به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۰ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۷
صفحه‌های ۶۲۶-۶۰۹

بررسی برخی از شاخص‌های رشد و عملکرد دانه گندم در پاسخ به کاربرد کود اوره و دود-آب

بابک غلامی[۱]، فریده نوروزی شهری[۲]، فرزاد مندنی[۳*]، سعید جلالی هنرمند[۴]، محسن سعیدی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۳. استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۴. دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۰۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد کود اوره و محلول‌پاشی برگی دود-آب بر برخی از شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف کاربرد کود اوره (۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳٦۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی برگی با عصاره دود- آب (در پنج سطح شامل شاهد و غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد) به‌عنوان عامل فرعی بود. نتایج نشان داد که در تمامی سطوح کود اوره، محلول‌پاشی با دود- آب نسبت به شاهد موجب افزایش معنی‌دار پارامترهای رشد اندازه‌گیری شده، اجزای عملکرد و در نهایت افزایش عملکرد دانه گندم گردید. بیشترین عملکرد دانه (۹۲۲ گرم در مترمربع) در شرایط کاربرد ۳٦۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و غلظت یک درصد دود- آب و کمترین مقدار آن (۳۳۹ گرم در مترمربع) در شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و محلول‌پاشی با آب مقطر به‌دست آمد. در سطوح کود اوره ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار، دود- آب در غلظت یک درصد به‌ترتیب موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۵/۲۲، ۱۱/۳٤، ۷/۱۸ و ۷/٦۷ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. به‌نظر می‌رسد کاربرد دود- آب از طریق بهبود کارایی نیتروژن و جبران افت عملکرد ناشی از کاهش مصرف آن منجر به بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد دانه گندم شد.

کلیدواژه‌ها: بوتنولید، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی، سرعت رشد، سطح برگ، ماده خشک.

* نویسنده مسئول
Email: f.mondani@razi.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

اخیراً پتانسیل محرک دود مشتق‌شده از گیاهان در تحریک جوانه‌زنی بذر، افزایش رشد و افزایش عملکرد بخش‌های اقتصادی گیاهان در مطالعات مختلفی گزارش شده است (Ghebrehiwot *et al*., 2013; Kulkarni *et al*., 2008). دود موجب افزایش جوانه‌زنی بذر، رشد و ویگور گیاهچه در طیف وسیعی از گیاهان زراعی و باغی شده است (Demir *et al*., 2012; Kulkarni *et al*., 2007). بوتنولیدها[1] به‌عنوان جز فعال و تحریک‌کننده جوانه‌زنی در دود شناسایی شده‌اند (Flematti *et al*., 2004; VanStaden *et al*., 2004). ترکیبات زیستی فعال دود در آب محلول بوده و در غلظت‌های خیلی پایین پاسخ‌های فیزیولوژیک قابل توجهی را در گیاهان ایجاد می‌کنند، لذا می‌تواند هم به‌صورت آئروسل (Igbal *et al*., 2016) و هم در شکل عصاره آبی تحت عنوان دود آب، با طراحی دستگاهی بر مبنای پژوهش‌های پیشین در این زمینه (VanStaden *et al*., 2004) مورد استفاده قرار گیرد.

در گندم اولین بار فعالیت زیستی یک ترکیب بوتنولیدی به نام 5-alkoxy-3-methyl-2(5H)-furanones در کلئوپتیل مورد مطالعه قرار گرفت و پاسخ‌های تنظیم‌کنندگی رشدی وابسته به غلظت مشاهده شد (Pepperman & Cutler, 1991). در مطالعه‌ای دیگر تیمار بذرهای گندم با دود آئروسل به‌مدت یک ساعت موجب افزایش درصد و شاخص جوانه‌زنی، شاخص ویگور گیاهچه، طول ریشه و شاخساره شده است (Igbal *et al*., 2016). استفاده از دود آب موجب افزایش ارتفاع گیاه، ضخامت ساقه، تجمع زیست‌توده و عملکرد دانه در گیاه *Eragrosti stef* (Zucc.) Trotter شده است (Ghebrehiwot *et al*., 2013). همچنین، تمامی روش‌های استعمال دود آب در ذرت، بامیه و گوجه‌فرنگی موجب افزایش معنی‌دار تعداد برگ‌ها، ضخامت ساقه، ارتفاع گیاه و زیست‌توده این گیاهان نسبت به شاهد شده است (Kulkarni *et al*., 2008; Kulkarni *et al*., 2007). در مطالعه‌ای مشاهده شد که غلظت‌های مختلف دود- آب علاوه بر افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و تمامی پارامترهای رشدی، موجب افزایش معنی‌داری در درصد تجمع نیتروژن موجود در ریشه‌ها و شاخسار گیاهچه‌های پاپایا (*Carica papaya* cv. TainungNo. 2) می‌شود (Chumpookam *et al*., 2012 (A)). آنالیز کیفی دود- آب حاصل از سوختن گیاهان نشان داده است که این عصاره علاوه بر اجزای متنوعی از جمله ترکیبات فنولیک، قندهای محلول، الکل‌ها، لاکتون‌ها، آلدهیدها، کتون‌ها و آلکالوئیدها، محتوی مقادیری از عناصر غذایی از جمله نیتروژن می‌باشد که می‌تواند به‌عنوان یک محلول غذایی افزایش سطح برگ، رشد و تولید میوه و دانه گیاهان را تحریک کند (Chumpookam *et al*., 2012 (B)). در مطالعات مختلفی مواد بیواکتیو موجود در دود به‌عنوان خانواده جدید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی معرفی شده‌اند و مشاهده شده است که این ترکیبات می‌توانند با سایر تنظیم‌کننده‌های رشد درونی گیاه نیز برهمکنش داشته باشند (Chiwocha *et al*., 2009).

گندم یکی از مهمترین غلات جهان و غذای اصلی حدود یک سوم جمعیت جهان است (Acreche & Slafer, 2006). در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در ایران مساحتی حدود ۵۹۲۸۷۲۸ هکتار با تولید ۱٤۵۹۲۰۰۳ تن زیر کشت گندم بوده است (Economic Agriculture Aspects Iran Statistics (2015-2016)). افزایش عملکرد دانه گندم و حفظ کیفیت پروتئین دانه آن همیشه یکی از اولویت‌های پژوهشی محققان بوده است که تحت تأثیر محیط، ژنوتیپ و برهمکنش بین این دو می‌باشد (Tilman

1. Butanolide

Archive of SID
www.SID.ir

et al., 2002). به‌طورکلی سه منبع اصلی در طول دوره پر شدن دانه گندم برای تجمع مواد معدنی در دانه ذکر شده است که از جمله آن می‌توان به فتوسنتز جاری اندام‌های سبز، انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده در اندام‌های رویشی قبل از مرحله گرده‌افشانی و انتقال مجدد بخش ناچیزی از مواد معدنی ذخیره‌شده پس از گرده‌افشانی اشاره کرد (Bonnett & Incoll, 1992). ازآنجاکه فتوسنتز جاری عمده‌ترین منبع پر شدن دانه‌ها می‌باشد، لذا هر عامل محیطی که موجب شود سطوح فتوسنتزکننده گیاه پس از گلدهی بقا و سبزمانی بیشتری داشته باشند می‌تواند به افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد گندم کمک کند. تأمین عناصر غذایی یکی از مهمترین راهکارها جهت افزایش شاخص‌های رشد می‌باشد. مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مقدار مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر می‌باشد (Girardin *et al*., 1987). نیتروژن مهمترین عنصر غذایی است که برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی ضروری می‌باشد. استفاده کارآمد از کود اوره یک استراتژی کلیدی جهت پیشرفت سیستم‌های کشاورزی پایدار است که می‌تواند موجب افزایش عملکرد و کاهش هزینه تولید و آلودگی‌های زیست‌محیطی گردد (Zhang *et al*., 2009). مقدار و زمان مصرف کود اوره ابزارهای مهمی جهت مدیریت تولید محصول در هکتار، کاهش هزینه نهاده‌ها، کاهش تجمع نیترات در زمین و آب‌های سطحی می‌باشد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که تقسیط کود اوره و کاربرد بخشی از آن در مراحل بعدی رشد موجب افزایش عملکرد و کارایی مصرف مواد غذایی برای گیاه می‌شود (Kumari *et al*., 2000).

