نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد شانزدهم، شماره ۲(۶۲)، تابستان ۱۴۰۱، صفحه ۲۸۶-۲۷۱

**مقاله پژوهشی** DOI: 10.30495/JCEP.2022.1918381.1746

# تاثیر کاربرد اوره و نیتراپایرین بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام مختلف گندم (*Triticum aestivume* L.) در شرایط مختلف خاک‌ورزی

**رضا نوذری [۱]، اسماعیل حدیدی ماسوله [۲*]، اعظم برزویی [۳]، سعید سیف‌زاده [۴] و علی اسکندری [۳]**

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۵**

## چکیده

به‌منظور بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کود اوره همراه با نیتراپایرین بر میزان کلروفیل، پروتئین دانه، عملکرد و اجزاء دو رقم گندم، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل خاک‌ورزی (رایج و حداقل)، کود اوره در سه سطح (صفر، ۱۵۰ کیلو اوره در هکتار و ۱۵۰ کیلو اوره در هکتار + نیتراپایرین) و ارقام گندم (ارگ و امیدبخش) بودند. نتایج نشان داد که سیستم‌های خاک‌ورزی بر صفات مورد بررسی تأثیرگذار بودند به طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل (۵/۱۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و شاخص سطح برگ (۳/۷۸) به ترتیب در خاک‌ورزی حداقل و رایج به‌دست آمد. بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۴/۸ درصد)، عملکرد دانه (۶۶۸/۳ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۴۲/۵ درصد) در خاک¬ورزی حداقل و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین به‌دست آمد. کاربرد همزمان اوره و نیتراپایرین باعث افزایش پروتئین دانه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت شد. هر دو رقم ارگ و امیدبخش بیشترین ارتفاع (به ترتیب ۱۰۲/۱۶ و ۱۰۴/۶۶ سانتی‌متر) و شاخص سطح برگ (به ترتیب ۳/۸ و ۳/۹) را در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تولید کردند. اثر متقابل سه‌گانه خاک¬ورزی، کود و رقم نیز تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ، عملکرد دانه و عملکرد زیستی داشت. در خاک¬ورزی حداقل، رقم امیدبخش در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره همراه با نیتراپایرین عملکرد دانه و عملکرد زیستی بهتری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، در شرایط شخم حداقل، رقم امیدبخش و کاربرد اوره همراه با نیتروپایرین توصیه می‌گردد.

**واژگان کلیدی**: پروتئین، خاک‌ورزی مرسوم، شاخص سطح برگ، کلروفیل، هدرروی نیتروژن.

**۱- دانش‌آموخته دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.**

**۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.**

**۳- استادیار پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران.**

**۴- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.**

*** نگارنده‌ی مسئول** es.hadidi@gmail.com

## مقدمه

نیتروژن از پرمصرف‌ترین و متحرک‌ترین عناصر خاک است که (بیش از ۹۰ درصد) در بقایای آلی خاک یافت می‌شود و به‌صورت نیترات و آمونیوم جذب گیاه می‌شود (Nascente *et al*., 2012). کود نیتروژن موجب افزایش تولید ماده خشک و سطح برگ گیاه و در نتیجه فرآورده‌های فتوسنتزی و عملکرد زیستی یا دانه می‌شود. از طرفی، دسترسی بیش از اندازه گیاه به نیتروژن، موجب تحریک بیش از حد رشد گیاه، نازک و ضعیف‌شدن ساقه و در نتیجه خوابیدگی بوته‌ها می‌گردد. همچنین، افزایش محتوای نیتروژن خاک باعث طولانی‌تر شدن دوره رشد گیاه، کاهش طول دوره زایشی و پر شدن دانه می‌شود که کاهش عملکرد دانه را به همراه دارد (Li *et al*., 2015). کارآیی جذب نیتروژن برای تولید غلات حدود ۳۳ درصد و بسته به نوع کود مصرفی، شرایط محیطی و خصوصیات خاک، هدرروی نیتروژن حدود ۱۰ تا بیش از ۵۰ درصد تخمین زده شده است که به صورت فرآیندهای مختلف از قبیل آبشویی، نیترات‌زدایی، فرسایش سطحی و تصعید از دسترس گیاه خارج و منجر به کاهش کارآیی مصرف آن می‌شود (Sommer *et al*., 2004; Sadeghpour *et al*., 2015).

نیتروژن موجود در بقایای موجودات زنده، طی فرایند معدنی‌شدن به آمونیوم و طی فرایند نیترات‌سازی و در حضور باکتری‌های *Nitrosomonas*، *Nitrosospira* و *Nitrobacter* به نیتریت و سپس نیترات تبدیل می‌شود (Marschner, 1995). نیترات به علت داشتن بار منفی به‌وسیله آب‌شویی، از محیط خاک خارج می‌شود. در صورتی که منافذ خاک بیش از اندازه مملو از آب باشد، باکتری‌های خاک‌زی، به جای اکسیژن، از $NO_3^-$ برای گرفتن الکترون استفاده می‌کنند. در نتیجه، نیتروژن به شکل گاز نیتروژن ($N_2$)، اکسید نیتروژن ($N_2O$) و اکسید نیتریک (NO) از محیط ریشه خارج می‌شود. بنابراین، طی فرایند دنیتریفیکاسیون نیتروژن خاک کاهش می‌یابد. علاوه بر مسایل مالی، هدرروی نیتروژن اثرات مخربی بر سلامت جامعه دارد که می‌توان به تغییر در کیفیت آب‌های زیرزمینی (مستقیم) و تغییر در آب و هوا و افزایش اثر گلخانه‌ای و در نتیجه افزایش گرمایش زمین (غیرمستقیم) اشاره کرد (Behera *et al*., 2013).

فراورده‌های بسیاری به‌عنوان بازدارنده هستند که یا به‌صورت طبیعی در طبیعت وجود دارند (زیستی) و یا به دست بشر تولید و استفاده می‌شوند (Moro *et al*., 2014). این مواد به روش‌های مختلف اعم از تأثیر بر آنزیم‌های مربوطه، اسیدیته محیط و باکتری‌های فعال در واکنش، از ورود نیتروژن قابل جذب گیاه (به هر شکل و فرمی) به محیط خاک و آب جلوگیری می‌کنند که در نهایت تعادل مناسبی بین نیتروژن موجود در محیط و نیتروژن مورد نیاز گیاه را فراهم می‌کند. ترکیبات بسیاری به دست بشر ساخته شده اما تنها برخی از آنها در شرایط مزرعه مورد استفاده قرار گرفته شده است که می‌توان به نیتراپایرین (2-chloro-6-trichloromethyl pyridine; nitrapyrin)، dicyandiamide (DCD)، N-(n-butyl) phosphorothioic (NBPT) triamide و 3-4 dimethylpyrazole (DMPP) phosphate اشاره کرد (Subbarao *et al*., 2006). به‌طورکلی، بازدارنده‌ها به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند، ۱) بازدارنده اوره‌آز (Urease inhibitor) و ۲) بازدارنده نیترات سازی (Nitrification

inhibitor). بازدارنده اوره‌آز از تبدیل اوره به $NH_4^+$ جلوگیری می‌کند (Mohammed *et al*., 2016).

