بررسی اثر گوگرد بنتونیت‌دار و سطوح نیتروژن بر رشد ریشه و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)

فرزاد رستمی[۱] و محمد اقبال قبادی*[۲]

۱) گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲) دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
*نویسنده مسئول: eghbalghobadi@yahoo.com

این مقاله برگرفته از رساله کارشناسی ارشد می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸**

چکیده

مصرف میزان مناسب و توأم نیتروژن و گوگرد به‌دلیل افزایش حلالیت عناصر غذایی و جذب نیتروژن باعث افزایش عملکرد گندم می‌شوند. بر این اساس، آزمایش گلدانی به‌روش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح کود اوره ۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص با چهار سطح گوگرد بنتونیت‌دار ۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بر روی گندم رقم سیروان و آزمایش مزرعه‌ای با همان تیمارها در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌روش کرت‌های یکبار خرد شده با سه تکرار در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. در آزمایش گلدانی، اثرهای برهم‌کنش بین نیتروژن و گوگرد و هم‌چنین اثر گوگرد بر صفات مورد بررسی در ریشه معنی‌دار نشد. بر عکس، اثر نیتروژن بر اکثر صفات از جمله طول کل، وزن خشک، تراکم و سطح ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقدار این صفات در گلدان به‌ترتیب ۵۵۵۴ سانتی‌متر، ۶/۲۴ گرم، ۰/۴۴ سانتی‌متر بر سانتی‌متر مکعب خاک و ۱۶۷۶ سانتی‌متر مربع با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد. نتایج آزمایش مزرعه‌ای اثر برهم‌کنش بین تیمارها را بر صفات عملکرد، اجزای عملکرد و رنگیزه‌ها معنی‌دار نشان نداد، اما اثر ساده نیتروژن و گوگرد بر اکثر صفات عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار شد. مصرف نیتروژن مقادیر عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، تعداد دانه در متر مربع و تعداد سنبله افزایش داشت. با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به شاهد بترتیب ۳۰/۶، ۳۱/۹، ۱۹/۸ و ۲۰/۰ درصد افزایش داشتند، اما بین سطوح نیتروژن ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌دار نبود. با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عملکرد دانه به مقدار ۸/۸ درصد افزایش یافت. به‌طورکلی نتایج بیانگر این بود که عملکرد گندم رقم آبی سیروان با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد دارای بیشترین بازده زراعی و اقتصادی بود.

واژه‌های کلیدی: رنگیزه‌های فتوسنتزی، ریشه و کربوهیدرات محلول.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

مقدمه

گندم اولین و مهمترین گیاه زراعی تامین کننده نیازهای غذایی بشر است و بیشترین سطح زیر کشت و بالاترین میزان تولید را در بین گیاهان مختلف زراعی دنیا دارا می‌باشد. در ایران نیز گندم و نان حاصل از آن مهمترین منبع غذایی محسوب شده و قسمت عمده کالری و پروتئین مورد نیاز جمعیت کشور از این طریق به‌دست می‌آید، لذا یافتن روش‌های مناسب جهت افزایش بازده تولید و جلوگیری از عوامل مختل کننده رشد و عملکرد مناسب این محصول بسیار حیاتی می‌باشد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). یکی از راه‌های افزایش عملکرد، استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی در تامین مواد مورد نیاز گیاه جهت دستیابی به نقطه حداکثر رشد و تولید دانه و هم‌چنین اصلاح خاک از طریق مصرف کود و بهره‌وری از منابع آب می‌باشد. گوگرد به‌عنوان یک کود پرمصرف علاوه بر تأمین حدود ۰/۱۵ درصد وزن خشک زیست توده گیاه گندم باعث کاهش اسیدیته خاک شده و جذب عناصر غذایی میکرو را افزایش می‌دهد. هم‌چنین باعث جذب بیشتر آب توسط خاک می‌گردد (Taiz *et al*., 2015). این عنصر یکی از محصولات صنایع جانبی پتروشیمی در کشور و به‌عنوان یک ماده ارزان قیمت و فراوان در دسترس می‌باشد. گوگرد از لحاظ کیفی به اندازه نیتروژن در تشکیل پروتئین‌های سلولی اهمیت دارد. در بسیاری از خاک‌ها به‌دلیل بالا بودن اسیدیته قابلیت جذب و حلالیت سایر عناصر، کمتر از مقدار مورد نیاز گیاه است که روش متداول برای مقابله با این کمبودها، استفاده از گوگرد است (ملکوتی و همدانی، ۱۳۷۰). استفاده از اصلاح کننده‌های اسیدی از روش‌های رایج در خاک‌های با اسیدیته بالا برای افزایش حلالیت عناصر غذایی می‌باشد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۸). هم‌چنین مصرف گوگرد همراه با ریزجانداران اکسید کننده آن (به‌ویژه باکتری‌های تیوباسیلوس) در بسیاری از مناطق دنیا متداول می‌باشد (صیامی و بشارتی، ۱۳۹۱). معمولاً در خاک‌های آهکی، مصرف گوگرد باعث افزایش فرآیند تثبیت بیولوژیک نیتروژن در لگوم‌ها می‌شود (امانی و همکاران، ۱۳۸۷). گوگرد مهمترین نقش را در ساختمان اسیدهای آمینه ضروری سیستئین، سیتین و متیونین و سنتز پروتئین و سولفاماپیدها در غشای سلول بر عهده دارد (خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۰؛ Rahman *et al*., 2007). اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد در خاک، عمدتاً توسط باکتری-های تیوباسیلوس انجام می‌شود که جمعیت این باکتری‌ها در خاک‌های ایران به‌دلیل عدم استفاده از مایه تلقیح باکتری، کمبود گوگرد و کاهش شدید مواد آلی خاک بسیار ناچیز است (کریمی‌نیا و شهرستانی، ۱۳۸۲). بنابراین چنانچه گوگرد در سطح خاک پخش و همراه با مواد آلی بلافاصله به زیر خاک جاگذاری شود، عمل اکسیداسیون گوگرد در جوار رطوبت و باکتری‌های تیوباسیلوس سریعتر انجام خواهد گرفت (حامدی و جعفری، ۱۳۸۶). متأسفانه تحقیقات بسیار اندکی بر روی خواص گوگرد بنتونیت‌دار گرانوله بر روی محصولات کشاورزی که چند سالی است به‌صورت کود در بازار عرضه می‌شود، وجود دارد. بنتونیت نوعی رس ریزدانه است که حداقل ۸۵ درصد رس مونت موری لونیت دارد و از کانی‌های متورم شونده