تجزیه و تحلیل کمی رشد، روشی برای شناخت حرکت مواد فتوسنتزی در گیاه از طریق اندازه‌گیری تولید ماده خشک در طول فصل رشد است و امکان توضیح و واکنش گیاه را نسبت به مصرف کود اوره و دود- آب فراهم می‌کند. اثر کود اوره و تقسیط آن در پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. همه پارامترهای مربوط به رشد محصول و عملکرد دانه با افزایش در میزان اوره افزایش می‌یابند (Shekoofa & Emam, 2008). لیکن تاکنون مطالعه‌ای روی اثر دود- آب بر شاخص‌های رشد گیاهان بالغ تحت سطوح مختلف کود اوره در شرایط مزرعه‌ای انجام نگرفته است. با توجه به این که دود آب از یک‌سو ترکیبی غنی از عناصر غذایی از جمله نیتروژن و از سویی دیگر حاوی مواد شبه فیتوهورمونی و محرک رشد می‌باشد، لذا انتظار می‌رود که با تأمین بخشی از نیاز گیاه و افزایش کارایی مصرف نیتروژن، موجب افزایش عملکرد دانه و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی شود (Chumpookam *et al*., 2012 (B)). بنابراین، هدف از این پژوهش مطالعه اثر کود اوره در سطوح توصیه‌شده و غلظت‌های مختلف دود آب بر برخی از شاخص‌های رشدی و عملکرد دانه گیاه گندم تحت شرایط مزرعه‌ای بود.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (طول جغرافیایی ٤٧ درجه و ٩ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ٣٤ درجه و ٢١ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ١٣١٩ متر) در سال زراعی ١٣٩٥- ١٣٩٤ اجرا شد. متوسط بارندگی بلندمدت سالانه ٤٣٧ میلی‌متر و میانگین دمای بلندمدت سالانه منطقه ١٥/٣ درجه سانتی‌گراد است. آب‌وهوای منطقه بر طبق روش تقسیم‌بندی اقلیمی آمبرژه نیمه‌خشک سرد است. زمین محل آزمایش دارای خاکی با بافت لومی‌رسی بود که برخی از مشخصات فیزیکوشیمیایی آن در جدول ١ آورده شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه‌برداری (cm)	pH	نیتروژن کل (٪)	فسفر در دسترس (ppm)	پتاسیم (ppm)	املاح محلول (dS/m)	رس (٪)	ماسه (٪)	سیلت (٪)	ماده آلی (٪)	بافت
۳۰-۰	۷/۳۱	۰/۱۵	۲۰/٦	۲۸۲	۰/٦٦	٤٥/٤	۱۰/۷	٤۳/۹	۱/۲۷	سیلتی- رسی

آماده‌سازی مزرعه شامل شخم نیمه‌عمیق و سپس دیسک‌زنی و هموارسازی زمین بود که در ابتدای پاییز انجام گرفت. در این تحقیق مقدار کودهای مصرفی با توجه به نتایج آزمون خاک انجام گرفته، میزان کربن آلی و فسفر قابل جذب خاک به میزان ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در نظر گرفته شد. تمامی کود فسفره و پتاسه زمان کشت به خاک محل آزمایش اضافه شد. همچنین، یک سوم از کود اوره در مرحله ۲ تا ٤ برگی گیاه و مابقی آن در ابتدای مراحل ساقه رفتن و تورم غلاف[1] مصرف شد.

بذر گندم مورد استفاده رقم پیشتاز بود که با دست روی ردیف‌هایی به طول ۳ متر و فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متر و در عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متری خاک کشت گردید. تراکم نهایی مزرعه ٤۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. همچنین، در تمام طول دوره رشد گیاه مزرعه پایش گردید تا در صورت نیاز کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های احتمالی انجام گردد. آبیاری مزرعه نیز بر اساس نیاز و به روش کرتی صورت گرفت.

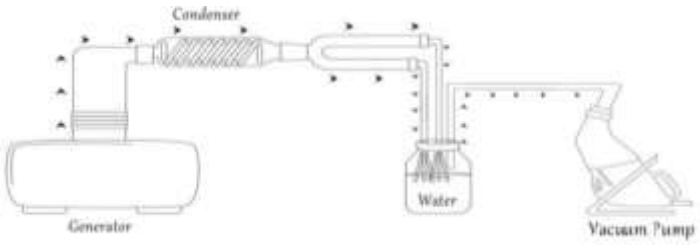
آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف کاربرد کود اوره (۳۰، ٦۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی گندم که به‌ترتیب معادل ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳٦۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود) به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی گیاه با عصاره دود- آب (در پنج سطح شامل شاهد و غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. همچنین، جهت یکسان‌سازی شرایط محلول پاشی کرت‌های شاهد با آب مقطر آب‌پاشی شد. در هر ۲۵۰ میلی‌لیتر از محلول مورد استفاده که شامل آب مقطر واحدهای آزمایشی کنترل نیز می‌شد از یک قطره توئین ۲۰[2] به‌عنوان سورفاکتانت[3] استفاده شد. در این آزمایش برای تهیه دود- آب دستگاهی بر مبنای مطالعات پیشین (VanStaden *et al.*, 2004) به‌صورت تغییر یافته طراحی شد (شکل ۱) و با استفاده از آن دود ناشی از سوختن حدود ۵ کیلوگرم از بقایای گیاهان مختلف شامل شاخ و برگ انجیر، کاه و کلش گندم و شقایق وحشی ابتدا از مخزنی حاوی یک لیتر آب مقطر تا زمان سوختن کامل ماده گیاهی عبور داده شد. به‌طوری‌که دود در آب مقطر به‌صورت یک محلول زرد رنگ در آمد. این محلول به‌دست‌آمده پس از عبور از کاغذ صافی به‌عنوان محلول پایه در نظر گرفته شد و سپس بر اساس بررسی پژوهش‌های پیشین (Demir *et al.*, 2012) با استفاده از آب مقطر در غلظت‌های مورد نظر رقیق شد و جهت اعمال تیمارها به‌کار برده شد.

محلول‌پاشی مزرعه نیز به‌صورت سه بار متوالی از قبل از گرده‌افشانی تا انتهای مرحله شیری دانه‌ها بااستفاده از سمپاش دستی انجام شد. در هر مرحله نیز محلول‌پاشی در دو روز متوالی جهت اطمینان از جذب دود- آب انجام گرفت.

1. Booting

2. Tween 20 (Polysorbate 20)
3. Surfactant

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱. دیاگرام دستگاه تهیه دود- آب

اندازه‌گیری‌ها شامل نمونه‌برداری تخریبی بود که از مرحله نموی ساقه رفتن تا رسیدگی فیزیولوژیک (بروز علائمی چون زردی عمومی کانوپی و رسیدن دانه‌ها به مرحله خمیری سخت) به‌صورت تصادفی و با رعایت اصول حاشیه جهت ثبت سطح برگ و وزن خشک، توسط کوادراتی به مساحت ۱۵۰۰ سانتی‌مترمربع صورت گرفت. به این‌صورت که پس از برداشت، ابتدا نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد و سپس به تفکیک اندام‌های گیاهی شامل برگ، ساقه و اندام‌های ذخیره‌ای اقدام گردید. به‌منظور اندازه‌گیری سطح برگ ابتدا از نرم‌افزار GSA image analyser استفاده شد. سپس از نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال‌شده توسط گیاه، شاخص سطح برگ[1] (LAI) محاسبه شد. برای تعیین وزن خشک کل نیز ابتدا نمونه‌ها به‌مدت زمان کافی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون قرار داده شدند و سپس توسط ترازو توزین گردیدند. به‌منظور محاسبه روند تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت از معادله لوجستیک پیک استفاده شد (Ghadiryan *et al.*, 2012).

$$LAI = e^{(a+bt+ct^2)} \qquad (۱)$$

در این رابطه t فاصله زمانی بین مراحل نمونه‌برداری، a، b، c و d ضرایب معادله هستند.

برای تخمین مقادیر ماده خشک کل روزانه[2] (TDW) بر حسب گرم در مترمربع از برازش معادله زیر استفاده شد (Nassiri-Mahallati *et al.*, 2015):

$$TDM = e^{(a+bt+ct^2+dt^3)} \qquad (۲)$$

در اینجا، a: حداکثر ماده خشک کل، b: زمانی که منحنی وزن خشک کل وارد مرحله خطی رشد خود می‌شود، c، سرعت رشد نسبی[3] (RGR) و x، زمان بر حسب روز پس از کاشت است. سرعت رشد محصول[4] (CGR) (گرم بر مترمربع در روز) از طریق محاسبه مشتق اول معادله وزن خشک کل و سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز) از طریق محاسبه مشتق دوم معادله وزن خشک کل به‌دست آمد. از بخش شاخص سطح برگ بر ماده خشک کل نسبت سطح برگ[5] (LAR) (مترمربع بر گرم) محاسبه شد.

برای ثبت عملکرد نهایی گندم در زمان رسیدگی فیزیولوژیک نیز یک مترمربع از هر کرت برداشت شد. پس از خشک شدن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون به‌مدت زمان کافی دانه‌ها از کلش جدا گردید و سپس عملکرد وزن خشک کل، عملکرد دانه و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/٤) انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون LSD در سطح پنج درصد صورت گرفت. برای برازش معادلات و رسم نمودارها به‌ترتیب از نرم‌افزارهای SlideWrite و اکسل استفاده شد.

