۶ ص.
- Aiken, G. R., D. M. McKnight., R. L. Wershaw and P. Mac Carthy. 1985.** Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. New York. USA: Wiley InterScience.
- Wheat Outlook. 2005.** Wheat outlook. Int. Grain Conucil. Washington D.C., available at <http://www.wheatoutlook.com>.
- FAO. 2014.** <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Asrar, A. W. A. and K. M. Elhindi. 2011.** Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi Journal of Biological Science, 18: 93-98.
- Azcón-Aguilar, J. and M. Barea. 2002.** Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. Scientia Horticulturae, 68 (1-4): 1-24.
- Banerjee, M., R. L. Yesmin and J. L. Vessey. 2006.** Plant-growth- promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides. pp. 137-181. In: Handbook of microbial biofertilizers. Ed., Rai, M., K., Food Production Press, U.S.A.
- Chen, B. D., Y. G. Zhu and F. A. Smith. 2006.** Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on uranium and arsenic accumulation by Chinese brake fern (*Pteris vittata* L.) from a uranium mining-impacted soil. Chemosphere, 62: 1464-73.
- Ehdaie, B. 1995.** Variation in water use efficiency and its components in wheat. II. Pot and field experiments. Crop Science, 35: 1617-1626.
- Figueiredo, M. V. B., H. A. Burity, C. R. Martinez and C. P. Chanway. 2008.** Alleviation of water stress effects in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation *Paeni bacillus* x *Rhizobium tropici*. Applied Soil Ecol. 40: 182-188.
- Frietas, J. and J. J. Germida. 1990.** Plant growth promoting rhizobacteria for winter wheat. Can. J. Microbiol. 36: 265-272.
- Gelik, I., I. Ortas and S. Kilic. 2004.** Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Tillage Research, 78 (1): 59-67.
- Ghazi, A.K. and B. M. Zak. 2003.** Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza, 14: 263-269.
- Giunta, F., R. Motzo and M. Deidda. 1993.** Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in Mediterranean environment. Field Crop Research, 33: 399- 409.
- Goh, T. B., M. R. Banerjee, T. Shihua and D. L. Burton. 1997.** VA mycorrhizae mediated uptake and translocation of P and Zn by wheat in a calcareous soil. Canadian Journal of Plant Science, 77: 339-346.

- Gray, E. J. and D. L. Smith. 2005.** Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. *Soil Biol. Biochem.* 37: 395-412.
- Han, H. S. and K. D. Lee. 2005.** Plant Growth Promoting Rhizobacteria Effect on Antioxidant Status, Photosynthesis Mineral Uptake and Growth of Lettuce under Soil Salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1 (3): 210-215.
- Huixing, S. 2005.** Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. *Electronic Journal of Biology*, 1: 44-48.
- Kapoor, R., V. Chaudhary and A. K. Bhatnagar. 2007.** Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycorrhiza*, 17: 581-587.
- Klopper, J. W. and M. N. Schroth. 1978.** Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. IV. International Conference on Plant Pathogenic Bacteria. Angers France, 2: 879-882.
- Klopper, J. W., M. N. Schroth and T. D. Miller. 1980.** Effects of rhizosphere colonization by plant growth promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. *Phytopathology*, 70: 1078-1082.
- Kobota, T. J., A. Palta and N. C. Turner. 1992.** Rate of development of postanthesis Water deficits and grain filling of Spring Wheat. *Crop Science*, 32: 1238- 42.
- Li, T. and Z. Zhiwei. 2005.** Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. *Applied soil Ecology*, 29: 135-141.
- Liu, C., R. J. Cooper and D. C. Bowman. 1998.** Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. *American Society for Horticultural Science*, 33 (6): 1023-1025.
- Liu, C. and R. J. Cooper. 2000.** Humic substances influence creeping bentgrass growth. *Golf Course Management*, 49-53.
- Marchner, H. and B. Dell. 1994.** Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*, 159: 89-102.
- McDonald, M. B. 1999.** Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Sci Technology*, 27: 177-237.
- Moucheshi, A., M.T. Heidari and B. Assad. 2012.** Alleviation of drought stress effects on wheat using arbuscular mycorrhizal symbiosis. *International Journal of Agricultural Science*, 2: 35-47.
- Mozaffari, A. 2014.** Evaluation the effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on SOD, MDA and Proline content in two wheat cultivars. 20th World Congress of Soil Science. June 8-13, Jeju, Korea.
- Nabila Z. M., M. S. Hassanein, M. Karima and Gamal EL-Din. 2007.** Growth and yield of wheat cultivars irrigated with saline water in newly cultivated land as affected by biofertilization. *Journal of Applied Sciences Research*, 3 (10): 1121-1126.
- Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002.** Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 1527-1536.
- Nowick, W. 2014.** Actual Results of Improvement of Biological Soil Fertility Indicators after Application of Phytohumic Combination (PHCs) in the Program Tandem12/ 21 (2012- 021)//Humic Substances and Other Biologically Active Compounds in Agriculture, Book of Abstracts/November 19-23, 2014, Moscow, 2014, pp. 255-264 (in Russian).
- Oweis, T. 1997.** Supplemental Irrigation: A highly efficient water-use practice. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
- Oweis, T. and H. Zhang. 1998.** Index for optimizing supplemental irrigation of wheat in water scarce areas. *Journal of Applied Irrigation Science*, 32: 321-336.
- Ram. P. and Prasad, N. 1985.** Efficiency of time potassium application in wetland rice on haplaquent of Meghalaya. *Indian Journal of Agriculture Sciences*, 55: 338-341.