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

است. بنتونیت موجود در گوگرد در خاک با جذب رطوبت، متورم و متلاشی شده و گوگرد را به ذرات ریزتر تبدیل می‌کند و در نتیجه اکسیداسیون گوگرد سریعتر انجام می‌شود، در این حالت، گوگرد در خاک و آب تثبیت و یا حل نمی‌شود (Riley *et al*., 2000). نتایج یک بررسی نشان داده است که در استفاده از گوگرد سولفاته به میزان ۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار، حدود ۱۳-۹ درصد گوگرد در اختیار گیاه گندم در همان سال قرار گرفته است (Lemanowicz *et al*., 2014). هم‌چنین نتایج آزمایشی نشان داده است که پاسخ مصرف گوگرد و نیتروژن بر روی ارقام گندم متفاوت بوده است، اما در کل با مصرف نیتروژن و گوگرد میزان آسپاراژین آزاد تولیدی کاهش داشته است. آسپاراژین بالا می‌تواند منجر به تولید آکریل آمید در حین پختن شود که برای سلامتی مضر می‌باشد (Wilson *et al*., 2020). مقدار آسپاراژین آزاد با مصرف نیتروژن و گوگرد در ۵۰ رقم انواع تیپ‌های گندم در شرایط کشت مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است در زمانی که نیتروژن با گوگرد مصرف شده است نسبت به شرایطی که نیتروژن به تنهایی مصرف شده است، مقدار آن بسیار کمتر بوده است. این پژوهشگران حداقل مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد را با نیتروژن به‌منظور کاهش میزان آسپاراژین آزاد توصیه کرده‌اند (Raffan *et al*., 2020). از طرفی اهمیت نیتروژن به‌صورت اوره نیز بر رشد و عملکرد اغلب محصولات و از جمله گندم بر کسی پوشیده نیست و توسط پژوهشگران متعددی گزارش شده است (Lu *et al*., 2015). هم‌چنین افزایش کارایی این عنصر در گلرنگ، علاوه بر افزایش سود اقتصادی، موجب کاهش آلودگی محیط‌زیست نیز شده است (میرزاشاهی و نورقلی‌پور، ۱۳۹۹). در آزمایشی دیگر نتایج نشان داد که اثر نوع کود نیتروژن بر تمامی صفات مورد مطالعه (عملکرد و برخی ویژگی فیزیولوژیک) معنی‌دار بوده است و بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک، تعداد پنجه در بوته و تعداد سنبله در متر مربع از تیمار کود اوره به‌دست آمد، اما بیش‌ترین وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تیمار اوره با پوشش گوگردی تولید شده است (عباسی و حمزه‌ای، ۱۳۹۶). این عنصر در میان کودهای پرمصرف گندم، بیش‌ترین درصد ماده خشک را به‌خود اختصاص داده است. نیتروژن در ساخت کلروفیل و در فرآیند فتوسنتز اهمیت ویژه‌ای دارد و هیچ یک از کودهای مصرفی نمی‌توانند به اندازه نیتروژن باعث رشد و افزایش عملکرد شوند (Zhang *et al*., 2017). مصرف نیتروژن در مقایسه با سایر کودهای آلی که تصور می‌شود جایگزین مناسبی برای مصرف نیتروژن باشند، مورد بررسی قرار گرفته است که تاکنون هیچ‌کدام نتوانسته‌اند جانشین آن شوند (احمدی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). در آزمایشی دیگر نیز، مقدار ثابت ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با سطوح مختلف گوگرد (۰، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری) بر گندم مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داده است که با افزایش مصرف گوگرد، عملکرد دانه افزایش داشته است، اما از نظر آماری معنی‌دار نبوده است و اظهار داشته‌اند که اثر گوگرد بر عملکرد به شرایط منطقه، خاک، مقدار گوگرد مصرفی و نوع گوگرد بستگی دارد (Kulhanek *et al*., 2014). با توجه به آنچه ذکر شد، بررسی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

اثر نیتروژن و گوگرد از نوع بنتونیت‌دار (که مطالعه‌های اندکی در مورد اثر آن بر گندم صورت گرفته است) و اثرهای برهم‌کنش ممکنه بین آن‌ها بر ویژگی فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه و بخصوص رشد ریشه گندم رقم سیروان در شرایط آب و هوایی معتدل کرمانشاه از مهمترین ضرورت‌های اجرای این آزمایش بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی واقع در شهر کرمانشاه با موقعیت جغرافیایی '۴۷°۹ طول شرقی و '۳۴°۲۱ عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا انجام شد. منطقه مورد آزمایش دارای آب و هوای سرد تا معتدل با متوسط دراز مدت بارندگی ۴۵۰ میلی‌متر در سال است. شرایط آب و هوایی منطقه و نتیجه آزمون خاک مزرعه محل انجام آزمایش به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است. نتایج آزمون خاک نشان می‌دهد که اگرچه، اسیدیته خاک آنقدر بالا نیست که اجبار در مصرف گوگرد را ایجاب کند، اما انتظار می‌رود به‌عنوان ماده مغذی پرمصرف در کنار نیتروژن دارای اثرهای مفیدی بر عملکرد و ویژگی مورد بررسی داشته باشد.

جدول ۱: میزان بارندگی و متوسط دما در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در محل اجرای آزمایش

شاخص ها	ماه									
	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۷/۲	۸/۱	۵/۲	-۱/۸	-۹/۰	-۳/۴	-۰/۴	۳/۹	۹/۰	۱۱/۵
حداکثردما (درجه سانتی‌گراد)	۳۸/۶	۲۸/۴	۲۲/۸	۱۱/۷	۱۱/۰	۷/۲	۱۴/۵	۱۶/۴	۲۴/۶	۳۱/۰
متوسط دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۷/۹	۱۸/۲	۱۴/۰	۴/۹	۵/۰	۱/۹	۷/۰	۱۰/۱	۱۶/۸	۲۱/۲
میزان بارش (میلی‌متر)	۰/۰	۰/۰	۱/۰	۱۴/۴	۷۵/۴	۸۰/۸	۷۰/۰	۱۶۳/۱	۵۴/۶	۰/۳

جدول ۲: مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر)

عمق خاک (سانتیمتر)	کربن آلی (درصد)	اسیدیته	املاح محلول ($EC\times10^3$)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نوع بافت
۳۰ - ۰	۰/۱۲	۷/۳۱	۰/۶۶	۰/۰۱۱	۱۲/۴۰	۳۴۰	سیلتی ـ رسی
۶۰ - ۳۰	۰/۱۲	۷/۴۱	۰/۵۶	۰/۰۱۱	۱۸/۴۰	۳۵۰	سیلتی ـ رسی

این آزمایش به‌صورت گلدانی و مزرعه‌ای اجرا شد. در آزمایش گلدانی بررسی رشد ریشه، کاشت در گلدان‌هایی به ارتفاع ۶۰ و قطر دهانه ۱۶ سانتی‌متر در فضای روباز انجام شد. در هر گلدان دو سوم خاک زراعی و یک سوم ماسه بادی با هم مخلوط و در هر گلدان ۸ عدد بذر همراه کود فسفاته به طور ثابت و تیمارهای کود نیتروژن (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار با تقسیط یک سوم در زمان کاشت و دوسوم در زمان به ساقه رفتن) و کود گوگرد (۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

۶۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف در زمان کاشت) استفاده گردید. در ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۵ کشت انجام شد. استخراج ریشه در گلدان‌ها در مرحله آبستنی (شکم خوش)[1] به‌دلیل اینکه در این مرحله طول ریشه به بالاترین میزان خود می‌رسد، به‌صورت تخریبی پس از شستشو و جداسازی ریشه از خاک انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این مرحله خاک گلدان‌ها که حاوی ریشه‌ها بود به آرامی با آب شسته شدند و طول کل ریشه بروش تننت تخمین زده شد (Tennant, 1975). به‌منظور تعیین حجم ریشه از قانون ارشمیدس (با قراردادن ریشه‌ها در استوانه‌های مدرج و تعیین میزان تغییر سطح آب) استفاده شد. برای به‌دست آوردن سطح ریشه‌ها از روش موسوم به اتکینسون از رابطه ۱ محاسبه گردید. تراکم ریشه بر حسب سانتی‌متر طول ریشه بر سانتی‌متر مکعب خاک با استفاده از طول ریشه و اندازه‌گیری حجم کل خاک گلدان از رابطه ۲ و نسبت ریشه به ساقه از رابطه ۳ محاسبه شد. وزن خشک ریشه در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت داخل آون خشک و توزین شد (علیزاده،۱۳۸۱):

رابطه ۱: سطح ریشه‌ها (سانتی‌مترمربع) = ۲{[حجم ریشه‌ها (سی‌سی)] × π × [طول ریشه‌ها (سانتی‌متر)] ۰/۵}

رابطه ۲: تراکم ریشه (سانتی‌متر بر سانتی‌متر مکعب خاک) = حجم کل خاک (سانتی‌متر مکعب) / طول ریشه (سانتی‌متر)

رابطه ۳: نسبت ریشه به ساقه (گرم) = وزن خشک ریشه (گرم) / وزن خشک ساقه (گرم)