1. Leaf Area Index
2. Total Dry Weight
3. Ratio Growth Rate
4. Crop Growth Rate
5. Leaf Area Ratio

Archive of SID
www.SID.ir

۳. نتایج و بحث

۱.۳. شاخص سطح برگ (LAI)

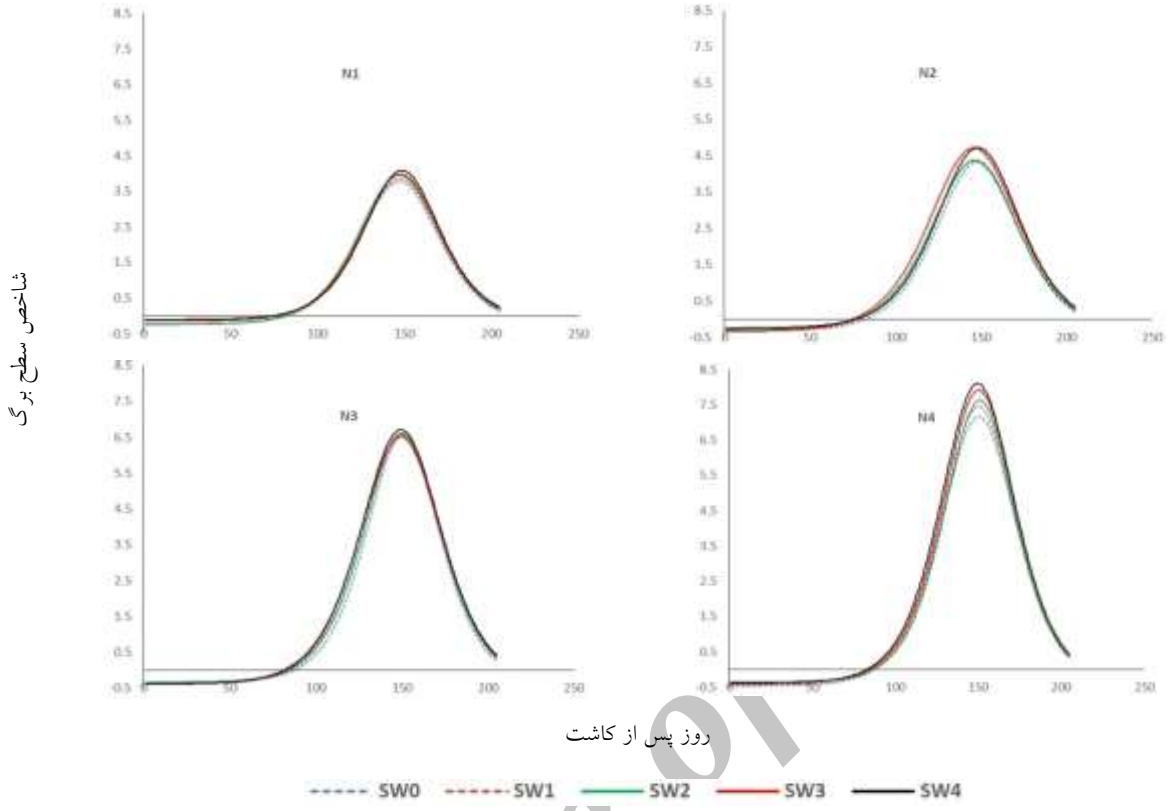
روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف کود اوره و محلول‌پاشی دود آب در طول دوره رشد مشابه بود به‌طوری‌که با گذشت زمان مقدار آن افزایش یافت و در مرحله سنبله‌دهی به حداکثر مقدار خود رسید و در نهایت پس از آن به‌دلیل پیری و ریزش برگ‌های گندم روند نزولی داشت (شکل ۲). افزایش سطح کود اوره و غلظت دود آب سبب افزایش شاخص سطح برگ گندم گردید به‌طوری‌که بالاترین شاخص سطح برگ (۸/۱) در ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و محلول‌پاشی با غلظت یک درصد دود آب و کمترین (۳/۷) آن در ۹۰ کیلوگرم در هکتار و محلول‌پاشی با آب در زمان (۱۵۰ روز پس از کشت) سنبله‌دهی بود. در مرحله انتهایی رسیدگی در سطوح کود اوره ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار، دود آب در غلظت یک درصد به‌ترتیب موجب افزایش شاخص سطح برگ گیاهان به میزان ۸/۳۹، ۹/۹٦، ۳/٤۷ و ۸/۱۸ درصد نسبت به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) شد.

در گیاهان رشد محدود با شروع مرحله زایشی، مرحله رویشی از جمله گسترش سطح برگ کاهش می‌یابد و نقطه اوج شاخص سطح برگ با شروع مرحله زایشی روند نزولی به خود می‌گیرد. کاهش شاخص سطح برگ در مراحل انتهایی به‌دلیل افزایش ریزش برگ‌ها در اثر پیری می‌باشد. در دوره رشد رویشی تا مرحله گرده‌افشانی بیشترین غلظت ترکیبات نیتروژن‌دار به برگ‌ها تخصیص می‌یابند. در این مرحله گیاه گندم در فعال‌ترین وضعیت از نظر فتوسنتز قرار دارد (Lawlar *et al.*, 1989) و مواد فتوسنتزی تولیدشده در این مرحله بیش از احتیاج گیاه است، لذا بخشی از آن به برگ‌ها و ساقه‌ها منتقل می‌شود و به‌صورت ترکیبات نیتروژن‌دار ذخیره می‌شود. به‌نظر می‌رسد مصرف کود اوره و دود آب با افزایش شاخص سطح برگ و فتوسنتز بیشتر موجب افزایش ذخیره گیاه و تأمین گیاه در مراحل بعدی شد. به‌طوری‌که مشاهده می‌شود سطح برگ واحدهای آزمایشی که کود اوره و دود آب دریافت کرده‌اند در مرحله پس از گرده‌افشانی با شیب کمتری افت کرده است (شکل ۲). علاوه بر این، مشاهده می‌شود که در واحدهایی که کود اوره کمتری مصرف شده است، دود آب تا حدی مقادیر کمتر کود اوره را جبران نموده و سبزمانی گیاه نسبت به شاهد دوام بیشتری داشته است (شکل ۲).

۲.۳. سرعت رشد محصول (CGR)

نتایج این بررسی نشان داد که در مراحل اولیه رشد به دلیل کمتر بودن تعداد سلول‌های مریستمی، کمتر بودن سطح برگ برای دریافت نور، انجام فتوسنتز و تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه سرعت رشد محصول کم بود، ولی با خروج گیاه از مرحله زمستان‌گذرانی و افزایش سطح برگ و در نتیجه بهره‌وری بیشتر از تشعشع فتوسنتزی، میزان تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش و به تبع آن سرعت رشد گیاه نیز روند افزایشی یافت (شکل ۳). سرعت رشد محصول تا انتهای دوره گلدهی گندم روند افزایشی داشت و در مرحله شروع دانه‌بندی گندم به حداکثر مقدار خود رسید، زیرا در این زمان مقدار شاخص سطح برگ نیز در حداکثر میزان خود بود (شکل۲)، ولی پس از آن در طول مرحله پر شدن دانه روند کاهشی نشان داد که می‌تواند به دلیل توقف رشد رویشی و پیر شدن برگ‌ها باشد (شکل ۳). بیشترین سرعت رشد محصول (۳۸/٦ گرم بر متر مربع در روز) مربوط به تیمار ۳٦۰ کیلوگرم کود اوره و دود آب با غلظت یک درصد در روز ۱٤۷ بود، در حالی‌که کمترین آن مربوط به تیمار ۹۰ کیلوگرم کود اوره و محلول‌پاشی با آب (۱۹ گرم بر متر مربع در روز) بود (شکل ۳).

Archive of SID
www.SID.ir



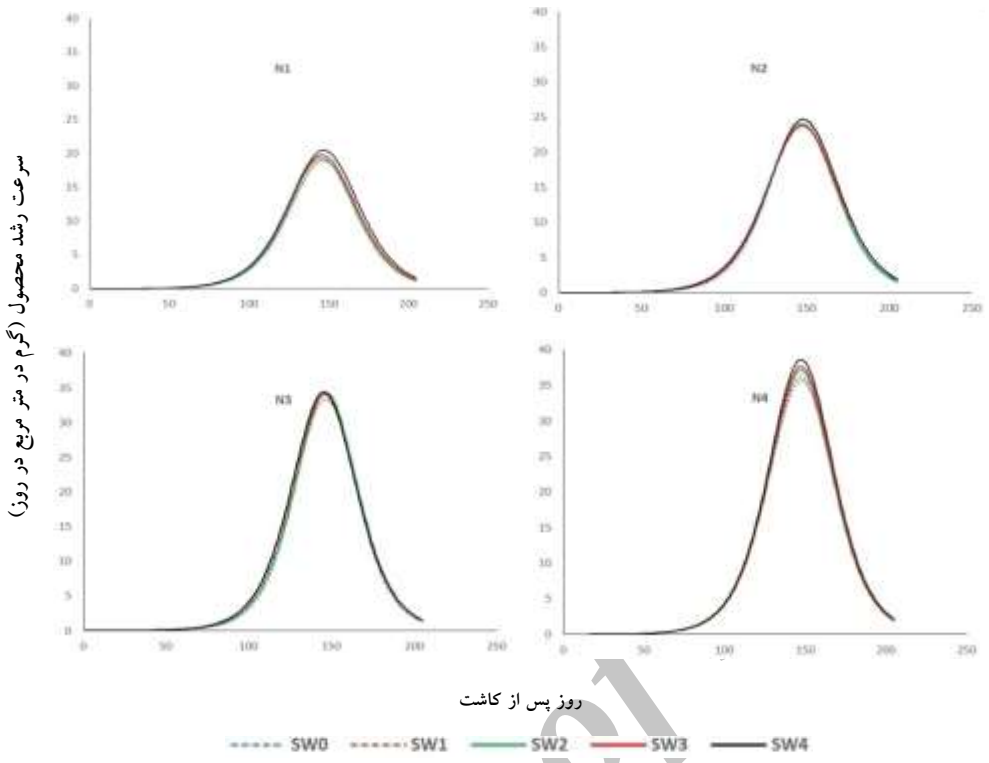
شکل ۲. اثر کاربرد کود اوره و دود- آب بر شاخص سطح برگ گندم. N0، N1، N2، N3 و N4 به‌ترتیب نشان‌دهنده ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و SW0، SW1، SW2، SW3 و SW4 به‌ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد است.