یکی از پرمصرف‌ترین بازدارنده اوره‌آزها NBPT با فرمول شیمیایی $C_4H_9NHPS\ (NH_2)_2$ است. از پرمصرف‌ترین بازدارنده‌های نیترات‌سازی می‌توان به نیتراپایرین و DCD اشاره کرد. آمونیا مونواکسیژن (Ammonia monooxygenase) آنزیم دخیل در فرایند تبدیل آمونیوم به نیتریت و نیترات است که ترکیباتی مانند DCD به‌طور موقت به این آنزیم متصل شده و از فعالیت آن جلوگیری می‌کند (Moro *et al*., 2014). نیتراپایرین باعث کاهش فعالیت باکتری نیتروزوموناس و در نتیجه کاهش تولید نیترات و آبشویی آن می‌شود (Niu *et al*., 2018). از کودهایی که می‌توان همراه با نیتراپایرین استفاده کرد می‌توان به آمونیوم سولفات، آمونیوم نیترات، اوره و کودهای دامی اشاره کرد (Drury *et al*., 2017). گزارش شده که استفاده همزمان اوره با بازدارنده اوره‌آز، باعث کاهش هدرروی $NH_3$ می‌شود (Soares *et al*., 2014). همچنین، ترکیبات بازدارنده اوره‌آز با جلوگیری از فعالیت این آنزیم، موجب شدند که میزان تجمع $NH_3$ در خاک از ۲۵-۱۱ کیلوگرم در هکتار در کرت شاهد به ۶-۰ کیلوگرم در هکتار در کرت تیمار شده با بازدارنده برسد (Li *et al*., 2015). اگرچه این کاهش در میزان $NH_3$ تجمع یافته، تأثیری در عملکرد دانه گندم نداشت. باید به این نکته توجه داشت که بازدارنده‌ها، با کاهش فرآیند نیتروژن سازی، باعث تجمع نیتروژن به شکل‌های $NH_4$ یا $NH_3$ در خاک می‌شوند. تجمع این شکل از نیتروژن صرفاً باعث افزایش کارآیی مصرف نیتروژن نمی‌شود چرا که ممکن است به علت هوادهی بالای خاک و یا وجود رطوبت بیش از اندازه خاک، نیتروژن به‌صورت گازی و یا آبشویی از دسترس گیاه خارج شود. بنابراین، کارآیی مصرف این مواد با توجه به آب و هوای منطقه و نوع مدیریت خاک متغییر است.

به‌جز نوع کود مصرفی، به روش‌های دیگر نیز می‌توان از اتلاف نیتروژن جلوگیری کرد. خاک¬ورزی اگرچه راهی برای تهیه بستری برای جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه است اما درصورتی که به درستی اعمال نشود، باعث انتشار و هدرروی نیتروژن چه به‌صورت گازی و چه به‌صورت آبشویی می‌شود (Keshavarz Afshar *et al*., 2018). استفاده از سیستم خاک¬ورزی‌های مختلف باعث تغییر در ساختمان خاک از طریق خرد کردن خاکدانه‌ها، تغییر در ساختار و یا اندازه خلل و فرج و نظم و ترتیب ذرات خاک شده و همه این تغییرات باعث تغییر در سایر خصوصیات فیزیکی خاک می‌گردد. عملیات خاک‌ورزی حداقل به عملیاتی گفته می‌شود که طی آن کمترین آسیب به منابع خاک و آب وارد گردد. اگرچه در خاک‌ورزی حداقل، فرسایش آبی و بادی خاک کاهش می‌یابد اما وجود علف‌های هرز، تراکم خاک، وجود لوله‌های مویین باعث خروج رطوبت از دسترس ریشه و عدم توانایی گیاه در گسترش ریشه می‌شود. از طرفی، شخم رایج و مرسوم نیز با بهم زدن خاک علاوه بر افزایش فرسایش بادی و آبی خاک، باعث افزایش تصعید نیتروژن می‌گردد.

بنابراین، هدف این آزمایش بررسی نقش نظام‌های مختلف خاک‌ورزی به همراه کاربرد کود نیتروژن و نیتروپایرین بر کلروفیل، خصوصیات برگ، نیتروژن و پروتئین دانه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی دو رقم گندم می‌باشد. در واقع، پاسخ به این پرسش که مصرف کود اوره به تنهایی و یا همراه با نیتروپایرین در

نظام‌های مختلف خاک‌ورزی چه تأثیری در بهبود عملکرد کیفی و کمی دانه گندم دارد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف خاک‌ورزی و کود اوره به همراه نیتراپایرین بر افزایش کارآیی مصرف نیتروژن بر روی خصوصیات کمّی و کیفی در ارقام گندم، در سال زراعی ۱۳۹۶- ۱۳۹۵، در محل مزرعه‌ی آموزشی پژوهشی زعفرانیه کرج وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی هسته‌ای کرج (سازمان انرژی اتمی) واقع در '۵۱ و°۳۱ طول شرقی و '۳۵ و °۲۰ عرضی شمالی در ارتفاع ۱۰۵۰ متری از سطح دریا با متوسط بارندگی بلند مدت ۲۴۴ میلی‌متر انجام گرفت (جدول ۱). بافت خاک مزرعه آزمایش، شنی-لومی با اسیدیته ۷/۷ و هدایت الکتریکی ۰/۷۰ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۲).

برای انجام تحقیق مورد نظر از آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار استفاده شد. سیستم‌های خاک‌ورزی در کرت‌های اصلی و تیمارهای کودی و ارقام گندم به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. خاک‌ورزی در دو سطح خاک¬ورزی حداقل (یک‌بار با چیزل آماده سازی بستر، سپس عملیات کاشت با عمیق کار) و خاک‌ورزی رایج (دو بار چیزل عمود برهم و دو بار دیسک و کاشت با عمیق کار) بود. کرت‌های فرعی شامل تیمارهای کودی در سه سطح (بدون کود، ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار+نیتروپایرین) و تیمار رقم در دو سطح (ارقام ارگ و امیدبخش) که به‌صورت فاکتوریل قرار گرفتند. رقم ارگ از دو رگ‌گیری بین گندم اینیا (Inia) با منشاء سیمیت و دارای کیفیت خوب و لاین متحمل به شوری ( Ec Soil & Water = 8-12 $ds.m^{-1}$) با میانگین عملکرد دانه ۴/۷۱ تن در هکتار است که توسط کمیته فنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر معرفی شد. رقم امیدبخش، توسط پژوهشگاه کشاورزی هسته‌ای معرفی شده است. بدین منظور، بذور دو رقم ارگ و بم، پرتوتاپی و بذور حاصله از نظر تحمل به شوری مورد بررسی قرار گرفتند که در نهایت رقم امیدبخش (جهش‌یافته رقم ارگ) معرفی شد.