در آزمایش مزرعه‌ای تیمارهای آزمایشی شامل کود اوره در چهار سطح (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) در کرت‌های اصلی و کود گوگرد بنتونیت‌دار (۹۰ درصد گوگرد و ۱۰ درصد بنتونیت) در چهار سطح (۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی به‌صورت آزمایش کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار بودند. کود گوگرد بنتونیت‌دار در زمان کشت اما کود نیتروژن در زمان کاشت (یک سوم) و در مرحله ساقه رفتن (دو سوم) به‌صورت سرک مصرف شد. کود فسفاته نیز در تمام تیمارها به طور ثابت (۵۰ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. فواصل کاشت ۲۰ سانتی‌متر، طول هر خط کشت ۴ متر، در هر کرت ۸ خط کشت، فواصل بین هر کرت اصلی ۱ متر، فواصل بلوک‌ها از همدیگر ۳ متر و با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری طراحی شدند. بذر گندم کاشت شده از رقم سیروان بود. این رقم آبی، زودرس، مقاوم در مقابل گرما، خشکی (آخر فصل)، بیماری زنگ گندم و با عملکرد بالا است. تاریخ کاشت در این آزمایش نیز ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۵ بود. در این

1- Booting stage

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

آزمایش صفات مورد بررسی شامل رنگیزه‌های فتوسنتزی (محتوی کلرفیل و کاروتنویید) از روش لیچتنتیلر و ولبرن با استفاده از رابطه‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ محاسبه شدند (Lichtenthaler and Wellburn, 1983):

رابطه ۴: $\text{Chlorophyll a} = 12.21\ (A_{663}) - 2.81\ (A_{646})$

رابطه ۵: $\text{Chlorophyll b} = 20.13\ (A_{646}) - 5.1\ (A_{663})$

رابطه ۶: $\text{Chlorophyll a+b} = \text{Chl. a} + \text{Chl. b}$

رابطه ۷: $\text{Carotenoids} = 1000\ (A_{470}) - 3.27\ [\text{Chl. a}] - 104\ [\text{Chl. b}] / 227$

برای اندازه‌گیری قندهای محلول کل، با کمی تغییر از روش فنول اسید سولفوریک استفاده شد (Daniels *et al.*, 1994). برای اندازه‌گیری سرعت پر شدن دانه در واحد سطح از تقسیم عملکرد دانه بر طول دوره پر شدن دانه به گرم در متر مربع در روز محاسبه گردید (راحمی و همکاران، ۱۳۹۴). در زمان رسیدگی کامل یک متر مربع از هر کرت از سطح خاک برداشت (پس از احتساب اثر حاشیه) و به‌عنوان عملکرد زیست توده توزین گردید، سپس با خرمنکوب دانه از کاه جدا و عملکرد دانه به‌دست آمد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیست‌توده به درصد محاسبه شد. از شمارش سنبله‌های برداشت شده در یک متر مربع، تعداد سنبله در واحد سطح آن‌ها محاسبه شد. تعداد دانه در سنبله از شمارش تعداد دانه در ۱۰ سنبله به‌طور تصادفی به‌دست آمد و وزن هزار دانه نیز از میانگین سه نمونه هزار تایی به‌دست آمد. در نهایت داده‌ها با نرم‌افزارهای Excel مرتب و با SAS ورژن ۹/۲ تجزیه و میانگین صفات نیز با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند (SAS, 2008).

نتایج و بحث

بررسی رشد ریشه در شرایط گلدانی

به‌منظور بررسی اثر نیتروژن و گوگرد بر رشد ریشه، مشابه تیمارهای اجرا شده در مزرعه، کشت درون گلدان‌های بلند (۶۰ سانتی‌متر) صورت گرفت و در مرحله شکم‌خوش (آبستنی) که مصادف با بیشترین سطح برگ و رشد ریشه است، به‌صورت تخریبی مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهم‌کنش بین نیتروژن و گوگرد، هم‌چنین اثر گوگرد بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد، اما اثر ساده نیتروژن در این مرحله بر رشد ریشه شامل، تراکم، طول کل، وزن خشک و سطح ریشه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). اگرچه با افزایش مقدار نیتروژن مقادیر اکثر صفات ریشه افزایش داشت، اما در ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن دارای بیش‌ترین طول کل ریشه، وزن خشک ریشه، تراکم ریشه و سطح ریشه بود. مقادیر افزایش این صفات به‌ترتیب نسبت به شاهد ۳۴/۲،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

۳۳/۹، ۳۳/۳ و ۲۵/۸ درصد بودند (جدول ۴). در این آزمایش، رشد ریشه تحت اثر رشد اندام هوایی قرار گرفت و بالاترین ماده خشک ریشه در مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. سایر پژوهشگران نیز اثر نیتروژن را بر رشد ریشه گندم بررسی کرده‌اند و تقریباً نتایج مشابهی به‌دست آورده‌اند. بدین‌گونه که اثر نیتروژن تا مقداری باعث بیش‌ترین مقدار در صفات شده و بعد از آن، اثر معنی‌داری نداشته است. نتایج بررسی‌های اثر مقادیر نیتروژن بر ریشه گندم در عمق‌های مختلف (۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر) نشان داده است که مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در شرایط مزرعه و آبیاری کامل باعث افزایش بیش‌ترین تراکم ریشه شده است. هم‌چنین مصرف نیتروژن باعث افزایش نسبت ریشه به ساقه شده و همبستگی عملکرد دانه با تراکم ریشه در عمق‌های ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتیمتر، مثبت بوده است (Wang *et al*., 2014). در آزمایش دیگر نیز اثر نیتروژن کم (۲۰ کیلوگرم در هکتار) و زیاد (۲۷۰ کیلوگرم در هکتار) در لیسیمترهایی مجهز به مینی ریزوترون به‌منظور بررسی رشد ریشه بر روی گندم ارقام بهاره انجام شده است. نتایج نشان داده است که نیتروژن بیش‌ترین اثر را بر صفات رشد ریشه داشته و اثر بر رشد ریشه بین ۶۸-۰ درصد و بر بقاء ریشه بین ۳۶-۲۴ درصد بوده است (Herrera *et al*., 2013). هم‌چنین در تحقیق دیگر مقادیر نیتروژن (تا ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) را بر ویژگی رشد ریشه و کارایی مصرف نیتروژن ارقام گندم بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داده است که اثر نیتروژن بر ریشه، بیشتر در عمق زیر ۵۰ سانتی‌متر دیده شده و مصرف نیتروژن اثری بر توسعه عمقی ریشه نداشته است. هر چند عمق ریشه در ارقام مختلف، متفاوت بوده است. ارقامی که کارایی مصرف نیتروژن بالاتری داشته‌اند، دانه بیش‌تری تولید کرده‌اند (Rasmussen *et al*., 2015). اثرهای گوگرد (مصرف و عدم مصرف) بر گندم در شرایط کشت بدون خاک و با استفاده از محلول هوگلند نشان داده است که اثر گوگرد باعث افزایش در ماده خشک اندام هوایی و افزایش طول و رشد ریشه شده است و در کل با مصرف گوگرد، کارایی مصرف نیتروژن افزایش داشته است (Carciochi *et al*., 2017).

آزمایش مزرعه‌ای

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس اثر گوگرد بنتونیت‌دار و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه نشان داد که اثر ساده نیتروژن بر صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، تعداد دانه درسنبله و سرعت پرشدن دانه معنی‌داری شد (جدول ۵). اثر گوگرد بنتونیت‌دار نیز بر عملکردهای زیست‌توده، دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و سرعت پرشدن دانه معنی‌دار شد، اما اثرهای برهم‌کنش این تیمارها بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نگردید (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثرهای نیتروژن بر صفات عملکرد و اجزای آن نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و سرعت پرشدن دانه افزایش یافت، اما بین سطوح

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

نیتروژن ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌دار نبود. میزان افزایش اثر نیتروژن بر عملکرد زیست‌توده ۴۴ تا ۵۷ درصد، عملکرد دانه ۴۶ تا ۵۸ درصد، تعداد سنبله در متر مربع ۲۴ تا ۳۸ درصد، تعداد دانه در سنبله ۱۳ تا ۲۳ درصد نسبت به شاهد افزایش، اما وزن هزار دانه با افزایش مصرف نیتروژن نسبت به شاهد بین ۳/۲ تا ۵/۸ درصد کاهش داشتند (جدول ۶). چنین به‌نظر می‌رسد با مصرف بیشتر نیتروژن (تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) در دو نوبت همزمان با کاشت و در مرحله به ساقه رفتن، باعث افزایش ماده خشک کل از طریق افزایش تولید پنجه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و در نهایت سرعت پر شدن دانه شده و منجر به افزایش عملکرد دانه گردیده است.