- Royo, C., M. Abaza, R. Blanco and F. G. Del Moral. 2000.** Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing date simulated drought stress. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27: 1051- 1059.
- Samavat, S. and M. Malakoti. 2005.** Necessity of produce and utilization of organic acids for increase of quality and quantity of agricultural products. Sana Publication. Tehran. (In Persian with English Summary).
- Sebahattin, A. and C. Necdet. 2005.** Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). *Agronomy Journal*, 4: 130-133.
- Vessey, J. K. 2003.** Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, 255: 571–586.
- Walley F. L. and J. J. Germida. 1997.** Response of spring wheat (*Triticum aestivum*) to interactions between *Pseudomonas* species and *Glomus clarum* NT4. *Biol. Fertil. Soils*, 24: 365–371.
- Xudan, X. 1986.** The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and wheat yield. *Australian Journal of Agricultural Research*, 37: 343-350.
- Zhong Ho., I.I. and S. Rajaram, S. 1994.** Differential response of bread wheat characters to high temperature. *Euphytica*, 72: 197- 200.

Investigation the Effect of Humic Acid and Different Method of Seed Biopriming on Morphophysiological Traits of Wheat under Rainfed and Supplemental Irrigation Condition

A. N. Rostami¹ and A. Mozafari*²

Received date: 24 November 2017

Accepted date: 25 April 2018

Abstract

In order to investigate the effect of humic acid and different methods of seed bio-priming on yield and yield components of wheat under pure rainfed and supplemental irrigation conditions, carried out as a split split plot design base on randomized complete block design (RCBD) design with three replications in Kermanshah province. The irrigation factor as the main plot consisted: pure rainfed and supplemental irrigation, humic acid factor as a subplot included: non-use and use humic acid and seed bio-priming as a sub-subplots consisted: seed prime with *mycorrhiza*, mixed of PGPR, *flavobacterium*, *mycorrhiza*+PGPR, and *mycorrhiza*+*flavobacterium*. The main effects of supplemental irrigation, humic acid, and seed bio-priming methods were significant on all traits. The supplementary irrigation treatment had the highest grain yield, biological yield, harvest index (HI), spikelet number per spike, seeds number per spike and wheat plant height, with 3518.139 kg ha⁻¹, 10200.5 kg ha⁻¹, 34.339 (%), 12.944, 29.028 and 99.944 cm, respectively. Humic acid treatment had the highest grain yield, biological yield, harvest index (HI), spikelet number per spike, seeds number per spike and plant height, with 3393.778 kg ha⁻¹, 10136.278 kg ha⁻¹, 33.356 (%), 12.444, 27.583 and 639.98 cm, respectively. Between the different seed bio-priming treatments, co bio-prime with mycorrhizal fungus and mixture of PGPR bacteria (*Azotobacter* + *Azospirillum* + *Pseudomonas*) had the highest grain yield, biological yield, harvest index (HI), spikelet number per spike, seeds number per spike and plant height was allocated with 3887.167 kg ha⁻¹, 10703.25 kg ha⁻¹, 36.167 (%), 14.5, 33.0 and 105.5 cm, respectively.

Keywords: Wheat, Humic Acid, Supplemental Irrigation, PGPR bacteria, Yield and Yield components.

1- M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran.

* Corresponding author: afshin.mozafari@ilam-iau.ac.ir