لاین امیدبخش با منشاء سیمیت و از تلاقی ( SNLG/3/EMB16/CBRD//CBRD/4/ KA/ NAC/TRCH) به‌دست آمد. نیتروپایرین مورد استفاده (pyridine 2-chloro-6-trichloromethyl) از شرکت شیمیایی رازی (اصفهان) تهیه و قبل از آماده‌سازی زمین به میزان ۱ گرم در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب محلول‌پاشی و تا عمق ۳۰ سانتی‌متر با خاک مخلوط شد ( Chen *et al*., 1994; Valizadeh *et al*., 2002). کلیه عملیات داشت از جمله آبیاری و کنترل علف‌های‌هرز طبق روال منطقه انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف به طول پنج متر و فاصله خطوط ۱۵ سانتی‌متر از هم بود. در طول کشت پنج مرحله آبیاری در مراحل حساس گیاه انجام شد که در مجموع ۶۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار مصرف شد.

به‌منظور بررسی تیمارهای اعمال شده بر صفات مورد مطالعه، نمونه‌برداری‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در ۴ تیر ماه انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان عملکرد دانه، پس از حذف حاشیه‌ها، کلیه بوته‌های موجود در مساحت دو متر مربع میانی از هر کرت آزمایشی برداشت و سپس به‌روش دستی دانه‌ها از سنبله جدا و توزین

شدند. برای تعیین نیتروژن دانه، ابتدا نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۶۰ درجه سلسیوس خشک و سپس آسیاب شدند. از نمونه‌های آسیاب شده عصاره هضم تهیه و اندازه‌گیری به روش کجلدال انجام گرفت. درصد پروتئین دانه با ضرب غلظت نیتروژن دانه در عدد ۶/۲۵ و ضرب آن در عدد صد محاسبه گردید (Salo-väänänen and Koivistoinen, 1996). تجزیه آماری با استفاده از داده‌پرداز SAS 9.0 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد و ترسیم شکل با استفاده از داده‌پرداز اکسل صورت گرفت.

## نتایج و بحث

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) تمام صفات مورد بررسی به جز وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و میزان نیتروژن و پروتئین دانه تحت تأثیر اثرات اصلی تیمارهای اعمال شده قرار گرفتند.

ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ، نیتروژن و پروتئین دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت تحت تأثیر برهمکنش سیستم‌های خاک‌ورزی در تیمارهای کودی معنی‌دار شدند. سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی در رقم تنها در صفات ارتفاع گیاه و وزن خشک برگ تفاوت معنی‌داری ایجاد کردند. همچنین، تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر برهمکنش تیمارهای کودی در رقم معنی‌دار شدند. در نهایت، صفات وزن خشک برگ، عملکرد دانه و عملکرد زیستی تحت تأثیر برهمکنش سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی ×تیمارهای کودی×رقم، معنی‌دار شد.

### کلروفیل کل برگ

بیشترین میزان کلروفیل کل برگ در شخم حداقل با میزان ۵/۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر به دست آمد که نسبت به شخم رایج ۱۰ درصد بیشتر بود (شکل ۱). نتایج جدول ۴ حاکی از این بود که بر همکنش ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره همراه با نیتراپایرین×رقم امیدبخش، با میزان ۵/۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر بیشترین میزان کلروفیل برگ را دارا بود. اگرچه رقم ارگ × ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره نیز با میزان ۵/۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر، در گروه آماری برتر قرار داشت. کمترین میزان کلروفیل برگ، در کرت بدون کاربرد کود × رقم ارگ، با میزان ۴/۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر مشاهده شد (جدول ۴).

شخم رایج باعث کاهش میـزان کلروفیل شـــد که به نظر می‌رسد به دلیل افزایش فراهمی عناصر از خاک باشد. بقایای گیاهی باقیمانده در شخم حداقل، باعث افزایش ماده آلی و نیتروژن، بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکرواورگانیسم‌های خاک می‌شود که در نهایت، باعث بهبود میزان رنگدانه کلروفیل شد. از طرفی افزایش میزان کلروفیل گیاه در تیمارهای کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار همراه با نیتراپایرین، در هر دو تیمار خاک¬ورزی، مربوط به نقش نیتروژن در ساخت کلروفیل و آمینواسیدهای مربوطه است که در نهایت منجر به افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود. نتایج مشابهی از افزایش میزان کلروفیل برگ با کاربرد نیتروژن توسط میدها و همکاران (Midha *et al.*, 2015) و منا و جین (Meena and Jain, 2013) گزارش شده است.

تفاوت در پاسخ ارقام به تیمارهای کودی نیز می‌تواند ناشی از اختلاف ژنتیکی در میزان نفوذ عمقی و گسترش ریشه گیاه باشد (Pouri *et al.*, 2019).

**ارتفاع گیاه**

بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هر دو رقم ارگ و امیدبخش با میانگین ۱۰۲/۱۶ و ۱۰۴/۶۶ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۴). همچنین، کمترین ارتفاع گیاه نیز در هر دو رقم در کرت بدون تیمار کودی مشاهده شد. برهمکنش خاک¬ورزی×تیمارهای کودی نشان داد که در شرایط شخم رایج، کرت بدون کود و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۹۳/۱۶ و ۹۱/۳۳ سانتی‌متر، بیشترین ارتفاع گیاه را دارا بودند (جدول ۵). در شرایط شخم حداقل، تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار با میانگین ۸۶/۳۳ سانتی‌متر، کمترین ارتفاع گیاه را به‌دست آورد. در شرایط شخم حداقل، بین تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتراپایرین و کرت شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). در بین دو رقم مورد استفاده، رقم ارگ در شرایط شخم معمول، با میانگین ۹۳/۲۲ سانتی‌متر، بیشترین ارتفاع گیاه را به‌دست آورد (شکل ۲). سایر تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. افزایش ارتفاع در هر دو رقم و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار می‌تواند به علت افزایش در تقسیم سلولی در نواحی مریستمی باشد. از آنجا که بازدارنده‌های نیترات‌سازی از تبدیل آمونیوم به نیترات جلوگیری می‌کند در نتیجه میزان $NH_4^+$ خاک افزایش می‌یابد که احتمالاً به شکل نیتروژن آلی و یا گازی، از محیط ریشه و دسترس گیاه خارج شده است (Behera *et al*., 2013). ارتفاع گیاه در تیمار شخم رایج و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتروپایرین کاهش پیدا کرد. احتمالاً شخم رایج با فراهم نمودن شرایط هوازی بهتر نسبت به شخم حداقل، شرایط را برای اکسید کردن $NH_4^+$ و تبدیل آن به دی‌نیتروژن منواکسید ($N_2O$) فراهم کرده است. در شخم حداقل، تیمار کودی حاوی نیتراپایرین، موجب افزایش ارتفاع بوته نسبت به دو تیمار دیگر شد که می‌توان دلیلی بر این باشد که تهویه کمتر در شخم حداقل باعث کاهش نیتروژن در دسترس گیاه شده است. بیشتر بودن ارتفاع بوته رقم ارگ در شخم رایج نسبت به شخم حداقل نیز به علت کاهش تراکم خاک، گسترش راحت‌تر و سریع‌تر ریشه و در نهایت استفاده بهتر از منابع آبی و غذایی می‌باشد (Drury *et al*., 2017).