میانگین وزن هزار دانه نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، وزن هزار دانه کاهش معنی‌داری (با احتمال ۵ درصد) داشت. وزن هزار دانه تنها صفتی از اجزای عملکرد دانه بود که کمتر تحت اثر تغییرات محیطی قرار گرفت. این صفت، نتیجه افزایش سرعت فتوسنتز برگ در طی دوره پرشدن دانه می‌باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۰). معمولاً با افزایش تعداد دانه در سنبله، کاهش وزن هزاردانه قابل پیش‌بینی است و این اثرهای معکوس در آزمایشات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است، یعنی در گندم در هنگامی که با تعداد زیادی گل وارد مرحله پرشدن می‌شود، در شرایط بدون تنش مواد ساخته شده فتوسنتزی را بین گلچه‌ها تقسیم می‌کند و به‌همین دلیل وزن هزار دانه در شرایط مساعد محیطی چندان تغییری نمی‌کند (Ashfagh *et al*., 2003; Khan *et al*., 2010). در زمان بین ظهور برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی، سرنوشت تعداد دانه در سنبله گندم مشخص می‌شود و تحت اثر عوامل محیطی زیادی از جمله نیتروژن قرار می‌گیرد و مقادیر مناسب آن می‌تواند در بقاء گلچه‌ها موثر باشد. در کل، مصرف نیتروژن و تولید ماده خشک بیشتر در مرحله گرده افشانی باعث تولید و ذخیره بیشتر مواد فتوسنتزی در ساقه شده و در مرحله بعد از پر شدن دانه بطرف دانه‌ها منتقل می‌گردند (بحرانی و طهماسبی، ۱۳۸۵). در آزمایشاتی، اثر مصرف نیتروژن بر گندم باعث افزایش وزن هزار دانه، تعداد سنبله در واحد سطح شده است (Davis *et al*., 2002; Hatfield and Prueger, 2004). کاهش اثرهای تنش گرما بر عملکرد دانه گندم از طریق افزایش تعداد دانه بر اثر مصرف نیتروژن نیز از مزایای دیگر مصرف نیتروژن گزارش شده است (موسویان و همکاران، ۱۳۹۹). مقایسه میانگین‌های اثر گوگرد بنتونیت‌دار بر عملکرد دانه گندم رقم سیروان نشان داد که با افزایش گوگرد تا ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه، شاخص برداشت و سرعت پرشدن دانه افزایش اما، در ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش داشت (جدول ۷). اثرهای گوگرد بنتونیت‌دار بر عملکرد دانه بین ۹/۷ تا ۲۲/۲ درصد، شاخص برداشت بین ۱/۵ تا ۱۴/۳ درصد، وزن هزار دانه بین ۲/۲ تا ۶/۶ درصد و سرعت پرشدن دانه بین ۹/۷ تا ۲۲/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. با بررسی کلی اثرهای این دو نوع کود (نیتروژن و گوگرد) بر عملکرد دانه به‌عنوان مهم‌ترین صفت، ملاحظه می‌گردد که اثر نیتروژن بر عملکرد دانه (در دامنه بین ۴۶ تا ۵۷ درصد) و گوگرد بنتونیت‌دار (در دامنه بین ۹/۷ تا

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

۲۲/۲ درصد) نسبت به شاهد افزایش داشت. با مقایسه میانگین اثرهای نیتروژن بر عملکرد دانه (حداکثر تا ۵۱/۵ درصد) و گوگرد بنتونیت‌دار (حداکثر تا ۱۵/۹ درصد)، یعنی در این آزمایش کودی ـ زراعی اثر نیتروژن بیشتر از ۳ برابر گوگرد بود. سایر محققین در بررسی اثر گوگرد به تنهایی و همراه با نیتروژن بر عملکرد گندم نتایج متفاوتی به‌دست آورده‌اند. احتمالاً دلیل آن به وضعیت عناصر و اسیدیته خاک، شرایط آب و هوایی منطقه و رقم گندم بستگی داشته باشد. تحقیقات انجام شده در مصرف توام گوگرد و نیتروژن بر روی گندم، نتایج متفاوت بوده است. در آزمایشی با مصرف توأم گوگرد (۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کود دامی (۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) بر روی گندم رقم زرین، گوگرد باعث افزایش وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه شده است و در ۲۰ تن کود دامی و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بیشترین عملکرد دانه به‌دست آمده است (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۲). هم‌چنین اثر مصرف گوگرد (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کمپوست (۰، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) در منطقه سمنان نشان داد که در مصرف گوگرد به مقدار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمپوست ۲۰ تن در هکتار، باعث بیش‌ترین عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه گندم رقم بم شده است (مومن و همکاران،۱۳۹۰). در آزمایشی دیگر، با مصرف گوگرد، عملکرد گندم فقط به میزان ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش داشته است (گودرزی، ۱۳۸۰). Plaut و همکاران (۲۰۰۴) نیز بیان کردند که با افزایش سطوح گوگرد میزان تجمع ماده خشک و وزن هزار دانه گندم افزایش یافته است که علت آن را بهینه کردن شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه، بر وزن هزار دانه گزارش کردند. قادری و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی مقادیر ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بر روی گندم آبی به‌همراه باکتری تیوباسیلوس در مناطق مختلف، به این نتیجه رسیدند که با افزایش مصرف گوگرد میزان عملکرد دانه، وزن هزار دانه و غلظت عناصر دانه افزایش داشته، اما بین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه به‌دست نیامده است. اثرهای مصرف کودهای نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد بر روی ارقام گندم در انگلستان نشان داد که علاوه بر اینکه مصرف نیتروژن با این عناصر باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی (پروتئین دانه) شده است، اثرهای افزایشی کارایی مصرف نیتروژن به‌ترتیب با عناصر فسفر، پتاسیم و گوگرد بود و توصیه کردند که مصرف متعادل این کودها می‌توانند باعث کاهش مصرف نیتروژن شوند (Duncan *et al*., 2018). در تحقیقی اثر مقادیر مختلف کودهای گوگردی بر کیفیت دانه گندم گزارش شد که گوگرد اثر قابل توجهی بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و ترکیبات پروتئینی ذخیره‌ای داشت (Yu *et al*., 2018). بنابراین اثرهای گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم چندان زیاد نبوده و در بعضی موارد نسبت به شاهد معنی‌دار و در پاره‌ای موارد نیز غیر معنی‌دار شده است.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

جدول ۳ : تجزیه واریانس اثر نیتروژن و گوگرد بر ویژگی رشد ریشه گندم رقم سیروان در مرحله آبستنی در آزمایش گلدانی (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه	وزن خشک ریشه	حجم کل ریشه	تراکم ریشه	سطح ریشه	نسبت ریشه به ساقه
نیتروژن	۳	۴۴۴۷۱۲۴*	۵/۵۲*	۱۰۰/۱۵ns	۰/۰۲۸*	۲۷۴۴۹۵*	۰/۱۳۱۹ns
گوگرد	۳	۲۲۱۲۷۰ns	۰/۲۶ns	۳۳/۴۳ns	۰/۰۰۱۴ns	۳۴۹۳۴ns	۰/۰۷۰۵ns
نیتروژن × گوگرد	۹	۲۱۰۴۵۶۶ns	۲/۶۲ns	۹۶/۲۸ns	۰/۰۱۳ns	۱۷۲۰۶۶ns	۰/۰۸۲۴ns
خطای آزمایش	۳۰	۱۵۴۰۵۵۳	۱/۹۷	۷۳/۷۴	۰/۰۰۹	۱۲۶۴۳۹	۰/۰۹۹۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۶/۴	۲۶/۶	۲۳/۷	۲۶/۴	۲۴/۴	۵۱/۵