۳.۳. سرعت رشد نسبی (RGR)

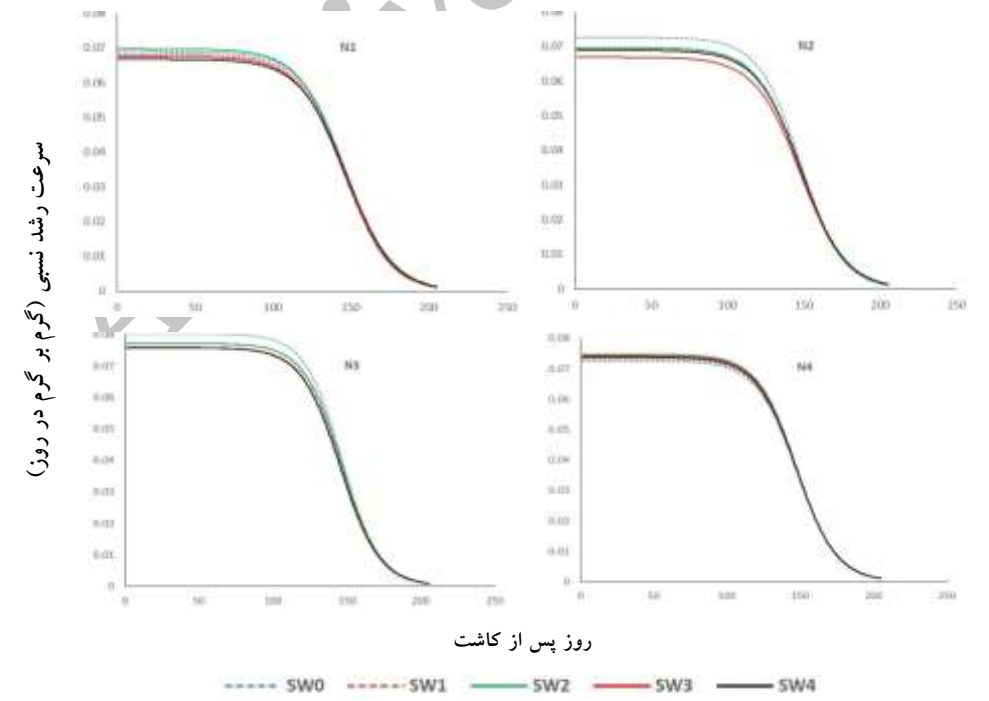
حداکثر سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد به‌دست آمد و پس از آن روند کاهشی نشان داد (شکل ٤). از آنجاکه سرعت رشد نسبی تابعی از سطح فتوسنتزکننده و تنفس‌کننده گیاه است با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد، وزن خشک افزایش یافته نسبت به وزن اولیه کمتر می‌شود و همچنین میزان تنفس نیز افزایش می‌یابد که منجر به کاهش روند تغییرات سرعت رشد نسبی می‌گردد. حداقل سرعت رشد نسبی نیز در انتهای فصل رشد به‌دلیل توقف کامل رشد گیاه حاصل می‌گردد (Karimi & Siddiqe, 1991; Tesar, 1984). اگرچه روند تغییرات سرعت رشد نسبی در تمامی سطوح کود اوره و دود- آب مشابه بود اما مشاهده می‌شود که با افزایش سطح کود اوره و همچنین افزایش غلظت دود- آب کاهش سرعت رشد نسبی نسبت به سایر واحدهای آزمایشی کندتر صورت گرفت (شکل ٤).

با توجه به اینکه در طول زمان بر میزان بافت‌های ساختاری گیاه که جز بافت‌های فعال متابولیکی محسوب نمی‌شوند و سهمی در رشد ندارند افزوده می‌شود در نتیجه سرعت رشد نسبی با گذشت زمان کاهش می‌یابد (Karimi & Siddiqe, 1991). احتمالاً مصرف کود اوره که تمایز سلولی را به تعویق می‌اندازد و مریستم‌ها و تقسیمات سلولی به‌صورت رویشی باقی می‌مانند موجب می‌شود که همچنان بافت‌ها فعال باقی بمانند. علاوه بر این دود- آب به‌خاطر اثر شبه سایتوکینینی خود موجب تأخیر در تمایز و پیری مریستم‌ها شده و بافت را از نظر متابولیکی فعال نگه می‌دارد (Aremu *et al*., 2016; Taiz & Zeiger, 2010).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳. اثر کاربرد کود اوره و دود–آب بر سرعت رشد محصول گندم. N0، N1، N2، N3 و N4 به‌ترتیب نشان‌دهنده ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و SW0، SW1، SW2، SW3 و SW4 به‌ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد است.

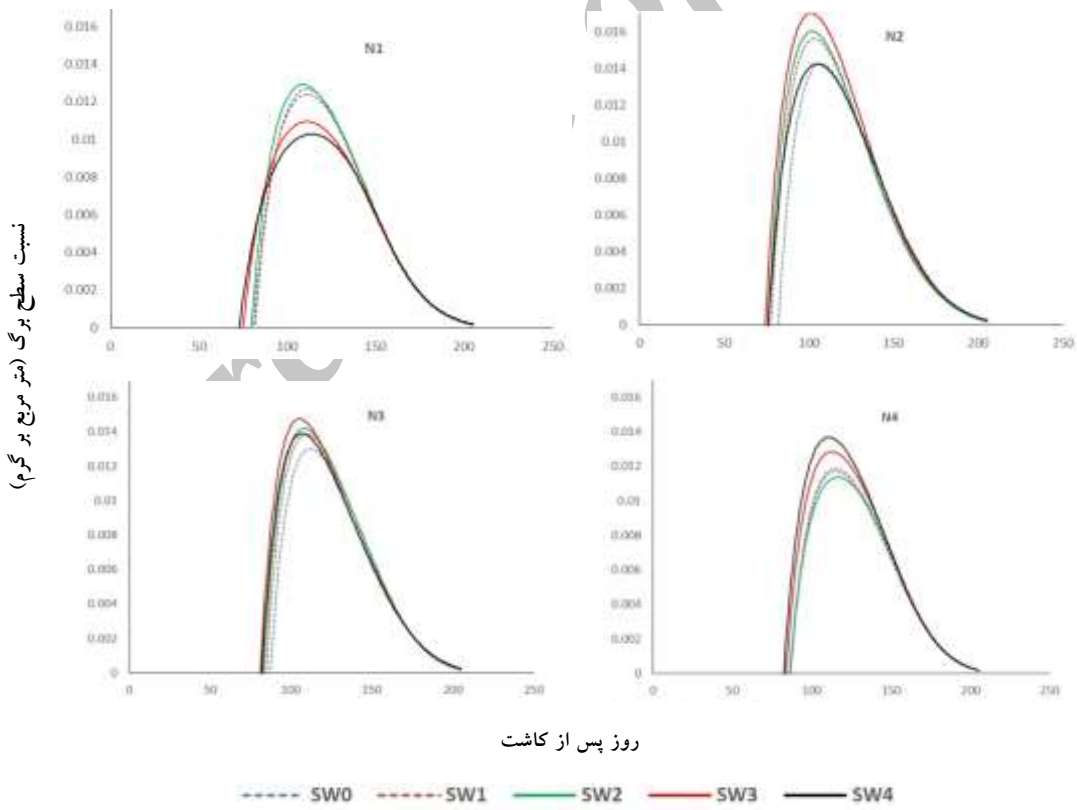


شکل ٤. اثر کاربرد کود اوره و دود–آب بر سرعت رشد نسبی گندم. N0، N1، N2، N3 و N4 به‌ترتیب نشان‌دهنده ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و SW0، SW1، SW2، SW3 و SW4 به‌ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد است.

www.SID.ir

٤.٣. نسبت سطح برگ (LAR)