**شاخص سطح برگ**

بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار شخم رایج با میانگین ۳/۷۸ به‌دست آمد که نسبت به شخم حداقل، ۳/۴ درصد بیشتر بود (شکل ۱). برهمکنش تیمار کودی × رقم نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ در هر دو رقم ارگ و امیدبخش در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌ترتیب با میانگین ۳/۸۸ و ۳/۹۸ به‌دست آمد (جدول ۴). در هر دو رقم، عدم کاربرد کود باعث کاهش شاخص سطح برگ شد به نحوی که کمترین میزان شاخص سطح برگ در کرت بدون تیمار کودی مشاهده شد (جدول ۴). گزارش شده است که در تیمارهای بدون خاک¬ورزی و یا با خاک¬ورزی حداقل، افزایش وزن مخصوص خاک، کمتر بودن خلل و فرج و تراکم بیشتر خاک از یک سو موجب کاهش انتشار اکسیژن در منافذ خاک و اختلال در تنفس ریشه و از سوی دیگر باعث ایجاد مقاومت در برابر توسعه ریشه می‌شود (Wang *et al*., 2015). از این عوامل می‌توان به عنوان دلایل کاهش شاخص سطح برگ در شخم حداقل نام برد. علت افزایش شاخص سطح برگ در نتیجه افزایش کود نیتروژن، تأثیر این عنصر بر

تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها عنوان شده است (Zheng *et al*., 2019).

**وزن خشک برگ**

جدول برهمکنش سه گانه سیستم‌های خاک¬ورزی×تیمار کودی×رقم نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ در هر دو رقم ارگ و امیدبخش در شخم رایج و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۳۵۰/۵ و ۳۳۷/۰۶ گرم در متر مربع به‌دست آمد (جدول ۶). در هر دو سیستم خاک¬ورزی و تمام تیمارهای کودی، رقم ارگ از وزن خشک بیشتری نسبت به رقم امیدبخش برخوردار بود. همچنین، رقم امیدبخش در کرت بدون کود و تمام سیستم‌های خاک¬ورزی، کمترین وزن خشک برگ را به‌دست آورد (جدول ۶). به نظر می‌رسد توسعه کمتر ریشه در شخم حداقل (Li *et al*., 2015)، موجب کاهش تنفس ریشه‌ها و کاهش دسترسی به عناصر غذایی شده است که در نتیجه کاهش وزن برگ رخ داده است. از سوی دیگر بهبود شرایط خاکی و فراهمی نیتروژن باعث افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود که در نتیجه تولید کربوهیدرات‌های بیشتر و وزن خشک بالاتر برگ را به همراه دارد. از آنجا که میزان رشد ریشه گیاهان زراعی با درجه تراکم خاک ارتباط معکوسی دارد (Moro *et al*., 2014)، احتمالاً رشد ریشه در خاک¬ورزی حداقل کاهش یافته است که منجر به کاهش جذب عناصر غذایی و وزن خشک برگ شده است (Dorota *et al*., 2014). بنابراین، می‌توان گفت که خاک‌ورزی رایج از طریق تاثیر بر مقاومت مکانیکی خاک، هوادهی خاک، پیوستگی و پایداری و اندازه منافذ و همچنین مقدار منافذ زیستی خاک، درجه حرارت خاک، میزان آب خاک، عناصر غذایی خاک و برهمکنش آنها (Botta *et al*., 2010)، می‌تواند میزان رشد ریشه (Alvarez and Steinbach, 2009) و در نتیجه رشد بخش‌های هوایی گیاه را متأثر نماید. افزایش تنوع گونه‌های علف‌های هرز همزمان با کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی، سختی خاک، فعالیت کمتر ریشه و رقابت بیشتر بین گیاه زراعی و علف‌هرز برای جذب نیتروژن می‌تواند (Keshavarz Afshar *et al*., 2018) از جمله دلایل کاهش وزن خشک برگ در تیمار خاک‌ورزی حداقل باشد. گزارش شده است که با افزایش نیتروژن، وزن خشک برگ افزایش یافت (Keshavarz *et al*., 2018). حاصلخیزی خاک از جمله عوامل تاثیرگذار بر قابلیت رقابت گیاه زراعی و علف هرز می‌باشد و کاهش وزن خشک برگ گندم در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتراپایرین احتمالاً به علت کاهش نیتروژن معدنی محیط ریشه است.

**پروتئین دانه**

بیشترین درصد پروتئین دانه، در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و رقم ارگ با میانگین ۱۴/۱ درصد به‌دست آمد که نسبت به رقم ارگ در کرت بدون کود و رقم ارگ در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتراپایرین، به‌ترتیب ۲۴/۸ و ۷ درصد بیشتر بود (جدول ۴). کمترین درصد پروتئین دانه در هر دو رقم در کرت بدون کود، به‌دست آمد (جدول ۴). با توجه به جدول ۵، بیشترین درصد پروتئین دانه در سیستم خاک¬ورزی حداقل و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار + نیتراپایرین با میانگین ۱۴/۸ درصد به‌دست آمد. کمترین درصد پروتئین دانه، در شخم رایج و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کرت بدون کود به‌ترتیب به میانگین‌های ۱۱/۷۶ و ۱۱/۳۶ درصد به‌دست آمد. از آنجا که محتوی پروتئین دانه گندم در

مدیریت‌های زراعی مختلف از جمله میزان، زمان و چگونگی مصرف نیتروژن، نوع رقم و شرایط محیطی در مراحل قبل و بعد از گرده افشانی قرار دارد (Drury *et al*., 2017) می‌توان این‌گونه استنباط کرد که مصرف نیتراپایرین به‌همراه مصرف اوره، موجب فراهمی نیتروژن و افزایش زیست توده شده است که بخشی از نیتروژن هم به‌صورت پروتئین در دانه ذخیره شد. گزارش‌هایی مبنی بر بهبود عملکرد پروتئین دانه گندم بر اثر وجود مقادیر کافی از نیتروژن، صورت گرفته است (Keshavarz Afshar *et al*., 2018). از طرفی، همین تیمار کودی (۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتروپایرین) در شخم حداقل بیشترین پروتئین دانه را به‌دست آورد. احتمالاً کمتر بودن تهویه خاک در شخم حداقل نسبت به شخم رایج، باعث ماندگاری بیشتر $NH_4^+$ در خاک شده و از اکسید شدن و یا آبشویی آن جلوگیری کرده است.

**وزن هزار دانه**

بیشترین وزن هزار دانه در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم+نیتراپایرین و رقم امیدبخش با میانگین ۳۸/۲ گرم به‌دست آمد که نسبت به همین رقم در کرت کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کرت بدون کود به‌ترتیب ۷ و ۹ درصد بیشتر بود (جدول ۴). سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. پوری و همکاران (Pouri *et al*., 2019) بیان داشتند که وزن هزار دانه علاوه بر ژنتیک گیاه به دو عامل شرایط محیطی و خصوصیات خاک بستگی دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان چنین استنباط کرد که تأثیر نوع و مدیریت منابع کودی بر عملکرد گیاهان زراعی قابل توجه است. در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره+نیتراپایرین، به‌علت وجود مقادیر مناسب عناصر غذایی و سهل‌الوصول شدن عنصر نیتروژن، رشد گیاه تسریع شده است. احتمالاً به‌واسطه استفاده از بازدارنده آزادسازی نیتروژن و با توجه به اینکه نیتروژن به آرامی و در زمان طولانی‌تری آزاد می‌شود، احتمالاً توانسته تا پایان فصل رشد نیتروژن مورد نیاز گیاه را فراهم کند (Safari *et al*., 2021).