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر ویژگی رشد ریشه گندم رقم سیروان در مرحله آبستنی در هر گلدان

کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	طول ریشه (سانتی‌متر در گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)	تراکم ریشه (سانتی‌متر بر سانتی متر مکعب)	سطح ریشه (سانتی‌متر مربع در گلدان)
صفر (شاهد)	۴۱۳۷b	۴/۶۶b	۰/۳۳b	۱۳۳۲b
	±۴۴۴	±۰/۴	±۰/۰۳	±۱۲۴
۶۰	۴۴۷۶b	۵/۰۳b	۰/۳۵b	۱۴۱۵ab
	±۲۴۵	±۰/۲	±۰/۰۱	±۹۸
۱۲۰	۵۵۵a	۶/۲۴a	۰/۴۴a	۱۶۷۶a
	±۳۳۴	±۰/۳	±۰/۰۲	±۷۸
۱۸۰	۴۵۷۳ab	۵/۱۴ab	۰/۳۶ab	۱۳۹۹ab
	±۴۱۸	±۰/۴	±۰/۰۳	±۱۱۹/۹
حداقل اختلاف معنی دار	۱۰۳۴	۱/۱۷	۰/۰۸	۳۵۷

مقادیر دارای حروف غیر مشترک اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) دارند، ± خطای استاندارد.

جدول۵ : تجزیه واریانس اثر گوگرد بنتونیت دار و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم سیروان در شرایط مزرعه (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد زیست‌توده	عملکرد دانه	شاخص برداشت	تعداد سنبله در واحد سطح	وزن هزار دانه	تعداددانه در سنبله	سرعت پرشدن دانه
تکرار	۲	۷۰۰۲۱۲۹۵**	۵۱۵۶۴۶۷ns	۱۹/۴*	۲۲۵۲/۳ns	۳/۷ns	۱۱۸/۶ns	۵۷/۰ns
نیتروژن	۳	۱۵۷۷۲۶۵۹۳ **	۳۳۵۰۸۳۵۸**	۱۲/۴ns	۱۱۵۸۸۲/۳**	۱۸/۹ns	۱۰۵/۲*	۳۷۳/۱**
خطای اول	۶	۲۲۱۸۳۸۱۴	۴۸۱۹۳۳۰	۱۳/۱	۱۳۲۴۶	۳۴/۷	۲۸/۹	۵۳/۳
گوگرد	۳	۸۰۵۰۱۸۷ ns	۷۵۴۷۰۸۷*	۹۸/۵*	۱۷۳۱۴ns	۱۷/۵*	۱۱/۳ns	۸۳/۹*
نیتروژن × گوگرد	۹	۱۸۲۱۴۵۱۵ ns	۶۷۴۹۷۹ns	۶۷/۸ns	۴۰۰۴ns	۱۱ns	۶/ ۴	۷/۵ns
خطای دوم	۲۴	۷۹۱۹۴۵۵	۲۲۵۱۵۹۴	۲۶/۹	۱۴۱۸۶	۸/۲	۳۴/۹	۲۵/۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۴/۲	۱۶/۸	۱۱/۴	۱۷/۵	۶/۴	۲۰/۱	۱۶/۸

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

جدول ۶: مقایسه میانگین اثرهای نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم سیروان در شرایط مزرعه

کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله در مترمربع	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	سرعت پرشدن دانه (گرم در مترمربع در روز)
صفر (شاهد)	۱۴۵۶۷^{b}	۶۴۶۱/۳^{b}	۵۴۱/۱^{b}	۴۶/۷۵^{a}	۲۵/۴۹^{b}	۲۱/۵۳^{b}
	±۵۱۲	±۱۹۲	±۲۰/۶	±۰/۹	±۰/۴	±۰/۶
۶۰	۲۰۹۸۷^{a}	۹۴۹۱/۴^{a}	۶۷۵/۴^{a}	۴۵/۲۵^{ab}	۳۱/۸۷^{a}	۳۱/۶۳^{a}
	±۷۳۴	±۲۷۳	±۸/۰	±۱/۲	±۰/۹	±۰/۸
۱۲۰	۲۰۶۷۸^{a}	۹۵۴۷/۶^{a}	۷۹۴/۵^{a}	۴۴/۲۲^{b}	۲۸/۹۵^{ab}	۳۱/۸۴^{a}
	±۱۸۹۲	±۶۵۰	±۳۲/۲	±۱/۰	±۰/۷	±۲/۱
۱۸۰	۲۲۹۴۱^{a}	۱۰۱۸۹/۵^{a}	۷۴۹/۴^{a}	۴۴/۰۰^{b}	۳۱/۵۷^{a}	۳۳/۹۷^{a}
	±۹۱۷	±۵۱۲	±۳۰/۱	±۰/۷	±۰/۹	±۱/۷
حداقل اختلاف معنی‌دار	۲۳۷۱/۲۰	۱۲۶۴/۳۰	۱۰۰/۳۶	۲/۴۲	۴/۹۸	۴/۲۲

مقادیر دارای حروف غیر مشترک اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) دارند، ± خطای استاندارد.

جدول ۷: مقایسه میانگین اثرهای گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم سیروان در شرایط مزرعه

کود گوگرد بنتونیت‌دار (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	سرعت پرشدن دانه (گرم در مترمربع در روز)
صفر (شاهد)	۷۹۱۴/۱^{b}	۴۲/۷۷^{b}	۴۳/۷۶^{b}	۲۶/۳۸^{b}
	±۶۶۴	±۰/۶	±۱/۴	±۲/۲
۲۰۰	۸۶۸۳/۹^{a}	۴۳/۴۵^{b}	۴۵/۰۴^{ab}	۲۸/۹۵^{ab}
	±۸۰۵	±۰/۴	±۰/۸	±۲/۶
۴۰۰	۹۶۷۸/۸^{a}	۴۸/۹۰^{a}	۴۴/۷۵^{ab}	۳۲/۲۶^{a}
	±۱۰۴۲	±۲/۵	±۰/۷	±۳/۴
۶۰۰	۹۴۱۳/۲^{a}	۴۶/۷۰^{ab}	۴۶/۶۶^{a}	۳۱/۳۸^{a}
	±۸۸۵	±۳/۴	±۰/۹	±۲/۹
حداقل اختلاف معنی‌دار	۱۲۶۴/۳	۴/۳۷	۲/۴۲	۴/۲۲

مقادیر دارای حروف غیر مشترک اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) دارند، ± خطای استاندارد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهم‌کنش بین تیمارهای مصرف نیتروژن و گوگرد بنتونیت‌دار و هم‌چنین اثر ساده گوگرد بر صفات رنگیزه‌ها و قندهای محلول معنی‌دار نبود، اما اثر ساده نیتروژن بر مقادیر کلروفیل a، b، a+b، نسبت a/b و کاروتنوییدها معنی‌دار شد (جدول ۸). بیشترین مقدار کلروفیل a، b، a+b، نسبت a/b و کاروتنوئیدها در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب با ۱۶/۳۳ ، ۳/۷۸ ، ۲۰/۱، ۴/۵۴ و ۴/۲ میلی‌گرم بر گرم و تیمار شاهد بترتیب با ۱۳/۲۴، ۲/۹، ۱۶/۱، ۴/۳۱ و ۳/۷ میلی‌گرم بر گرم در کمترین مقدار بود (جدول ۹). به‌جز صفت مقدار قندهای محلول در ساقه، سایر صفات اگرچه در ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در بیش‌ترین مقدار بودند اما با مقادیر ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند. به‌نظر می‌رسد افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی باعث