روند تغییرات نسبت سطح برگ گندم که از نسبت شاخص سطح برگ به زیست‌توده حاصل می‌شود (Karimi & Azizi, 1998) نشان داد که با افزایش سطح کود اوره و دود آب میزان این شاخص نیز افزایش یافت (شکل ٥). ازآنجاکه نسبت سطح برگ از روند تجمع زیست‌توده و شاخص سطح برگ پیروی می‌کند، این شاخص تا قبل از گلدهی به دلیل افزایش شاخص سطح برگ افزایش، ولی پس از آن به‌دلیل افزایش وزن خشک کل، پیری و کاهش شاخص سطح برگ گیاه کاهش یافت. در تمامی واحدهای آزمایشی در فاصله روزهای ١٠٠ تا ١١٧ روز پس از کشت، بوته‌های گندم دارای بیشترین نسبت سطح برگ بودند. مقدار این شاخص در واحدهای آزمایشی که کود اوره بیشتر و دود-آب غلیظ‌تری نسبت به سایر واحدهای آزمایشی دریافت کرده بود بیشتر بود، که این افزایش به‌نظر می‌رسد به‌واسطه تولید سطح برگ بیشتر و حفظ آن تا اواخر دوره رشد گیاه است. اما، ازآنجاکه کود اوره و دود-آب، مقدار تجمع ماده خشک کل را نیز افزایش داد در نتیجه نسبت سطح برگ دارای روند کاملاً مشخصی نبود و برآیند تغییرات آن از روند تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ برگرفته بود. نسبت سطح برگ در این مطالعه همبستگی بیشتری با سرعت رشد نسبی داشت. به‌عبارتی دیگر نسبت سطح برگ عامل تعیین‌کننده سرعت رشد نسبی می‌باشد (Poorter & Remkes, 1990). افزایش نسبت سطح برگ در اثر مصرف کود اوره با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Tarigholeslami *et al*., 2012).



شکل ٥. اثر کاربرد کود اوره و دود- آب بر نسبت سطح برگ گندم. N0، N1، N2، N3 و N4 به‌ترتیب نشان‌دهنده ٩٠، ١٨٠، ٣٠٠ و ٣٦٠ کیلوگرم اوره در هکتار و SW0، SW1، SW2، SW3 و SW4 به‌ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های ٠/٠٠١، ٠/٠١، ٠/١ و ١ درصد است.

www.SID.ir

۵.۳. ماده خشک کل (TDM)

روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در سطوح مختلف کود اوره و دود آب در طول دوره رشد مشابه و سیگموئیدی بود (شکل ٦). به‌طوری‌که در ابتدای رشد تجمع ماده خشک به‌صورت کند و بطئی و پس از ورود گیاه به مرحله زایشی به‌صورت خطی افزایش یافته و در نهایت با نزدیک شدن گیاه به مرحله بلوغ روند افزایشی تجمع ماده خشک کل کند و نسبتاً ثابت می‌شود. چنان‌که در شکل ٦ مشاهده می‌شود تا حدود ۱۰۰ روز پس از کشت، افزایش میزان اوره بر ماده خشک کل گندم تأثیر زیادی نداشت. ولی پس از این مرحله با افزایش مقدار کود اوره، میزان تجمع ماده خشک کل گندم افزایش می‌یابد. علاوه بر این، محلول‌پاشی گیاه با غلظت یک درصد دود آب موجب افزایش تجمع ماده خشک شد. به‌طوری‌که ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و دود آب یک درصد موجب تولید ۲۰٦۵ گرم ماده خشک در مترمربع شده است. کمترین میزان تجمع ماده خشک (۱۰۸٤ گرم در مترمربع) از مصرف ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و محلول‌پاشی با آب حاصل شد. در سطوح کود اوره ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار، دود آب در غلظت یک درصد به‌ترتیب موجب افزایش تجمع ماده خشک کل به میزان ۹/۱۳، ٤/٤٦، ۵/۲٤ و ۵/۱۳ درصد نسبت به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) شد. همان‌طورکه مشاهده می شود، در شرایط کمبود کود اوره، دود–آب به مقدار بیشتری توانسته است تجمع زیست‌توده را افزایش دهد.

افزایش کاربرد کود اوره با افزایش سطح برگ توانسته میزان تشعشع بیشتری را جذب کرده و در نتیجه تولید ماده خشک بالاتر را داشته باشد. درصد نیتروژن در گندم در طی رشد کاهش می‌یابد و علت آن رقیق شدن نیتروژن در مرحله پیش از شروع پر شدن دانه است. کاهش آن پس از این مرحله به‌دلیل انتقال مجدد نیتروژن ساقه و برگ به دانه‌های در حال رشد می‌باشد. بخشی از این نیتروژن انتقالی از تجزیه پروتئین‌ها و نیز تخریب کلروفیل حاصل می‌شود که در پی آن کاهش سبزی برگ اتفاق می‌افتد (Lemaire *et al.*, 1991). تقسیط کود اوره و اضافه کردن بخشی از آن در ابتدای ساقه رفتن و پیش از گلدهی موجب افزایش سبزمانی گیاه و فتوسنتز جاری می‌شود. علاوه بر آن افزایش زیست‌توده گیاهان مختلفی در اثر کاربرد دود آب در غلظت‌های مختلف توسط پژوهشگران متعددی گزارش شده است (Demir *et al.*, 2012). علاوه بر این احتمالاً نقش شبه فیتوهورمونی و نیز افزایش سطوح درونی هورمون‌های محرک رشد از جمله سایتوکینین که به دود آب نسبت داده شده است (Aremu *et al.*, 2016) موجب افزایش فتوسنتز، تثبیت کربن (Zhou *et al.*, 2013) و همچنین افزایش تقسیم سلولی (Aremu *et al.*, 2016) در گندم شده که متعاقباً افزایش تجمع ماده خشک نسبت به تیمار شاهد را به دنبال داشته است.

٦.۳. اجزای عملکرد

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای اوره و دود– آب قرار گرفتند. اثر متقابل این دو تنها تعداد دانه در سنبله را متأثر نمود (جدول ۲).

بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۳۸۷ عدد) مربوط به تیمار ۳٦۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و کمترین تعداد آن مربوط به تیمارهای ۹۰ و ۱۸۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود که تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۳۵۸ عدد) از محلول‌پاشی با غلظت یک درصد دود– آب به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با دود– آب یک دهم درصد نداشت (جدول ۳). بین واحدهای آزمایشی شاهد و غلظت‌های یک صدم و یک هزارم درصد دود– آب

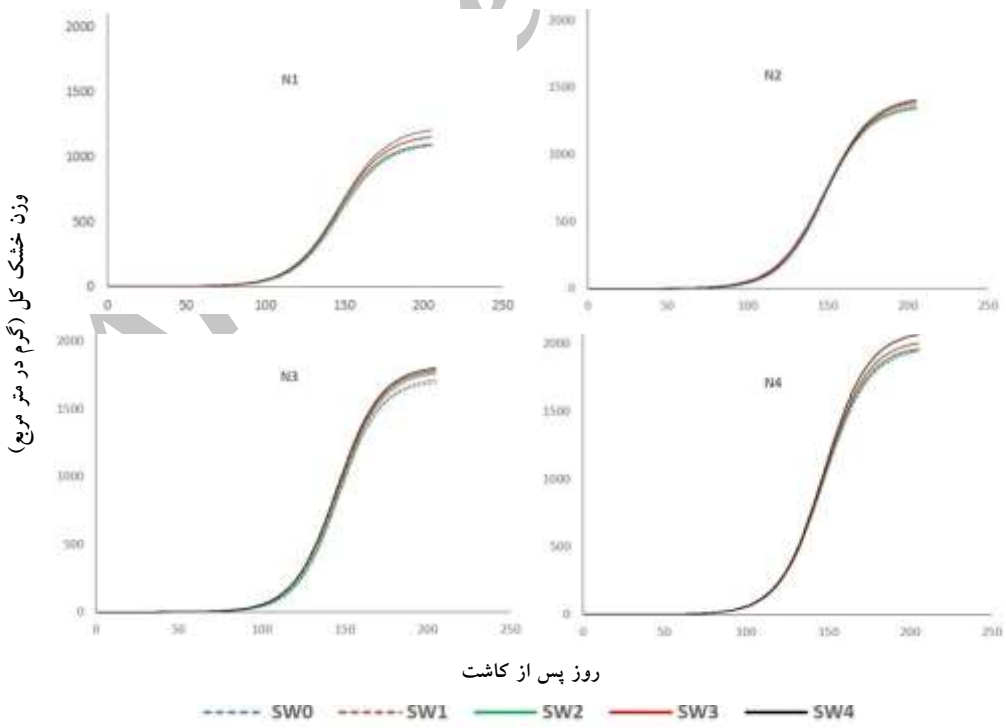
Archive of SID
www.SID.ir

نیز از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در تعداد سنبله در مترمربع ملاحظه نشد (جدول ۳).