**عملکرد دانه**

بیشترین عملکرد دانه در تیمار شخم حداقل × ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار همراه با نیتراپایرین × رقم امیدبخش با میانگین ۶۹۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۶) که نسبت به کمترین عملکرد دانه (۴۰۴۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شخم رایج × کرت بدون کود × رقم ارگ، ۴۱/۶ درصد بیشتر بود. با توجه به میانگین‌های کودی و رقم، شخم حداقل ۱۴/۳ درصد عملکرد دانه بیشتری نسبت به شخم حداکثر داشت. معمولاً در سیستم خاک¬ورزی حداقل، به‌دلیل حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، ماده آلی، ذخیره رطوبت و در نتیجه حاصلخیزی خاک افزایش می‌یابد که در نتیجه منجر به افزایش عملکرد دانه گیاه می‌گردد (Keshavar Afshar *et al*., 2018). از طرفی، نحوه اعمال عملیات زراعی باعث تغییر در رشد ریشه، میزان آب در دسترس و اندازه خاکدانه‌های لایه متراکم خاک می‌شود (Moro *et al*., 2014). از آن‌جایی که تحت تأثیر برهمکنش سه‌گانه (جدول ۶)، وزن خشک برگ کمتر، اما عملکرد دانه و عملکرد زیستی بیشتری به‌دست آمد، می‌توان این گونه استنباط کرد که تسهیم بیشتر فراورده‌های فتوسنتزی به سمت دانه و ساقه گیاه بوده است. نیتروژن با افزایش تولید زیست توده و افزایش سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، باعث باروری، افزایش تعداد دانه در سنبله و پر شدن بهتر آنها بعد از گل‌دهی

می‌شود که این امر سبب افزایش عملکرد دانه گردید. در این تیمار، رقم امیدبخش نسبت به رقم ارگ، ۷/۵ درصد عملکرد بیشتری داشت. نتایج این تحقیق با یافته‌های دوراتا و همکاران (Dorata *et al.*, 2016)، بوتا و همکاران (Botta *et al.*, 2010) و آلوارز و استینباج (Alvarez and Steinbach, 2009) مشابه می‌باشد.

**عملکرد زیستی**

بیشترین عملکرد زیستی در شخم حداقل× تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار + نیتراپایرین × رقم امیدبخش با میانگین ۱۶۱۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار (۱۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شخم رایج × کرت بدون کود × رقم ارگ، ۲۲/۵ درصد بیشتر بود (جدول ۶). با توجه به میانگین تیمار کودی و رقم، شخم رایج ۷/۳ درصد عملکرد زیستی کمتری نسبت به شخم حداقل داشت (جدول ۵).

عملکرد زیستی نشان‌دهنده‌ی توانایی گیاه در استفاده از عوامل محیطی مانند نور و مواد غذایی برای تولید ماده خشک می‌باشد. به‌نظر می‌رسد در نتیجه فراهمی نیتروژن مورد نیاز گیاه و جلوگیری از هدرروی نیتروژن در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار+ نیتروپایرین در شرایط خاک¬ورزی حداقل، رقم امیدبخش توانست عملکرد زیستی بیشتری نسبت به سایر تیمارها و حتی رقم ارگ داشته باشد.

نتایج مشابه دیگری نیز وجود دارند که حاکی از آن است که عملکرد زیستی تحت تاثیر سیستم خاک¬ورزی و کاربرد کندکننده‌های آزادسازی نیتروژن باعث افزایش عملکرد زیستی گیاه می‌گردد (Keshavarz Afshar *et al.*, 2018).

**شاخص برداشت**

تحت تأثیر برهمکنش تیمار خاک¬ورزی و کودی (جدول ۵)، بیشترین شاخص برداشت در شخم حداقل و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار +نیتراپایرین با میانگین ۴۲/۵ درصد مشاهده شد که نسبت به تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کرت بدون کود در همین شرایط خاک¬ورزی، به‌ترتیب ۹/۶ و ۱۱/۲ درصد بیشتر بود. با توجه به میانگین تیمارهای کودی، شخم حداکثر نسبت به شخم حداقل، ۷/۴ درصد شاخص برداشت کمتری داشت (جدول ۵). با توجه به جدول ۴، تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتراپایرین و ارقام ارگ و امیدبخش، به ترتیب با میانگین‌های ۴۰/۱ و ۴۰/۹ درصد، بیشترین شاخص برداشت را به‌دست آوردند. کمترین شاخص برداشت در کرت بدون کود و رقم ارگ با میانگین ۳۴/۲ درصد به‌دست آمد. افزایش شاخص برداشت نشان‌دهنده‌ی توانایی بیشتر گیاه در انتقال و اختصاص بیشتر مواد پرورده به اندام‌های هوایی است و یکی از شاخص‌های مورد استفاده جهت ارزیابی کارآیی تقسیم ماده خشک گیاهان زراعی محسوب می‌شود. از آن‌جایی که نسبت ماده خشک دانه به کل ماده خشک گیاهی، ارتباط بسیار نزدیکی با میزان نیتروژن مصرفی دارد، بنابراین، کمبود نیتروژن با تغییر در تسهیم مواد پرورده حاصل از فتوسنتز، باعث کاهش نسبت ماده خشک دانه به کل ماده خشک گیاهی می‌شود. همچنین، در خاک¬ورزی رایج به دلیل تهویه و شرایط رطوبتی بهتر نسبت به خاک¬ورزی حداقل (Keshavarz Afshar *et al.*, 2018)، نیتروژن سریع‌تر از دسترس خارج می‌شود که این امر ممکن است دلیلی بر کاهش شاخص برداشت در سیستم خاک¬ورزی رایج باشد. از

طرفی حتی در صورت فراهمی نیتروژن، رشد رویشی نسبت به رشد زایشی بیشتر می‌شود که این امر خود باعث کاهش طول دوره زایشی و در نتیجه کمتر شدن عملکرد دانه گیاه می‌گردد. گزارش شده که با مدیریت مصرف کود می‌توان رشد و نمو، عملکرد و در نهایت شاخص برداشت گندم را تحت تأثیر قرار داد (Drury *et al*., 2017).

## نتیجه‌گیری کلی

سیستم‌های خاک¬ورزی بر صفات مورد بررسی تأثیرگذار بودند به‌طوری‌که، بیشترین میزان کلروفیل و شاخص سطح برگ به‌ترتیب در خاک¬ورزی حداقل و رایج به‌دست آمد. از طرفی بیشترین میزان پروتئین دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در خاک¬ورزی حداقل و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین به‌دست آمد.