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

افزایش تولید کربوهیدات‌ها و افزایش توان منبع برای هدایت مواد نهایی فتوسنتزی به مخزن شده است. در آزمایشی اثرهای نیتروژن و گوگرد را بر میزان کلروفیل در برگ در مرحله گلدهی گندم زمستانه مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داده است که نیتروژن اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل در برگ‌ها داشته و نیز همبستگی بالایی بین عملکرد دانه با میزان کلروفیل گیاه و میزان نیتروژن موجود در اندام‌ها در پایان مرحله رشد گیاه داشته است، اما گوگرد چندان اثرهای معنی‌داری نداشته است (Skudra and Ruza, 2017). هم‌چنین نتایج یک بررسی نشان داده است که در مصرف مقادیر نیتروژن بر ویژگی رشد گندم، انتقال مجدد نیتروژن و فعالیت فتوسنتزی در طول فصل رشد، تحت اثر ژنوتیپ گندم قرار داشته است. مقدار و زمان مناسب مصرف نیتروژن، فرآیند پیری را به تأخیر انداخته، اما کود نیتروژنه اضافی رنگدانه‌های فتوسنتزی را کاهش داده است و دوره فعال فتوسنتزی را به تعویق انداخته و در نهایت عملکرد دانه را محدود کرده است. بنابراین میزان مناسب مصرف نیتروژن به رقم بستگی داشته است (Vaguseviciene *et al*., 2012). مصرف نیتروژن، گوگرد و منیزیم در مرحله پنجه‌زنی و به ساقه‌رفتن بر میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که مصرف این عناصر در زمان پنجه‌زنی بر رنگیزه‌های مورد بررسی معنی‌دار نبوده است اما در مرحله به ساقه رفتن میزان رنگیزه‌ها با مصرف این عناصر افزایش داشته است. با مصرف این عناصر و به‌خصوص نیتروژن ماده خشک کل نسبت به شاهد افزایش داشته است (Pranckietiene *et al*., 2020).

قندهای محلول ساقه

مقدار این ترکیبات در مرحله گرده‌افشانی و قبل از شروع پرشدن دانه اندازه‌گیری شد. مقادیر بالای این صفت نشان دهنده کارایی بالای فتوسنتز جاری است و محدودیت‌های رشد را نشان می‌دهد. بر اساس نتیجه تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها، اثر نیتروژن بر مقدار قند محلول در ساقه معنی‌دار (در سطح احتمال ۵ درصد)، اما اثر گوگرد غیر معنی‌دار شد (جدول ۸). با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیش‌ترین مقدار قند محلول در ساقه به‌دست آمد و سایر تیمارهای صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، اختلاف معنی‌داری از این نظر نداشتند (جدول ۹). با مقایسه روند افزایش قندهای محلول و عملکرد دانه به‌عنوان مهمترین جزء عملکرد با افزایش نیتروژن، ملاحظه می‌شود که تقریباً دارای روال مشابهی هستند. با افزایش میزان نیتروژن (افزایش سطح و دوام برگ) میزان قندهای محلول و یا سهم فتوسنتز جاری در برگ‌ها افزایش و میزان قندهای محلول ساقه افزایش یافته است (هرچند که تمام مشکلات کاهش و یا افزایش عملکرد دانه با میزان قندهای محلول ساقه و در یک مرحله نمونه برداری قابل بررسی و توجیه نیست). در مطالعات دیگر نیز اثر افزایش قندهای محلول ساقه در شرایط آبیاری کامل گندم با افزایش مقدار نیتروژن گزارش شده است (Chen *et al*., 2011; Hoogmoed and Sadras, 2016). میزان قندهای محلول در ساقه گندم تحت اثر ژنوتیپ (زودرسی و دیررسی)،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

تنش رطوبتی و حرارتی، مصرف نیتروژن و سایر عناصر از جمله پتاسیم قرار دارد (زاده باقری و جوانمردی، ۱۳۹۱؛ علیزاده و همکاران، ۱۳۹۳). در آزمایشی دیگر در بررسی مقادیر ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در سطوح تقسیط متفاوت بر میزان فتوسنتز جاری در گندم رقم چمران در منطقه رامهرمز خوزستان نتایج نشان داد که با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در شرایط تقسیط ۲۵ درصد در مرحله کاشت، ۵۰ درصد در مرحله به ساقه‌رفتن و ۲۵ درصد در مرحله قبل از ظهور سنبله بدست آورده‌اند که با نتایج کار حاضر مطابقت دارند (خانجانی و بحرانی، ۱۳۹۶).

جدول ۸: تجزیه واریانس اثر گوگرد و نیتروژن بر میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ پرچم و قندهای محلول در ساقه در گندم رقم سیروان در شرایط مزرعه (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	کلروفیل a/b	کاروتنوئیدها	قندهای محلول در ساقه
تکرار	۲	۸/۱۶^{ns}	۰/۴۹^{ns}	۱۲/۵۴^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۳۶^{ns}	۸۳۶۰۱۴^{ns}
نیتروژن	۳	۲۳/۳۴**	۱/۹**	۳۸/۵۴**	۰/۱۱**	۰/۶۲*	۱۰۹۳۱۷۹*
خطای اول	۶	۵/۹۳	۰/۴۵	۹/۷۱	۰/۰۳	۰/۳۳	۴۴۱۹۸۵
گوگرد	۳	۲/۰۵^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۳/۲^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۵۵۳۶۴۰^{ns}
نیتروژن × گوگرد	۹	۰/۹۳^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۱/۲۹^{ns}	۰/۰۳۶^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۳۶۵۵۶۵^{ns}
خطای دوم	۲۴	۲/۲۱	۰/۱۱	۳/۳۶	۰/۰۱	۰/۱۷	۲۹۵۴۸۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۹/۸	۹/۸	۹/۷	۳/۱	۱۰/۴	۱۵/۰

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۹: مقایسه میانگین اثرساده نیتروژن برکلروفیل و کارتنوئیدهای برگ پرچم و قندهای محلول در ساقه در گندم رقم سیروان در شرایط مزرعه

کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	میلی‌گرم برگرم وزن تر					
	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	کلروفیل a/b	کاروتنوئیدها	قند محلول در ساقه
صفر (شاهد)	۱۳/۲۴^{b}	۲/۹۱^{b}	۱۶/۱۵^{b}	۴/۵۴^{a}	۳/۷۰^{a}	۴۲۵۸^{b}
	±۰/۱	±۰/۰۲	±۰/۱۰	±۰/۰۲	±۰/۰۴	±۱۳۸
۶۰	۱۵/۰۳^{ab}	۳/۳۹^{ab}	۱۸/۴۲^{ab}	۴/۴۳^{ab}	۴/۱۰^{a}	۴۰۱۳^{b}
	±۰/۵	±۰/۱۰	±۰/۶	±۰/۰۴	±۰/۱۰	±۱۲۸
۱۲۰	۱۶/۰۳^{a}	۳/۶۹^{a}	۱۹/۷۳^{a}	۴/۳۶^{bc}	۴/۱۵^{a}	۴۰۱۱۹^{b}
	±۰/۲	±۰/۰۸	±۰/۲	±۰/۰۴	±۰/۰۲	±۲۲۱
۱۸۰	۱۶/۳۳^{a}	۳/۷۸^{a}	۲۰/۱۱^{a}	۴/۳۱^{c}	۴/۲۰^{a}	۴۴۹۰^{a}
	±۰/۱	±۰/۰۴	±۰/۱	±۰/۰۴	±۰/۰۵	±۱۶۶
حداقل اختلاف معنی‌دار	۱/۲۵	۰/۲۸	۱/۵۲	۰/۱۱	۰/۳۴	۵۲۹

مقادیر دارای حروف غیر مشترک اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) دارند، ± خطای استاندارد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