در تمامی سطوح کود اوره، محلول پاشی غلظت‌های مختلف دود- آب موجب افزایش تعداد دانه در سنبله گردید. بیشترین تعداد دانه در سنبله از محلول‌پاشی واحدهای آزمایشی تیمارشده با ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل شد. این در حالی بود که با کاربرد دود- آب، تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۳۶۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار مشاهده نشد (شکل ۷). به بیانی دیگر مصرف دود- آب در سطح ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره موجب شد که تولید تعداد دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری بیش از مصرف ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و محلول‌پاشی با آب مقطر شود (شکل ۷).

وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری تحت تیمار ۳۶۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار افزایش یافت که از نظر آماری با تیمار ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. تیمار ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار کمترین وزن هزار دانه را (۳۹/۷۹ گرم) را موجب شد. بیشترین مقدار وزن هزار دانه (۳۹/۸۶ گرم) از محلول پاشی با دود- آب یک درصد و کمترین مقدار آن (۳۸/۳٤ گرم) نیز از واحدهای آزمایشی شاهد به‌دست آمد.

فراهمی نیتروژن به‌عنوان کلیدی‌ترین عنصر غذایی رشد و تمایز گیاه افزایش تعداد پنجه‌ها و در نهایت افزایش تعداد سنبله در مترمربع را به دنبال دارد. همچنین ظرفیت ذخیره سنبله (تعداد دانه در سنبله) را با افزایش تعداد گلچه‌های آغازش یافته و کاهش تعداد گلچه‌های از دست‌رفته پیش از گرده‌افشانی مشخص می‌کند (Li *et al*., 1999). علاوه بر این مشخص شده است که تنظیم‌کننده‌های رشد همانند اکسین‌ها، سایتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها نقش مهمی در فعالیت فیتوهورمونی در جهت گل‌انگیزی در گیاه ایفا می‌کنند (Kaur-sawhney *et al*., 2003).



شکل ٦. اثر کاربرد کود اوره و دود-آب بر وزن خشک کل گندم. N0، N1، N2، N3 و N4 به‌ترتیب نشان‌دهنده ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳٦۰ کیلوگرم اوره در هکتار و SW0، SW1، SW2، SW3 و SW4 به‌ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد است.

www.SID.ir

مطالعات متعددی تنظیم ناباروری سنبلچه‌ها را در اثر کاربرد خارجی فیتوهورمون‌ها گزارش نموده‌اند (Ghorbani Javid *et al.*, 2011). بنابراین، احتمالاً دود- آب با ایفای نقش شبه فیتوهورمونی موجب افزایش تعداد گلچه‌های بارور، جلوگیری از سقط آن‌ها و در نهایت افزایش تعداد دانه در سنبله شده است (Aremu *et al.*, 2016; Taiz & Zeiger, 2010). اجزای اصلی عملکرد گندم شامل تعداد دانه در واحد سطح و وزن هزار دانه است (Slafer *et al.*, 2009)، که معمولاً این دو جز همبستگی منفی با یکدیگر دارند (Acreche & Slafer, 2006). بررسی‌ها نشان داده است که این دو جز اصلی عملکرد گندم دارای حداقل همپوشانی در طول دوره رشد و تمایز محصول می‌باشند، بنابراین ارتباط منفی آن‌ها ممکن است به‌دلیل فرآیندهای اولیه رشد نباشد (Slafer, 2003). به‌طوری‌که مهم‌ترین دلیل آن وجود رقابت منفی بر سر مواد غذایی محدود در زمان پر شدن دانه‌ها (بعد از گرده‌افشانی) می‌باشد (Borras *et al.*, 2004). فراهمی نیتروژن، کاهش رقابت منفی و وجود دود- آب به‌عنوان یک شبه سایتوکینین، احتمالاً با افزایش تقسیمات میتوزی بافت آندوسپرمی دانه در مرحله تورم غلاف، موجب تشکیل مخزن قوی‌تری برای تجمع آسمیلات‌های فتوسنتزی و در مجموع افزایش وزن هزار دانه گردیده است (Aremu *et al.*, 2016; Taiz & Zeiger, 2010).

۷.۳. عملکرد دانه

تجزیه آماری داده‌های آزمایش نشان داد اثر کاربرد سطوح مختلف کود اوره و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف دود- آب به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه گندم را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). بیشترین مقدار عملکرد دانه در شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و محلول‌پاشی با غلظت یک درصد معادل ۹۲۲ گرم در مترمربع و کمترین آن معادل ۳۹۹ گرم در مترمربع در شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و محلول‌پاشی با آب به‌دست آمد (جدول ۳). در سطوح کود اوره ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار، دود آب در غلظت یک درصد به‌ترتیب موجب افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۱۵/۲۲، ۱۱/۳٤، ۷/۱۸ و ۷/٦۷ درصد نسبت به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) شد. در شرایط کمبود کود اوره عملکرد دانه نیز همانند تجمع زیست‌توده به مقدار بیشتری از دود- آب متأثر شده است (جدول ۳).

مطالعه روی شاخص‌های رشدی نشان داد که واحدهای آزمایشی که بیشترین مقدار کود اوره و بالاترین غلظت دود- آب را دریافت کرده بودند، در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ روز پس از کاشت که دوره بحرانی تورم غلاف و گرده‌افشانی[1] می‌باشد، بیشترین شاخص سطح برگ را تولید نمودند که متعاقباً موجب بیشترین فتوسنتز جاری، تجمع بیشتر زیست‌توده و سرعت بالاتر رشد محصول در این دوره گردید. علاوه بر این سرعت رشد نسبی این تیمارها با سرعت کمتری نسبت به سایر تیمارها افت پیدا کرد و سبزمانی برگ‌های آن‌ها نیز دوام بیشتری داشت. مجموع عوامل مذکور نهایتاً موجب افزایش عملکرد دانه گردید. در تیمارهایی که مصرف بهینه کود اوره داشتند و همزمان دود- آب غلیظ‌تری را دریافت نمودند، تعداد پنجه بارور بیشتری تولید کرده و کنوپی خود را زودتر تکمیل نمودند که موجب جذب بهینه تشعشع، تولید سطح برگ بیشتر و بهبود فتوسنتز شد (Gardner *et al.*, 2001). همچنین، در این واحدهای آزمایشی رقابت برای جذب آسمیلات‌های سنتزشده کمتر بود در نتیجه در مرحله تورم غلاف تعداد کمتری از آغازه‌های گلچه سقط می‌شوند و درصد گلچه‌های بارور افزایش می‌یابد

1. Anthesis

Archive of SID
www.SID.ir

(Borras *et al*., 2004). جدول ۳ نشان می‌دهد که در هر سطح از کاربرد کود اوره، محلول‌پاشی با دود- آب غلیظ‌تر موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به دود آب با غلظت کمتر و شاهد شد. اگرچه مطالعه‌ای روی تولید عملکرد دانه گندم تیمارشده با دود آب انجام نشده است لیکن پیش از این اثرات مثبت دود- آب روی جوانه‌زنی و بهبود پارامترهای رشد رویشی گندم و برنج چندین مطالعه گزارش شده است (Aslam *et al*., 2015; Jamil *et al*., 2014). در این مطالعه کاربرد دود- آب توانست اثر مثبتی روی رشد زایشی و عملکرد دانه گندم داشته باشد.

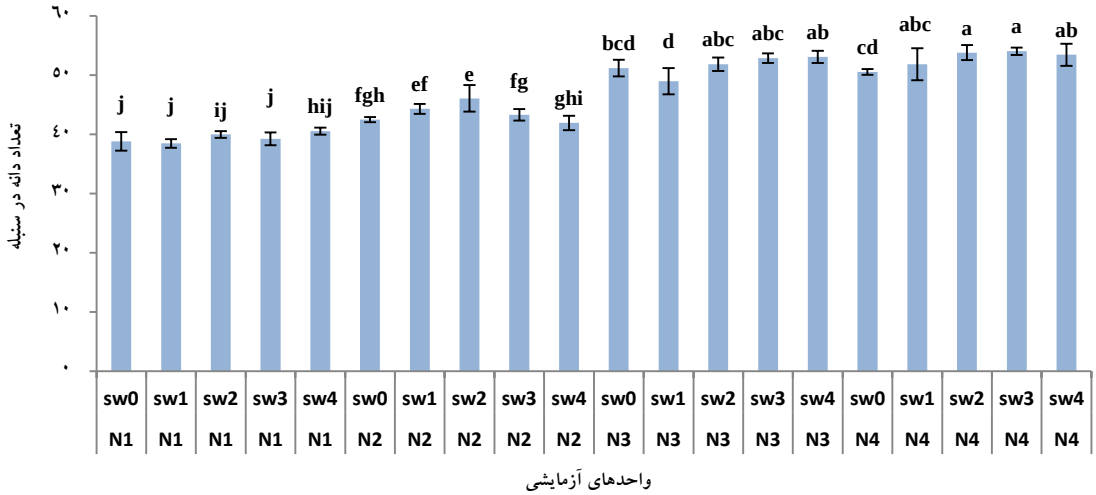
جدول ۲. تجزیه واریانس صفات اجزای عملکرد، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۲۶/۶	۰/۳۹	۰/۴۱۶	۲۴۱۲۲۹	۲۱/۷۲۹
کود اوره	۳	۱۳۵۳۲**	۶۱۵**	۳۴۸**	۶۵۸۴۹۷**	۱۸۲/۹۷**
خطای اصلی	۶	۳۹۵	۱/۸۵	۱/۱۴	۴۲/۶۲	۴۴۲۷۳۳۷
دود-آب	۴	۸۲۲*	۱۱/۰۲**	۴/۰۳*	۸۰۸۱**	۶/۴۸**
کود اوره× دود-آب	۱۲	۲۲۷^{ns}	۴/۷۲*	۰/۹۱۲^{ns}	۵۹/۵۶^{ns}	۰/۶۲^{ns}
خطای فرعی	۳۲	۲۱۶	۲/۱۲	۱/۴۴	۴۲/۶۲	۰/۴۴
کل	۵۹	–	–	–	–	–
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۲۵	۳/۱۱	۳/۰۷	۱۰/۰۶	۱۵/۸۷