در هر دو رقم، کاربرد همزمان اوره و نیتراپایرین باعث افزایش پروتئین دانه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت شد. بیشترین ارتفاع و شاخص سطح برگ در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌دست آمد. در خاک¬ورزی حداقل، رقم امیدبخش در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره+نیتراپایرین نتایج بهتری در مقدار عملکرد دانه و عملکرد زیستی داشت. بنابراین، در صورت استفاده از شخم حداقل، رقم امیدبخش و کاربرد همزمان اوره + نیتروپایرین می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

**جدول ۱**- مشخصات آب و هوایی منطقه مورد آزمایش

**Table 1-** The meteorological characteristics of the study region

| Months | October | November | December | January | February | March | April | May | June | July |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **متوسط دما هوا** M.A.T. (◦C) | 17.3 | 10.5 | 4.9 | 1.3 | 0.9 | 5.2 | 10.7 | 15.2 | 21.2 | 26.6 |
| **متوسط بارندگی** M.R. (mm) | 11.9 | 59.5 | 73.5 | 72.4 | 79 | 81.6 | 64 | 34.3 | 2.1 | 0.6 |

M.A.T. = mean air temperature; M.R. = mean rain.

**جدول ۲**- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک مزرعهٔ آموزشی – پژوهشی زعفرانیه کرج

**Table 2-** Soil Physico-chemical analysis of educational-research farm soil, Zaferanieh, Karaj

| Soil depth **عمق ریشه** | Sand | Silt | Clay | FC | PWP | OM | EC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **سانتی‌متر** | | | % | | | | $dS\ m^{-1}$ |
| 0-40 | 61.2 | 20.0 | 18.8 | 16.5 | 9.2 | 0.05 | 0.7 |

FC: field capacity; PWP: Permanent wilting point; OM: organic matter; EC: electrical conductivity

**جدول ۳**- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفو-فیزیولوژیک، عملکرد و پروتئین دانه گندم تحت تاثیر تیمارهای خاک‌ورزی، کود و رقم

**Table 3-** Analysis of variance (mean squares) of morpho-physiological traits, yield and grain protein of wheat (*aestivum sativa* L.) in different tillage, fertilizer and cultivar

| منابع تغییر Source of variation | درجه آزادی df | کلروفیل کل T Chl | ارتفاع گیاه Plant height | شاخص سطح برگ LAI | وزن خشک برگ LDW | پروتئین دانه Grain Protein |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار Replication (R) | 2 | 0.29 ns | 3.52 ns | 0.018 ns | 113.84 ns | 0.022 ns |
| خاک‌ورزی Tillage (T) | 1 | 10.45 * | 42.25 * | 0.17 * | 2503.33 * | 21.93 ** |
| خطای کرت اصلی Main plot error | 2 | 0.31 | 0.75 | 0.0019 | 55.14 | 0.058 |
| کود Fertilizer (F) | 2 | 2.66 ** | 21.02 ns | 0.013 ns | 401.7 ** | 10.56 ** |
| رقم Cultivar (C) | 1 | 2.25 * | 51.36 ** | 0.0002 ns | 2865.81 ** | 0.0002 ns |
| T×F | 2 | 0.54 ns | 49.75 ** | 0.018 ns | 632.15 ** | 1.84 * |
| T×C | 1 | 0.09 ns | 61.36 ** | 0.0025 ns | 1106.67 ** | 0.03 ns |
| F×C | 2 | 10.28 ** | 2218.86 ** | 0.57 ** | 22577.9 ** | 26.19 ** |
| T×F×C | 2 | 0.98 ns | 16.02 ns | 0.01 ns | 1886.4 ** | 0.42 ns |
| خطای کرت فرعی Subplot error | 20 | 0.45 | 6.17 | 0.013 | 95.84 | 0.52 |
| ضریب تغییرات C.V. (%) | | 4.26 | 2.77 | 3.17 | 3.51 | 5.72 |

ns ، * و ** به ترتیب نشان دهنده‌ی عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطوح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and **: Non significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

T Chl: total chlorophyll; LAI: leaf area index; LDW: leaf dry weight; CV: coefficin variance.

**ادامه جدول ۳-**

**Table 3-** Continued

| منابع تغییر Source of variation | درجه آزادی df | وزن هزار دانه 1000-Grain Weight | عملکرد دانه Grain Yield | عملکرد زیستی Biological Yield | شاخص برداشت Harvest index |
|---|---|---|---|---|---|
| تکرار Replication (R) | 2 | 2.74 ns | 25186.3 ns | 205354 ns | 5.13 ns |
| خاک‌ورزی Tillage (T) | 1 | 31.54 ns | 6405117 ** | 10665667 ** | 79.21 * |
| خطای کرت اصلی Main plot error | 2 | 18.10 | 36792 | 12584 ns | 1.17 |
| کود Fertilizer (F) | 2 | 23.87 ** | 3884152 ** | 5399229 ** | 56.98 ** |
| رقم Cultivar (C) | 1 | 6.67 ns | 342810 ** | 707000 ** | 4.00 * |
| T×F | 2 | 3.72 ns | 242467 ** | 232354 ns | 2.71 * |
| T×C | 1 | 0.34 ns | 17 ns | 40334 ns | 0.93 ns |
| F×C | 2 | 10.87 * | 3222750 ** | 6181292 ** | 39.81 ** |
| T×F×C | 2 | 7.06 ns | 86129 * | 314792 * | 0.71 ns |
| خطای کرت فرعی Subplot error | 20 | 2.07 | 24051 | 86556.9 | 0.76 |
| ضریب تغییرات C.V. (%) | | 4.02 | 2.84 | 2.06 | 2.29 |

ns ، * و ** به ترتیب نشان دهنده‌ی عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطوح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and **: Non significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

T Chl: total chlorophyll; LAI: leaf area index; LDW: leaf dry weight; CV: coefficin variance.

**جدول ۴**- مقایسه میانگین اثر دوگانه تیمارهای اعمال شده بر صفات مورفوفیزیولوژیک گندم

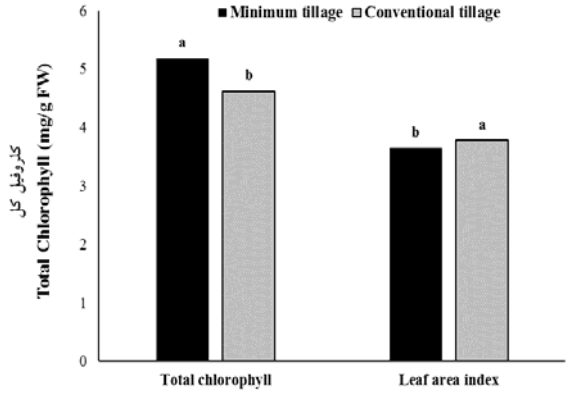
**Table 4-** Two-way interaction of applied treatments on morphophysiologic traits of wheat