نتیجه‌گیری

در بررسی سطوح مختلف گوگرد و نیتروژن بر ویژگی رشد ریشه (آزمایش گلدانی) و عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی فیزیولوژیکی (آزمایش مزرعه‌ای) بر گندم آبی رقم سیروان، نتایج نشان داد که در آزمایش گلدانی برهم‌کنش و اثر ساده گوگرد معنی‌دار نشد، اما اثر ساده نیتروژن معنی‌دار گردید و در ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین مقدار برای طول کل ریشه، وزن خشک کل ریشه، ترکم و سطح ریشه بودند و باعث افزایش بین ۱۴/۹ تا ۳۴/۲ درصد نسبت به شاهد شدند. در آزمایش مزرعه‌ای نیز برهم‌کنش این دو نوع کود معنی‌دار نشد اما اثرهای ساده نیتروژن و گوگرد بر اکثر صفات معنی‌دار گردید و مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن هم از نظر آماری و هم از نظر اقتصادی دارای بیشترین اثر بر عملکرد دانه بود (بین سطوح ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از نظر آماری اختلافی بین آن‌ها بر عملکرد دانه نبود). بیشترین اثر گوگرد بر عملکرد دانه در ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (بین سطوح ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت). در این تحقیق بین سطوح نیتروژن در آزمایش گلدانی و مزرعه‌ای به‌ترتیب ۱۲۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیش‌ترین مقدار بودند. این اختلاف به احتمال زیاد به‌علت این باشد که در آزمایش گلدانی، حدود یک سوم حجم گلدان ها با ماسه بادی (به‌منظور استخراج راحت‌تر ریشه)، پر شده بود که این مقدار کاهش خاک می‌بایست با مصرف کود نیتروژنه بیشتر، جبران شود. در مجموع نتایج نشان داد که برای گندم رقم سیروان در شرایط آبی منطقه، ۶۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد قابل توصیه است. این مقدار نیتروژن، از نظر اقتصادی مقرون بصرفه است و از نظر زیست‌محیطی نیز دارای کمترین خسارت می‌باشد. از طرف دیگر این مقدار گوگرد باعث حفظ سلامت غذایی (ضرورت مصرف گوگرد برای کاهش آسپاراژین آزاد) نیز می‌شود.

منابع

احمدی نژاد، ر.، نجفی، ن.، اصغرزاده، ن.ع. و اوستان، ش. ۱۳۹۲. اثر کودهای آلی و نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و ویژگی‌های رشد گندم (رقم الوند). نشریه دانش آب و خاک. ۳۳ (۲): ۱۹۴-۱۷۷.

امانی، ف.، رئیسی، ف.، بیرانوند، ن. پ. و موسوی‌شلمانی، ا. ۱۳۸۷. تأثیر گوگرد بر میزان تثبیت نیتروژن و برخی صفات رشد دو رقم سویا با استفاده از روش رقت ایزوتوپی N^{15}. مجله‌کشاورزی. ۱۰ (۱): ۹-۲.

بحرانی، ع. و طهماسبی سروستانی، ز. ۱۳۸۵. اثر میزان و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی انتقال مجدد ماده خشک در دو رقم گندم زمستانه. نشریه علوم کشاورزی. ۱۲ (۲): ۳۷۷-۳۶۹.

جلیلی، ف.، نصراله‌زاده، ع. و ولی‌لو، و. ۱۳۹۲. اثر گوگرد و کود دامی بر عملکرد و پروتئین گندم زرین. پژوهش در علوم زراعی. ۵ (۱۹): ۸۴-۷۱.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

حامدی، ف. و جعفری، ح. ۱۳۸۶. بررسی تأثیرات مصرف گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و کود دامی بر خواص کمی و کیفی کلزا. مجموعه مقالات دومین سمینار علمی کاربردی دانه‌های روغنی و روغن‌های نباتی ایران. تهران، ۱۱۷-۱۱۳.

خانجانی، م.، و بحرانی، ع. ۱۳۹۶. اثر مقادیر مصرف و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد، انتقال مجدد ماده خشک و میزان فتوسنتز جاری در گندم رقم چمران. دو فصلنامه علوم به زراعی گیاهی. ۷ (۲): ۱۰۲-۸۹.

خلدبرین، ع. و اسلام‌زاده، خ. ۱۳۸۰ . تغذیه معدنی گیاهان عالی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۹۰۲ص.

راحمی کاریزکی، ع.، گالشی، س. و سلطانی، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی بهبود سرعت و دوره پر شدن دانه طی فرآیندهای اصلاحی در ارقام گندم. نشریه پژوهش های تولید گیاهی (علوم کشاورزی و منابع طبیعی). ۲۲ (۱): ۳۸-۲۳.

زاده‌باقری، م. و جوانمردی، ش. ۱۳۹۱. بررسی رابطه میزان قندهای محلول با عملکرد و اجزا عملکرد گندم بهاره در اوایل مرحله پرشدن دانه در شرایط تنش خشکی. نشریه مجله پژوهش در علوم زراعی. ۵ (۱۸): ۸۸-۷۷.

صیامی، آ. و بشارتی، ح. ۱۳۹۱. روند آزادسازی آهن و روی بر اثر اکسایش زیستی گوگرد. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۶ (۳): ۲۵۵-۲۶۷.

عباسی، ه. و حمزئی، ج. ۱۳۹۶. اثر منابع مختلف کودهای محتوی نیتروژن پایه و اسید هیومیک بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم رقم پیشتاز. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۳۵): ۸۸-۸۳.

علیزاده، ا. ۱۳۸۱. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ سیزدهم، ۶۱۶ ص.

علیزاده، آ.، نبی‌پور، م. و راهنما، ا. ۱۳۹۳. تأثیر سطوح مختلف پتاسیم بر انتقال مجدد کربوهیدرات‌های محلول دو رقم گندم نان (*Triticum aestivum* L.). نشریه تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی). ۳۷(۳): ۸۲-۶۹.

قادری، ج.، ملکوتی، م. ج.، خاوازی، ک. و داوودی، م. ح. ۱۳۹۶. بررسی اثر کاربرد گوگرد عنصری بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های کیفی گندم آبی (*Triticum aestivum* L.). مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۳۳): ۸۴-۶۹.

کافی، م.، کامکار، ب. و مهدوی‌دامغانی، ع. ۱۳۸۰. زیست‌شناخت بذر و عملکرد محصولات دانه‌ای (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۳۲ص.

کریمی‌نیا، آ. و شهرستانی، م. ۱۳۸۲. ارزیابی توان اکسایش گوگرد توسط میکروارگانیسم‌های هتروتروف در خاک‌های مختلف. مجله علوم خاک و آب. ۱ (۱۷): ۷۹-۶۹.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

گودرزی، ک. ۱۳۸۰. بررسی اثرات گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد گندم. نشریه علوم آب و خاک. ۱۵ (۲): ۱۶۶-۱۵۴.

ملکوتی، م.ج. و همدانی، ا. ۱۳۷۰. کود و حاصلخیزی خاک. مرکز انتشارات دانشگاه تهران. ۲۲۰ص.

ملکوتی، م. ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک مشکلات و راه حل‌ها. چاپ دوم با بازنگری کامل. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۵۱۸ ص.

موسوی، ف.، مرعشی، ک. و بابایی‌نژاد، ت. ۱۳۹۸. بررسی اثر افزایش حلالیت عناصر غذایی خاک بر عملکرد کمی و کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) در استان خوزستان. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱ (۴۳): ۱۵۲-۱۳۹.

موسویان، س.ن.، اکبری، ن.، عیسوند، ح.ر.، اسماعیلی، ا. و مشتطی، ع. ۱۳۹۹. اثر سطوح مختلف نیتروژن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم رقم چمران (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش گرمای آخر فصل در اهواز. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۲ (۴۶): ۴۴-۲۵.

مومن، ع.، پازکی، ع. و ممیزی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثرات گوگرد گرانوله (بنتونیت دار) و کمپوست بر ویژگی کمی گندم بم در منطقه سمنان. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۳ (۹): ۴۶-۳۱.

میرزاشاهی، ک. و نورقلی پور، ف. ۱۳۹۹. بررسی میزان و نحوه مصرف نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد دانه گلرنگ (*Triticum aestivum* L.). مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۲ (۴۷): ۶۳-۴۵.

Ashfaq, M., Khan, A.S. and Ali, Z. 2003. Association of morphological traits with grain yield in wheat *(Triticum aestivum L.)*. International Journal of Agriculture and Biology. 5: 262-264.

Carciochi, W.D., Divito, G.A., Fernandez, L.A. and Echeverr, H.E. 2017. Sulfur affects root growth and improves nitrogen recovery and internal efficiency in wheat. Journal of Plant Nutrition. 40(9): 1231–1242.