جدول ۳. اثر کاربرد کود اوره و دود-آب بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم

تیمار	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (gr)	عملکرد دانه (grm^2)	شاخص برداشت (٪)
کود اوره (kgh^{-1})					
۹۰	۳۲۸/۴۰c	۳۹/۴۱c	۳۲/۷۹c	۴۲۴/۶d	۳۸/۵b
۱۸۰	۳۱۹/۷۳c	۴۳/۶۲b	۳۷/۸۲b	۵۲۶/۶c	۳۹/۳b
۳۰۰	۳۴۹/۰۶b	۵۱/۶۰a	۴۲/۶۴a	۷۶۷/۷b	۴۴/۹a
۳۶۰	۳۸۷/۲۰a	۵۲/۷۴a	۴۳/۰۷a	۸۷۷/۶a	۰/۴۵a
حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)	۱۷/۷۷	۱/۲۱۷	۰/۹۵۵	۱۷/۲۰۵	۱۷/۲۰۵
دود-آب (٪)					
۰	۳۴۵/۶۶b	۴۵/۷۶b	۳۸/۳۴c	۶۲۲/۹e	۴۱/۱c
۰/۰۰۱	۳۴۱/۳۳b	۴۵/۹۱b	۳۹/۳۹ab	۶۳۲/۴d	۴۱/۵cb
۰/۰۱	۳۳۶/۶۶b	۴۷/۹۳a	۳۸/۷۸bc	۶۴۲/۰c	۴۱/۸b
۰/۱	۳۴۸/۱۶ab	۴۷/۳۶a	۳۹/۰۳abc	۶۵۹/۴b	۴۲/۱b
۱	۳۵۸/۶۶a	۴۷/۲۶a	۳۹/۸۶a	۶۸۸/۹a	۴۳/۱a
حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)	۱۲/۲۳	۱/۲۱۰	۰/۹۹۸	۵/۴۲۹	۰/۵۵

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۷. اثر کاربرد کود اوره و دود–آب بر عملکرد دانه گندم. N0، N1، N2، N3 و N4 به‌ترتیب نشان‌دهنده ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و SW0، SW1، SW2، SW3 و SW4 به‌ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد دود–آب است.

۸.۳. شاخص برداشت

در این مطالعه شاخص برداشت گندم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد اوره و محلول پاشی با دود- آب قرار گرفت، ولی اثر متقابل این دو عامل بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت (٤٥ درصد) در شرایط کاربرد ۳٦۰ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با سطح ۳۰۰ کیلوگرم نداشت (جدول ۳). همچنین، کمترین مقدار شاخص برداشت (۳۸/۵ درصد) در شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با شرایط کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار نداشت (جدول ۳).

صفت شاخص برداشت چگونگی توزیع آسمیلات‌های فتوسنتزی را بین بخش رویشی و زایشی گیاه نشان می‌دهد. بنابراین، هر عاملی که این توزیع را متأثر نماید، بر شاخص برداشت نیز اثر خواهد داشت (Majidiian *et al.*, 2008). نقش فراهمی نیتروژن و نیز تیمار دود- آب بر شاخص برداشت در مطالعات متعددی گزارش شده است که متأثر از نقش این دو بر صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌باشد (Yaghoubian *et al.*, 2017; Kulkarni *et al.*, 2007).

٤. نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص سطح برگ مطلوب اثر مهمی بر عملکرد دانه گندم دارد. کود اوره و دود- آب موجب شدند تا شاخص سطح برگ در زمان کوتاه‌تری به سطح مطلوب برسد، تا گیاه بتواند پس از زمستان‌گذرانی و مساعد شدن شرایط محیط، حداکثر تشعشع را جذب نموده و با تجمع زیست‌توده بیشتر، سرعت رشد خود را افزایش دهد. علاوه بر این تقسیط کود اوره و محلول‌پاشی با دود- آب در شرایط بحرانی رشد، به گیاه کمک کرد تا دیرتر دچار کلروز عمومی انتهای فصل رشد شود و فعالیت فتوسنتزی گیاه در زمان پر شدن دانه‌ها، نسبت به تیمارهایی که کود اوره کمتری دریافت نموده بودند و با آب محلول‌پاشی شده بودند، بیشتر باشد. یکی از اصول مهم در کشاورزی پایدار استفاده بهینه و افزایش کارایی مصرف نهاده‌های شیمیایی از جمله کودهای شیمیایی در

Archive of SID
www.SID.ir

بوم نظام‌های کشاورزی است. مصرف کودهای نیتروژنه به میزان لازم و زمان معین برای حصول عملکرد گندم مهم است. در این مطالعه مشاهده شد که حتی در سطوح پایین مصرف کود اوره، دود آب در غلظت یک درصد موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید. همچنین، مشاهده شد که در شرایطی که کود اوره کمتری مصرف شده است، اثر دود- آب بر افزایش تجمع زیست‌توده و عملکرد دانه بیشتر بود و توانست مقداری از افت عملکرد ناشی از کمبود کود اوره را جبران کند.

منابع

1. Acreche, M. M. & Slafer, G. A. (2006) Grain weight response to increase in nuber of grains in wheat in editerranean area. *Field Crops Research*, 98, 52-59. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.12.005
2. Agriculture Economic aspects Iran Statistics (2015-2016) Volume one: crops. Ministry of Agriculture-Jahad. http://aar.maj.ir. (in Persian)
3. Aremu, O., Plackova, L., Novak, O., Strik, W. A., Dolezal, K. & VanStaden, J. (2016) Cytokinin profiles in ex vitro acclimatized Eucomisautumnalis plants pre-treated with smoke-derived karrikinolide. *Plant Cell Reports*, 35, 227-238. https://doi.org/10.1007/s00299-015-1881-y.
4. Aslam, M. M., Jamil, M., Khatoon, A., El-Hendawy, S. E., Al-Suhaibani, N. A., Shakir, S. K., Malook, I. & Rehman, S. (2015) Does weeds-derived smoke improve plant growth of wheat? *Journal of Bio-Molecular Sciences*, 3(2), 86-96.
5. Bonnett, G. D. & Incoll, L. D. (1992) Effect on the stem of winter barley of manipulating the source and sink during grain filling: Changes in accumulation and loss of mass from internodes. *Journal of Experimental Botany*, 44, 75-82. https://doi.org/10.1093/jxb/44.1.75
6. Borras, L., Slafer, G. A. & Otegui, M. E. (2004) Seed dry weight response to source-sink anipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*, 86, 131-146. https://doi.org/10.1016/j.fcr. 2003.08.002
7. Chiwocha, S. D. S., Dixon, K. W., Flematti, G. R., Ghisalberti, E. L., Merritt, D. J., Nelson, D. C., Riseborough, J. A. M., Smith, S. M. & Stevens, J. C. (2009) Karrikins: a new family of plant growth regulators in smoke. *Plant Science*, 177, 252-56. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.06.007
8. Chumpookam, J., Lin, H. L. & Shiesh, C. C. (2012a) Effect of Smoke-water on seed germination and seedling growth of papaya (*Carica papaya* cv. TainungNo. 2). *Hortscience*, 47(6), 741–744.
9. Chumpookam, J., Lin, H. L., Shiesh, C. C. & Ku, K. L. (2012b) Effect of smoke-water on seed germination and resistance to *Rhizoctonia solani* inciting Papaya damping-off. *Hoticulture NCHU*, 34(1), 13-29.
10. Demir, I., Ozuaydin, F., Yasar, J. & VanStaden, J. (2012) Effect of smoke-derived butenolide priming treatment on pepper and salvia seeds in relation to transplant quality and catalase activity. *South African Journal of Biotechnology*, 78, 83-87. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2011.05.009
11. Flematti, G.R., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W. & Trengove, R. D. (2004) A compound from smoke that promotes seed germination. *Science*, 305, 977. https://doi.org/10.1126/science.1099944
12. Gardner, M. J., Dalling, K. J., Light, M. E., Jager, A. K. & VanStaden, J. (2001) Does smoke substitute for red light in the germination of light-sensitive lettuce seeds by affecting gibberellin metabolism? *South African Journal of Botany*, 67, 636-640. https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)31194-7.
13. Ghadiryan, R., Soltani, A., Zeinali, E., Kalateh, A. & Bakhshandeh, E. (2012) Evaluating non-linear regression models for use in growth analysis of wheat. *Journal of Crop Production*, 4(3), 55-77. (in Persian)
14. Ghebrehiwot, H., Kulkarni, M., Bairu, M. & Vanstaden, J. (2013) Plant-drived aerosol-smoke and smoke solutions influence agronomic performance of a traditional cereal crop. Tef. *Experimental Agriculture*, 49(2), 244-255. https://doi.org/10.1017/S0014479712001068
15. Ghorbani Javid, M., Sorooshzadeh, A., Mohaad Modarres sanavy, S. A., Allahdadi, I. & Moradi, F. (2011) Effects of exogenous application of auxin and cytokinin on carbohydrate accumulation in grains of rice under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 65, 305-313. https://doi.org/10.1007/s10725-011-9602-1
16. Girardin, P., Tollenaar, M., Deltour, A. & Muldoon, J. (1987) Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): effcets on development, dry matter accumulation and grain yield. *Agronomie* (Paris), 7, 289-296. https://doi.org/10.1051/agro:19870408.