| تیمار Treatment | | کلروفیل کل Total chlorophyll (mg $g^{-1}$ FW) | ارتفاع گیاه Plant height (cm) | شاخص سطح برگ Leaf area index | پروتئین دانه Grain protein (%) | وزن هزار دانه 1000-Grain Weight (g) | شاخص برداشت Harvest index (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عدم کاربرد no-application | ارگArg | 4.1 | 77.6 | 3.5 | 10.6 | 33.5 | 34.2 |
| | امیدبخش Omidbakhsh | 4.8 | 75.5 | 3.4 | 10.7 | 34.7 | 35.9 |
| ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار 150 kg $ha^{-1}$ urea | ارگArg | 5.4 | 102.1 | 3.8 | 13.1 | 36.0 | 38.9 |
| | امیدبخش Omidbakhsh | 4.2 | 104. a | 3.9 | 12.9 | 35.5 | 38.4 |
| ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتراپایرین 150 kg $ha^{-1}$ urea + nitrapyrin | ارگArg | 5.1 | 92.6 | 3.7 | 14.1 | 36.3 | 40.1 |
| | امیدبخش Omidbakhsh | 5.5 | 85.1 | 3.6 | 14.2 | 38.2 | 40.9 |
| LSD | | 0.31 | 2.9 | 0.14 | 0.87 | 1.7 | 1.05 |

**جدول ۵**- مقایسه میانگین اثر دوگانه تیمارهای اعمال شده بر ارتفاع گیاه، پروتئین دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم

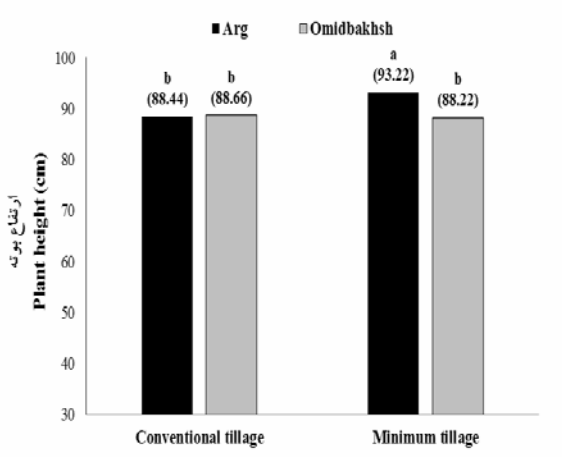
**Table 5-** Two-way interaction of applied treatment on plant height, grain protein, grain yield and harvest index of wheat

| تیمار Treatment | | ارتفاع گیاه Plant height (cm) | پروتئین دانه Grain protein (%) | عملکرد دانه Grain yield (Kg $ha^{-1}$) | شاخص برداشت Harvest index (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| خاکورزی حداقل Minimum tillage | عدم کاربرد no-application | 89.1 | 12.2 | 5366.8 | 37.7 |
| | ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار 150 kg $ha^{-1}$ urea | 86.3 | 11.3 | 5569.1 | 38.4 |
| | ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتراپایرین 150 kg $ha^{-1}$ urea + nitrapyrin | 90.1 | 14.8 | 6668.3 | 42.5 |
| خاکورزی رایج Conventional tillage | عدم کاربرد no-application | 93.1 | 13.1 | 4626.0 | 34.9 |
| | ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار 150 kg $ha^{-1}$ urea | 91.3 | 11.7 | 4944.1 | 36.3 |
| | ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتراپایرین 150 kg $ha^{-1}$ urea + nitrapyrin | 87.6 | 12.4 | 5503.3 | 38.5 |
| LSD | | 2.9 | 0.87 | 186.7 | 1.05 |




شکل ۱- مقایسه میانگین‌های تیمار خاک‌ورزی بر صفات کلروفیل کل و شاخص سطح برگ

**Figure 1-** Mean comparison of total chlorophyll content and leaf area index of wheat affected by tillage treatment.




**شکل ۲**- برهمکنش خاک‌ورزی و رقم بر ارتفاع بوته گندم

**Figure 2-** Interaction effect of tillage and cultivar levels on wheat plant height

**جدول ۶**- مقایسه میانگین اثر سه‌گانه تیمارهای اعمال شده بر وزن خشک، عملکرد دانه و عملکرد زیستی گندم

**Table 6-** Three-way interaction of applied treatment on leaf dry weight, grain yield and biological yield of wheat

| Treatment | | | وزن خشک برگ Leaf dry weight (g/plant) | عملکرد دانه Grain yield (Kg ha$^{-1}$) | عملکرد زیستی Biological yield (Kg ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| خاکورزی حداقل Minimum tillage | عدم کاربرد no-application | ارگ Arg | 247.3 | 4800.3 | 13333.3 |
| | | امیدبخش Omidbakhsh | 217.1 | 5031.7 | 13666.7 |
| | ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار 150 kg ha$^{-1}$ urea | ارگ Arg | 310.3 | 6106.7 | 15233.3 |
| | | امیدبخش Omidbakhsh | 277.1 | 5933.3 | 15041.7 |
| | ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتراپایرین | ارگ Arg | 297.1 | 6406.7 | 15233.3 |
| | | امیدبخش Omidbakhsh | 273.8 | 6930.0 | 16133.3 |
| خاکورزی رایج Conventional tillage | عدم کاربرد no-application | ارگ Arg | 237.2 | 4047.0 | 12500.0 |
| | | امیدبخش Omidbakhsh | 227.3 | 4571.7 | 13083.3 |
| | ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار 150 kg ha$^{-1}$ urea | ارگ Arg | 350.5 | 5316.7 | 14066.7 |
| | | امیدبخش Omidbakhsh | 337.06 | 5205.0 | 13900.0 |
| | ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+نیتراپایرین | ارگ Arg | 283.8 | 5415.0 | 14168.3 |
| | | امیدبخش Omidbakhsh | 286.9 | 5591.7 | 14391.7 |
| LSD | | | 16.6 | 264.1 | 501.09 |

## References منابع مورد استفاده


- Alvarez, R., and H.S. Steinbach. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research*. 104: 1-15.
- Behera, S.N., M. Sharma, V.P. Aneja, and R. Balasubramanian. 2013. Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. *Environmental Science and Pollution Research*. 20(11): 8092-8131.
- Botta, G.F.A., X. Tolon-becerra, and M. Tourn. 2010. Tillage and traffic effects (planters and tractors) on soil compaction and soybean (*Glycine max* L.) yields in Argentinean pampas. *Soil and Tillage Research*. 110:167-174.
- Chen D.L., J.R. Freney, A.R. Mosier, and P.M. Chalk. 1994. Reducing denitrification loss with nitrification inhibitors following presowing applications of urea to a cottonfield. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34: 75-83.
- Dorota, G., C. Rafal, B. Karol, and W. Marian. 2014. Soybean yield under different tillage systems. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*. 13(1):43-54.
- Drury, C.F., X. Yang, W.D. Reynolds, W. Calder, T.O. Oloya, and A.L. Woodley. 2017. Combining urease and nitrification inhibitors with incorporation reduces ammonia and nitrous oxide emissions and increases corn yields. *Journal of Environmental Quality*. 46: 939-949.
- Keshavarz Afshar, R., R. Lin, Y. Assen Mohammed, and Ch. Chen. 2018. Agronomic effects of urease and nitrification inhibitors on ammonia volatilization and nitrogen utilization in a dryland farming system: Field and laboratory investigation. *Journal of Cleaner Production.* 172: 4130-4139.
- Li, Q., A. Yang, Z. Wang, M. Roelcke, X. Chen, F. Zhang, G. Pasda, W. Zerulla, A.H. Wissemeier, and X. Liu. 2015. Effect of a new urease inhibitor on ammonia volatilization and nitrogen utilization in wheat in north and northwest China. *Field Crops Research*. 175: 96-105.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- Meena, S.N., and K.K. Jain. 2013. Effect of varieties and nitrogen fertilization on fodder pearlmillet (*Pennisetum glaucum*) in North Western Rajasthan. *Indian Journal of Agronomy*. 58(2):262-263.
- Midha L.K., S. Arya, P. Kumari, and U.N. Joshi. 2015. Performance of forage pearl millet genotypes under different nitrogen levels. *Forage Research*. 41(2):137-138.
- Mohammed, Y.A., Ch. Chen, and T. Jensen. 2016. Urease and nitrification inhibitors impact on winter wheat fertilizer timing, yield, and protein content. *Agronomy Journal*. 108(2): 905-912.
- Moro, E., C.A.C. Crusciol, A.S. Nascente, and H. Cantarella. 2014. Nitrification inhibition in tropical soil under no‐tillage system. *Revista De Cienciasa Agrarias, Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences.* 57(2): 199-206.
- Nascente, A.S., C.A.C. Crusciol, and T. Cobucci. 2012. Ammonium and nitrate in soil and upland rice yield as affected by cover crops and their desiccation time. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* 47(12): 1699-1706.

- Niu, Y., J. Luo, D. Liu, Ch. Müller, M. Zaman, S. Lindsey, and W. Ding. 2018. Effect of biochar and nitrapyrin on nitrous oxide and nitric oxide emissions from a sandy loam soil cropped to maize. *Biology and Fertility of Soils*: 54:645-658.
- Pouri, K., A. Sio-Se Mardeh, Y. Sohrabi, and A. Soltani. 2019. Crop phenotyping for wheat yield and yield components against drought stress. *Cereal Research Communications*. 47(2): 383-393
- Sadeghpour, A., M. Hashemi, S.A. Weis, J.T. Spargo, S. Mehrvarz, and S.J. Herbert. 2015. Assessing tillage systems for reducing ammonia volatilization from springapplied slurry manure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 46(6): 724-735.
- Safari, K., Y. Sohrabi, A. Siosemmardeh, and S. Sasani. 2021. Effect of seed priming on some morphophysiological characteristics, yield and seed protein content in three dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology.* 15 (3): 341-361.
- Salo-väänänen, P.P., and P.E. Koivistoinen. 1996. Determination of protein in foods: comparison of net protein and crude protein (N × 6.25) values. *Food Chemistry*. 57(1): 27-31.
- Soares, J.R., H. Cantarella, and M.L. de Campos Menegale. 2014. Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. *Soil Biology and Biochemistry*. 52: 82-89.
- Sommer, S.G., J.K. Schjoerring, and O.T. Denmead. 2004. Ammonia emission from mineral fertilizers and fertilized crops. *Advance in Agronomy*. 82: 557-622.
- Subbarao, G.V., O. Ito, K.L. Sahrawat, W.L. Bery, K. Nakahara, T. Ishikawa, T. Watanabe, K. Suenaga, M. Rondon, and I.M. Rao. 2006. Scope and strategies for regulation of nitrification in agricultural systems-challenges and opportunities. *Critical Reviews in Plant Sciences*: 254: 303-335.
- Keshavarz, H., S.A.M. Modarres-Sanavy, and M. Mahdipour Afra. 2018. Organic and chemical fertilizer affected yield and essential oil of two mint species. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants* 21(6): 1674-1681.
- Valizadeh, G.R., Z. Rengel, and A.W. Rate. 2002. Role of phosphorus banding and nitrate to ammonium ratio in phosphorus uptake and wheat growth. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 42: 1095-1102.
- Wang, H., Z. Guo, Y. Shi, Y. Zhang, and Zh. Yu. 2015. Impact of tillage practices on nitrogen accumulation and translocation in wheat and soil nitrate-nitrogen leaching in drylands. *Soil and Tillage Research*. 153: 20-27.
- Zheng, J., Y. Qu, M.M. Kilasara, W.N. Mari, and Sh. Funakawa. 2019. Nitrate leaching from the critical root zone of maize in two tropical highlands of Tanzania: Effects of fertilizer-nitrogen rate and straw incorporation. *Soil and Tillage Research*. 194: 104295

**Research Article** DOI: 10.30495/JCEP.2022.1918381.1746

# Effect of Urea and Nitrapyrine on Quantitative and Qualitative Characteristics of Different Wheat Cultivars (*Triticum aestivume* L.) under Different Tillage Conditions

**Reza Nozari [1], Esmaeil Hadidi Masouleh[2*], Azam Borzouei[3], Saeed Sayfzadeh[4] and Ali Eskandari[3]**

*Received: December 2020 , Revised: 9 May 2021, Accepted: 26 May 2021*

## Abstract

In order to evaluate different tillage methods and urea fertilizer with nitrapyrin on total chlorophyll content, grain protein, yield and yield components of two wheat cultivars, an experiment was conducted in form of split factorial in randomized complete blocks with three replications in the Research farm Nuclear Science and Technology in 2017-2018. Experimental treatments included conventional and minimum tillage, fertilizer treatment at three levels of 0, 150 kg urea $ha^{-1}$ and 150 kg urea $ha^{-1}$ + nitrapyrin and wheat cultivars (Arg and Omidbakhsh). Tillage systems were effective on the studied traits and that the highest amount of chlorophyll (5.18 $mg.g^{-1}$ FW) and leaf area index (3.78) were obtained in minimum and conventional tillage, respectively. The highest grain protein content (170.7%), grain yield (668.3 $kg.ha^{-1}$) and harvest index (42.51%) were obtained in minimum tillage and 150 kg urea $ha^{-1}$ fertilizer + nitrapyrin. Application of urea + nitrapyrin increased grain protein, 1000-grain weight and harvest index. Both Arg and Omidbakhsh cultivars obtained the highest plant height (102.16 and 104.66 cm, respectively) and leaf area index (3.88 and 3.98, respectively) in 150 kg urea $ha^{-1}$ treatment. The three-way interactions of tillage, fertilizer and cultivar also had a significant effect on leaf dry weight, grain yield and biological yield. In minimal tillage, Omidbakhsh cultivar in 150 kg urea $ha^{-1}$ + nitrapyrin fertilizer treatment showed better grain yield and biological yield than other treatments. According to the obtained results, in minimal plowing conditions, Omidbakhsh cultivar and application of urea + nitrapyrin is recommended.

**Key words**: Chlorophyll, Conventional tillage, Leaf area index, Nitrogen Leaching, Protein.

1- Ph.D. Graduated Student, Department of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
3- Assistant Professor, Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Karaj, Iran.
4- Associate Professor, Department of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
**Corresponding Author: es.hadidi@gmail.com*