Chen, C., Han, G., He, H. and Westcott, M. 2011. Yield, protein, and remobilization of water soluble carbohydrate and nitrogen of three spring wheat cultivars as influenced by nitrogen input. Agronomy Journal. 103: 786-795.

Daniels, L., Hanson, R. and Philips, J. 1994. Chemical analysis methods for general nd molecular bacteriology. Washington, DC: American Society of Microbiology. chap 22.

Davis, J.G., Westfall, D.G., Mortvedt, J.J. and Shanahan, J.F. 2002. Feertilizing. Winter wheat. Agronomy Journal. 84: 1198-1203.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

Duncan, E.G., O'Sullivana, C.A., Ropera, M.M., Biggsc, J.S. and Peoples, M.B. 2018. Influence of co-application of nitrogen with phosphorus, potassium and sulphur on the apparent efficiency of nitrogen fertiliser use, grain yield and protein content of wheat: Review. Field Crops Research. 226: 56-65.

Hatfield, J.L. and Prueger, J.H. 2004. Nitrogen over-use, under-use, and efficiency. Crop Science. 26: 156-168.

Herrera, J.M., Noulas, C., Feil B., Stamp, P. and Liedgens, M. 2013. Nitrogen and genotype effects on root growth and root survivorship of spring wheat. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 176: 561-571.

Hoogmoed, M. and Sadras, V. 2016. The importance of water-soluble carbohydrates in the theoretical framework for nitrogen dilution in shoot biomass of wheat. Field Crops Research. 193: 196-200.

Khan, A., Azam, F. and Ali, A. 2010. Relationship of morphological traits and grain yield in recombinant inbred wheat lines grown under drought conditions. Pakistan Journal of Botany. 42: 259-267.

Kulhanek, M., Balík, J., Cerny, J., Peklova, L. and Sedlar, O. 2014. Winter wheat fertilizing using nitrogen–sulphur fertilizer. Archives of Agronomy and Soil Science. 60: 67-74.

Lemanowicz, J., Siwik-Ziomek, A. and Koper, J. 2014. Effects of farmyard manure and nitrogen fertilizers on mobility of phosphorus and sulphur in wheat and activity of selected hydrolases in soil. International Agrophysics. 28: 49-55.

Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and cholorophylls a. and b. of leaf extrats in different solvents. Biochemical Society Transations. 11: 591-592.

Lu, D., Lu, F., Pan, J., Cui, Z., Zou, C., Chen, X., He, M. and Wang, Z. 2015. The effects of cultivar and nitrogen management on wheat yield and nitrogen use efficiency in the North China Plain. Field Crops Research. 171: 157-164.

Plaut, Z., Butow, B.J., Blumenthal, C.S. and Wrigkey, C.V. 2004. Transport of dry mater into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. Field Crop Reserch. 86: 185-198.

Pranckietiene, I., Dromantiene, R., Smalstiene, V., Jodaugiene, D., Vaguseviciene, I., Paulauskiene, A. and Marks, M. 2020. Effect of liquid amide nitrogen fertilizer with magnesium and sulphur on spring wheat chlorophyll content, accumulation of nitrogen and yield. Journal of Elementology. 25(1): 139-152.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

Raffan, S., Oddy, J. and Halford, N.G. 2020. The Sulphur response in wheat grain and its implications for acrylamide formation and food safety. International Journal of Molecular Science. 21: 1-20.

Rahman, M.N., Sayem, S.M., Alam, M.K., Islam, M.S. and Mondol, A.T. 2007. Influence of sulphur on nutrient content and uptake by rice and its balance in old Brahmaputra floodplain soil. Journal of Soil Natural. 1(3): 1-10.

Rasmussen, I.S., Dresbøll, D.B. and Thorup-Kristensen, K. 2015. Winter wheat cultivars and nitrogen (N) fertilization effects on root growth, N uptake efficiency and N use efficiency. European Journal of Agronomy. 68: 38-49.

Riley, N.G., Zhao, F.J. and McGrath, S.P. 2000. Availability of different forms of sulphur fertilisers to wheat and oilseed rape. Plant and Soil. 222: 139–147.

SAS, 2008. SAS/STAT software, version 9.2 of the SAS system for windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Skudra, I. and Ruza, A. 2017. Effect of nitrogen and sulphur fertilization on chlorophyll content in winter wheat. Rural Sustainability Research. 37: 29-37.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M. and Murphy, A. 2015. Plant physiology and development. Ed. 6: 761 pp.

Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. The Journal of Ecology. 995-1001.

Vaguseviciene, I., Burbulis, N., Jonytiene, V. and Vasinauskiene, R. 2012. Influence of nitrogen fertilization on winter wheat physiological parameters and productivity. Journal of Food, Agriculture and Environment. 10: 733-736.

Wang, C., Liu, W., Li, Q., Ma, D., Lu, H., Feng, W., Xie, Y., Zhu, Y. and Guo, T. 2014. Effects of different irrigation and nitrogen regimes on root growth and its correlation with above-ground plant parts in high-yielding wheat under field conditions. Field Crops Research. 165: 138-149.

Wilson, T.L., Guttieri, M.J., Nelson, N.O., Fritz, A. and Tilley, M. 2020. Nitrogen and sulfur effects on hard winter wheat quality and asparagine concentration. Journal of Cereal Science 93: 1-7.

Yu, Z., Juhasz, A., Islam, S., Diepeveen, D., Zhang, J., Wang P. and Ma, W. 2018. Impact of mid-season Sulphur deficiency on wheat nitrogen metabolism and biosynthesis of grain protein. Scientific Reports. 8: 1-13.

Zhang, Y., Wang, J., Gong, S., Xu, D. and Sui, J. 2017. Nitrogen fertigation effect on photosynthesis, grain yield and water use efficiency of winter wheat. Agricultural Water Management. 179: 277-287.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]

Investigation the effect of bentonite sulfur and nitrogen levels on root growth and physiological characteristics and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.)

F. Rostami[1] and M.E. Ghobadi[2*]

1) Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran.

2) Associate Professor of Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran.

[*]**Corresponding author: eghbalghobadi@yahoo.com**

This article is an excerpt from a master's thesis.

Received date: 2020.12.23 **Accepted date: 2021.04.17**

Abstract

Consumption of appropriate amounts of nitrogen and sulfur together due to increased solubility of nutrients and nitrogen uptake increase wheat yield. Accordingly, a potted experiment was conducted using factorial method in a completely randomized design with four levels of urea fertilizer 0, 60, 120 and 180 kilogram per hectare of pure nitrogen with four levels of bentonite sulfur 0, 200, 400 and 600 kilogram per hectare on wheat of Sirvan cultivar and a field experiment with the same treatments in the form of a statistical design of randomized complete blocks using split plots with three replications in the research farm of Razi University of Agriculture and Natural Resources, Razi University of Kermanshah in 2016-2017 cropping year. In the pot experiment, the effects of interaction between nitrogen and sulfur as well as the effect of sulfur on the investigated traits in the roots were not significant. Conversely, the effect of nitrogen on most traits including total length, dry weight, density and root area was significant at 5 percent probability level. The highest values of these traits in pots were 5554 centimeters, 6.24 gram, 0.44 centimeters per qubic centimeters of soil and 1676 square centimeters with 120 kilogram per hectare of nitrogen fertilizer, respectively. The results of field experiments did not show the effect of interaction between treatments on yield traits, yield components and pigments, but the simple effect of nitrogen and sulfur on most yield traits and yield components was significant. Nitrogen consumption increased biomass yield, grain yield, number of grains per square meter and number of spikes. With 60 kilogram per hectare nitrogen application compared to the control increased by 30.6, 31.9, 19.8 and 20.0 percent, respectively, but there was no significant difference between nitrogen levels of 60, 120 and 180 kilograms per hectare. With the consumption of 200 kilograms per hectare of sulfur, grain yield increased by 8.8 percent. In general, the results showed that the yield of wheat of Sirvan irrigated cultivar with 60 of kilograms per hectare nitrogen and 200 kilograms per hectare of sulfur had the highest agricultural and economic yields.

Keywords: Photosynthetic pigments, Root and Soluble carbohydrates.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.50.1.8]