www.SID.ir
Archive of SID

17. Igbal, M., Asif, S., Ilyas, N., Raja, N. I., Hussain, M., Shabir, S., Ashraf Faz, M. N. & Rauf, A. (2016) Effect of Plant Derived Smoke on Germination and Post Germination Expression of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 7, 806-813. https://doi.org/10.4236/ajps.2016.76075
18. Jamil, M., Kanwal, M., Aslam, M. M., Kahn, S. U., Malook, I., Tu, J. & Rehman, S. U. (2014) Effect of plant-derived smoke priming on physiological and biochemical characteristics of rice under salt stress condition. *Australian Journal of Crop Science*, 8(2), 159-170.
19. Karimi, M. & Azizi, M. (1998) *Basic Growth Analysis: plant growth analysis for beginners*. Jahad daneshgahi Mashhad press, Mashhad, 111 pp.
20. Karimi, M. M. and Siddiqe, M. (1991) Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. *Australian journal of Agriculture Research*, 42, 13-20. https://doi.org/10.1071/Ar9910013
21. Kaur-sawhney, R., Tiburcio, A. F., Altabella, T. & Galston, A. W. (2003) Polyaines in plants: an overview. *Journal of Molecular Cell Biology*, 2, 1-12.
22. Kulkarni, M. G., Ascough, G. D. & VanStaden, J. (2007) Effects of foliar applications of smoke-water and a smoke-isolated butenolide on seedling growth of okra and tomato. *HortScience*, 42, 179-182.
23. Kulkarni, M. G., Ascough, G. D. & VanStaden, J. (2008) Smoke-water and a smoke-isolated butenolide improve growth and yield of tomatoes under greenhouse conditions. *HortTechnology*, 18, 449-454.
24. Kumari, K., Sharma, M., Sharma, R. K. & Balloli, S. S. (2000) Effect of late application of nitrogen on yield and protein content of wheat. *Annals of Agricultural Science*, 21(1), 288-291.
25. Lawlar, D. W., Kuntturi, M. & Young AT (1989) Photosynthesis by flag leaves of wheat in relation to protein, ribulose biphosphate carboxylase activity and nitrogen supply. *Journal of Experimental Botany*, 40, 43-52. https://doi.org/10.1093/jxb/40.1.43
26. Lemaire. G., Onillon, B., Gosse, G., Chartier, M. & Allirand, J. M. (1991) Nitrogen distribution within a Lucerne canopy during regrowth: relation with light distribution. *Annals of Botany*, 68, 483-488. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088286.
27. Li, C., Cao, W., Dai, T. & Wang, Z. (1999) Dynamic characteristics of floret priordia development in wheat. *Acta Agronoica Sinica*, 32, 98-100.
28. Majidiian, M., Ghalavand, A., Karimian, N. & Kamgar Haghighi, A. A. (2008) Effects of moisture stress, nitrogen fertilizer, Manure and integrated nitrogen and manure fertilizer on yield, yield components and water use efficiency of SC704 corn. *Journal Science Technology Agriculture Natural Resource*, 45, 417-432.
29. Nassiri-Mahallati, M., Koocheki, A., Mondani, F., Feizi, H. & Amirmoradi, S. (2015) Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. *Journal of Cleaner Production*, 106, 343-350.
30. Pepperman, A. B. & Cutler, H. G. (1991) Plant-Growth-Inhibiting Properties of Some 5-Alkoxy-3-methyl-2(5H)-furanones Related to Strigol. *ACS Symposium Series*, 443, 278-287. https://doi.org/10.1021/bk-1991-0443.ch023
31. Poorter, H. & Remkes, C. (1990) Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia*, 83, 553-559. https://doi.org/10.1007/BF00317209
32. Shekoofa, A. & Emam, Y. (2008) Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Shiraz). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 10, 101-108.
33. Slafer, G. A. (2003) Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologists perspective. *Annals of applied biology journal*, 142, 117-128. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2003.tb00237.x
34. Slafer, G. A., Kantolic, A. C., Miralles, D. J., Appendino, M. L. & Savin, R. (2009) In:"*crop physiology: Applications for Genetic improvement and agronomy*" (V.O Sadras and D. F. Calderini, Eds), Elsevier. The Netherlands. pp. 277-308.
35. Taiz, L. & Zeiger, E. (2010) *Plant Physiology*. 5th Edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland. 782 p.
36. Tarigholeslami, M., Zarghami, R., Mashhadi Bojar, M. & oveysi, M. (2012) Effect of Nitrogen fertilizer and Water Deficit Stress on Physiological indices of corn (*Zea mays* L.). *Agronomy and Plant Breeding*, 8(12), 1-14. (in Persian)
37. Tesar, M. B. (1984) *Physiological Basis of Crop Growth and Development*. Published American Society of Agronomy. USA. 404 pp.

Archive of SID
www.SID.ir

38. Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R. & Polasky, S. (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671-677. https://doi.org/10.1038/nature01014
39. VanStaden, J., Jager, A. K., Light, M. E. & Burger, B. V. (2004) Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke. *South African Journal of Botany*, 70(4), 654-659. https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30206-4
40. Yaghoubian, I., Ghasemi, S. & Yaghobian, Y. (2017) Effect of sowing date and urea fertilizer on some morphological traits, yield and yield components of wheat in Hashtroud, Iran climate condition. *Agroecology Journal*, 13(2), 53-64.
41. Zhang, Y. L., Fan, J. B., Wang, D. S. & Shen, Q. R. (2009) Genotypic differences in grain yield and physiological nitrogen use efficiency among rice cultivars. *Pedosphere*, 19, 681-691. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(09)60163-6
42. Zhou, J., Fang, L., Wang, X., Guo, L. & Huang, L. (2013) Effects of smoke-water on photosynthetic characteristics of Isatisindigotica seedlings. *Sustainable Agriculture Research*, 2(2), 24-28.

Archive of SID

www.SID.ir

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 3 ■ Autumn 2018

Evaluation of Some Growth Indices and Grain Yield in the Wheat in Response to Urea Fertilizer and Smoke-Water

Babak Gholami[1], Faride Noroozi Shahri[2], Farzad Mondani[3*], Saeed Jalali Honarmand[4], Mohsen Saeedi[4]

1. M.Sc. Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
2. Ph.D. Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
4. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.

Received: February 18, 2018 Accepted: September 29, 2018

Abstract

In order to evaluate the effect of smoke-water and urea fertilizer on some growth indices, grain yield, and yield components of wheat, the present study has carried out a field experiment as a split-plot, based on randomized complete block design with three replications. The experiment has been conducted in Razi University Research Station, Iran, during the cropping season of 2015-2016, and the experimental treatments include different levels of urea fertilizer application (90, 180, 300, and 360 kg ha^{-1}) as the main factors and leaf foliar application with different concentrations of smoke-water (0%, 0.001%, 0.01%, 0.1%, and 1% v/v) as the sub-factors. Results show that smoke-water significantly improves all studied traits, increasing wheat grain yield, compared with the control treatment in all urea fertilizer levels. The highest grain yield (922 $g.m^{-2}$) belongs to the application of 350 kg ha^{-1} urea and smoke-water at the concentration of 1% v/v, while the lowest one (339 $g.m^{-2}$) is related to the application of 90 kg ha^{-1} urea and foliar with distilled water. The grain yield has been improved by 15.22%, 11.36%, 7.18%, and 7.67% from the application of 90, 180, 300, and 360 kg ha^{-1} urea, respectively, in 1% concentration of smoke-water, compared to the control treatment. It seems that smoke-water application improves the growth indices and yields of wheat by both increasing nitrogen efficiency and reducing the yield loss.

Keywords: Butanolide, dry matter, growth rate, leaf area, plant growth regulators.

Corresponding author: f.mondani@razi.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir