مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد همزمان اوره و نیتراپایرین بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط خاکورزی متفاوت

امین طاهریان‌فر[۱]، اسماعیل حدیدی ماسوله[۱*]، علی اسکندری[۲]، سعید سیف‌زاده[۱] و سعید صوفی‌زاده[۳]

[۱] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان

[۲] پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج

[۳] گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۹/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۱/۱۶)

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی کاربرد اوره و نیتراپایرین بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط خاکورزی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای استان البرز انجام شد. تیمارها شامل خاکورزی رایج و حداقل، تیمار کودی در سه سطح صفر، ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار + نیتراپایرین و ارقام جو والفجر و رودشت بودند. بیشترین عملکرد ماده خشک (۱۴۳۳۴ کیلوگرم در هکتار) و آبشویی نیترات (۴۵/۵۵ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در خاکورزی حداقل و خاکورزی رایج بدست آمد. بیشترین ارتفاع گیاه و شاخص برداشت نیتروژن به‌ترتیب در شخم رایج و رقم والفجر (۹۰/۷ سانتی‌متر)، شخم حداقل در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتروپایرین (۲۸۷/۰۷ گرم در مترمربع) و شخم رایج و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتروپایرین (۴۱/۶۳ کیلوگرم در کیلوگرم) مشاهده شد. تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و رقم رودشت بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۷۹) و را بدست آوردند. بیشترین پروتئین دانه (۱۳/۴ درصد) و شاخص برداشت نیتروژن (۴۱/۵۵ کیلوگرم در کیلوگرم) در رقم رودشت و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتروپایرین مشاهده شد. بیشترین کلروفیل برگ در خاکورزی حداقل، ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتروپایرین و رقم رودشت بدست آمد. تیمار خاکورزی حداقل، ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتروپایرین و رقم رودشت بیشترین عملکرد دانه (۶۵۶۳ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۴۱/۹ درصد) را دارا بود. با توجه به نتایج بدست آمده از عملکرد دانه، پروتئین دانه و عملکرد ماده خشک، در شرایط شخم حداقل، رقم رودشت و کاربرد همزمان اوره + نیتروپایرین توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، خاکورزی، کلروفیل، اتلاف نیتروژن

مقدمه

نیتروژن یکی 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 می‌شود درنتیجه باعث

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: esmaeilhadidimasouleh@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

فراورده‌های فتوسنتزی و افزایش عملکرد ماده خشک یا دانه می‌شود. از طرفی، دسترسی بیش از اندازه گیاه به نیتروژن، موجب تحریک بیش از حد رشد گیاه، نازک و ضعیف‌شدن ساقه و درنتیجه خوابیدگی بوته‌ها می‌گردد. همچنین بالابودن محتوای نیتروژن خاک باعث طولانی‌تر شدن دوره رشد گیاه، کاهش طول دوره زایشی و پرشدن دانه می‌شود که کاهش عملکرد دانه را به‌همراه دارد (Li *et al*., 2015). کارایی جذب نیتروژن برای تولید غلات حدود ۳۳ درصد و بسته به نوع کود مصرفی، شرایط محیطی و خصوصیات خاک، هدر روی نیتروژن حدود ۱۰ تا بیش از ۵۰٪ تخمین زده شده است که به‌صورت فرآیندهای مختلف از قبیل آبشویی، نیترات‌زدایی، فرسایش سطحی و تصعید از دسترس گیاه خارج و منجر به کاهش کارایی مصرف آن می‌شود (Sommer *et al*., 2004; Sadeghpour *et al*., 2015).

نیتروژن موجود در بقایای موجودات زنده، طی فرایند معدنی‌شدن (Mineralization) به آمونیوم و طی فرایند نیترات‌سازی (Nitrification) 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. همچنین 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. درنتیجه، نیتروژن به شکل گاز نیتروژن (N_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و اکسید نیتریک (NO) از محیط ریشه خارج می‌شود. بنابراین طی فرایند دنیتریفیکاسیون (Denitrification) نیتروژن خاک کاهش می‌یابد. علاوه بر مسائل مالی، هدرروی نیتروژن اثرات مخربی بر سلامت جامعه دارد که می‌توان به تغییر در کیفیت آب‌های زیرزمینی (مستقیم) و تغییر در آب‌وهوا و افزایش اثر گلخانه‌ای و درنتیجه افزایش گرمایش زمین (غیرمستقیم) اشاره کرد (Behera *et al*., 2013).

فراورده‌های بسیاری به‌عنوان بازدارنده نیترات‌سازی 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 / آب جلوگیری می‌کنند که درنهایت تعادل مناسبی بین نیتروژن موجود در محیط و نیتروژن مورد نیاز گیاه را فراهم می‌کند (Crusciol *et al*., 2011). 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 triamide (NBPT) و 3-4 dimethylpyrazole phosphate (DMPP) اشاره کرد (Subbarao *et al*., 2006). به‌طورکلی، بازدارنده‌ها به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند، ۱) بازدارنده اوره آز (Urease inhibitor) و ۲) بازدارنده نیترات‌سازی (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 درنتیجه 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 شد میزان تجمع NH_3 در خاک از ۲۵-۱۱ کیلوگرم در هکتار در کرت شاهد به ۶-۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

کیلوگرم در هکتار در کرت تیمارشده با بازدارنده برسد (Li *et al.*, 2015). اگر چه این کاهش در میزان NH_3^- تجمع‌یافته، تأثیری در عملکرد دانه گندم نداشت. باید به این نکته توجه داشت که بازدارنده‌ها، با کاهش فرآیند نیتروژن‌سازی، باعث تجمع نیتروژن به شکل‌های NH_4^+ یا NH_3^- در خاک می‌شوند. تجمع این شکل از نیتروژن صرفاً باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن نمی‌شود چرا که ممکن است به‌علت هوادهی بالای خاک و یا وجود رطوبت بیش از اندازه خاک، نیتروژن به‌صورت گازی و یا آبشویی از دسترس گیاه خارج شود. بنابراین کارایی مصرف این مواد با توجه به آب‌وهوای منطقه و نوع مدیریت خاک متغیر است.

بجز نوع کود مصرفی، به روش‌های دیگر نیز می‌توان از اتلاف نیتروژن جلوگیری کرد. خاکورزی اگر چه راهی برای تهیه بستری برای جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه است اما در صورتی 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 خاکورزی‌های مختلف باعث تغییر در ساختمان خاک از طریق خردکردن خاکدانه‌ها، تغییر در ساختار و یا اندازه خلل‌وفرج 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 (Mrabet, 2000). اگر چه 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.

هدف این آزمایش بررسی نقش نظام‌های مختلف خاک‌ورزی به‌همراه کاربرد کود نیتروژن و نیتروپایرین بر خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی دو رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) و تأثیر مصرف کود اوره به‌تنهایی و یا همراه با نیتروپایرین در نظام‌های مختلف خاک‌ورزی در بهبود عملکرد کیفی و کمی دانه گندم است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور تأثیر کاربرد همزمان اوره و نیتراپایرین بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط خاکورزی متفاوت در سال زراعی ۱۳۹۶– ۱۳۹۵، در محل مزرعهٔ 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 موردنظر از طرح اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار استفاده شده است. فاکتور اصلی سیستم‌های خاکورزی در کرت‌های اصلی و تیمارهای کودی و ارقام جو به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

خاکورزی در دو سطح خاکورزی حداقل (یکبار با چیزل آماده‌سازی بستر، سپس عملیات کاشت با عمیق کار) و خاکورزی رایج (دو بار چیزل عمود بر هم 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 والفجر و رودشت) که به‌صورت فاکتوریل قرار گرفتند. عملیات کاشت بذر به‌صورت خطی، با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع و در کرت‌هایی به ابعاد ۰/۷۵ در چهار متر با شش ردیف کاشت (فاصله بین ردیف‌ها ۱۵ سانتی‌متر) در تاریخ ۱۰ آبان سال زراعی ۹۶–۱۳۹۵ انجام گرفت. بین هر کرت فرعی و هر بلوک به‌ترتیب یک متر (موسوی شلمانی و همکاران، ۱۳۹۴) و دو متر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

جدول ۱- مشخصات آب و هوایی منطقه مورد آزمایش

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
متوسط دمای هوا (°C)	۱۷/۳	۱۰/۵	۴/۹	۱/۳	۰/۹	۵/۲	۱۰/۷	۱۵/۲	۲۱/۲	۲۶/۶
متوسط بارندگی (mm)	۱۱/۹	۵۹//۵	۷۳/۵	۷۲/۴	۷۹	۸۱/۶	۶۴	۴۳/۳	۲/۱	۰/۶

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

عمق ریشه	شن	سیلت	رس	ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی دائم	ماده آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	هدایت الکتریکی
سانتی‌متر	درصد							میلی‌گرم بر کیلوگرم		دسی‌زیمنس بر متر
۴۰-۰	۶۱/۲	۲۰	۱۸/۸	۱۶/۵	۹/۲	۰/۰۵	۰/۰۶	۱۲	۴۸۰	۰/۷

رقم رودشت از دو رقم جو والفجر و زرجو (که بیشترین سطح زیر کشت جو در مناطق سرد و معتدل کشور را به خود اختصاص داده است)، که با اشعه گاما پرتوتابی شده بود بدست آمد. طول دوره رشد متوسط، مقاوم نسبت به خوابیدگی و ریزش دانه، مقاوم به شوری، مقاوم نسبت به شکنندگی محور سنبله، نیمه‌مقاوم نسبت به سرما در شرایط بدون تنش، مقاوم به بیماری‌های برگی جو در شرایط شور، نیمه‌حساس نسبت به بیماری‌های برگی جو از قبیل لکه قهوه‌ای و بیماری سفیدک پودری جو در شرایط بدون شوری است. این رقم دارای تیپ رشد بهاره پاییزه بوده و دارای سنبله شش ردیفه است و از خصوصیات بارز آن تحمل به شوری است.

نیتروپایرین مورد استفاده (2-Chloro-6-(trichloromethyl) pyridine) از شرکت شیمیایی رازی (اصفهان) تهیه و قبل از آماده‌سازی زمین به میزان یک گرم در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب محلول‌پاشی و تا عمق ۳۰ سانتی‌متر با خاک مخلوط شد (Chen *et al*., 1994; Valizadeh *et al*., 2002).

کود اوره طی دو مرحله که نیمی از آن را در اواخر اسفند و نیمی دیگر در اواخر فروردین قبل از مرحله ساقه‌دهی تقسیط شد. آبیاری در پنج نوبت و در مراحل حساس گیاه صورت گرفت. به‌منظور مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش تاپیک به میزان ۱ لیتر در هکتار و گرانستار به میزان ۲۰ گرم در هکتار، در مرحله پنجه‌زنی و مبارزه با آفات از دیازینون به نسبت ۱/۵ در هزار به‌صورت یکسان انجام شد.

در زمان سنبله‌دهی، پنج بوته از هر کرت انتخاب و به‌منظور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل برگ به‌ترتیب با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری شاخص سطح برگ (Delta-T area meter; Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK) و استون ۸۰ درصد (Arnon, 1949) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به‌منظور بررسی تیمارهای اعمال‌شده بر صفات مورد مطالعه، نمونه‌برداری‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در ۴ تیرماه 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 پس از اندازه‌گیری ارتفاع بوته از سطح خاک، به‌روش دستی دانه‌ها از سنبله جدا شدند. به‌منظور اندازه‌گیری وزن هزار دانه، دانه‌های پنج بوته به‌وسیله ترازوی دیجیتال (۰/۰۱ گرم) اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به عنوان وزن هزار دانه انتخاب شد. پس از خشک‌شدن کامل نمونه‌ها و اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه، شاخص برداشت از رابطه ۱ استفاده شد:

(رابطه ۱)

۱۰۰× (عملکرد زیستی /عملکرد دانه) = شاخص برداشت (٪)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

درصد پروتئین دانه با ضرب غلظت نیتروژن دانه در عدد ۶/۲۵ و ضرب آن در عدد صد محاسبه گردید (Salo-vaananen and Koivistoinen, 1996).

شاخص‌های نیتروژن: در پایان آزمایش و برای تهیه نمونه زه‌آب از زیر منطقه توسعه ریشه (صفر تا ۵۰ سانتی‌متر Kejellstrom, 1991)، از دستگاه Soil Water Sampler (S.W.S.) (Model 1900, Soil Moisture Equipment Co.) استفاده شد. بدین منظور در قسمت مرکزی کرت‌ها، به‌وسیله اوگر دستی حفره‌ای به قطر ۵ سانتی‌متر و عمق ۶۵ سانتی‌متر ایجاد شد. نیترات هر مرحله نمونه‌برداری به روش Cadmium Reduction Method 8039 (Hach Co.) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Model dr/2500, Hach Co. اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری، نفوذ عمقی از رابطه ۲ استفاده شد (Pathak et al., 2004).

(رابطه ۲)

$$DPR = I + P - ET - R$$

در این فرمول، DPR نفوذ عمقی آب به میلی‌متر، I آبیاری به میلی‌متر،ET تبخیر و تعرق مزرعه به میلی‌متر و R روان آب به میلی‌متر. برای تعیین تبخیر و تعرق از رابطه (۳) استفاده شد (Allen *et al*., 1998):

(رابطه ۳)

$$Etcrop = ET0 \times Kc$$

در این رابطه، ETcrop تبخیر و تعرق گیاه، ET0 تبخیر و تعرق پتانسیل و Kc ضریب گیاهی هستند. از آنجایی که دقت مقادیر تبخیر و تعرق برآورد شده با رابطه فائو- پنمن- مانتیث در مقایسه با مقادیر لایسیمتری، همبستگی نزدیکی دارد (Allen, 1996) لذا برای تعیین ET0 از این رابطه و داده‌های هواشناسی استفاده شد. مقادیر KC نیز برای گیاه جو بدست آمد (Allenet *et al*., 1998). با توجه به سیکل بسته آبیاری هر کرت مقدار R در رابطه (۲) صفر فرض شد. بعد از تعیین غلظت نیترات در نمونه زه‌آب و تعیین میزان نفوذ عمقی، از حاصلضرب این دو عامل مقدار، کیلوگرم نیترات شسته‌شده در هکتار تعیین شد.

میزان شاخص برداشت نیتروژن (Nitrogen use efficiency, NUE) از رابطه ۴ بدست آمد:

رابطه ۴

نیتروژن دانه\ میزان نیتروژن زیست‌توده (درصد)

به‌منظور تعیین ضرایب کارائی نیتروژن تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایشی، پس از جداسازی کاه و دانه، به‌صورت تصادفی و به مقدار مساوی از ماده خشک و دانه هر کرت نمونه‌ای انتخاب شد و پس از آسیاب‌کردن و گذراندن از الک ۲ میلیمتری، ۲۰۰ گرم از هر کدام (دانه و کاه) جدا کرده و نمونه‌ها به روش هضم در لوله‌های مخصوص با اسید سولفوریک، اسید سالسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم، هضم گردیده و به‌وسیله روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از دستگاه Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Tecator، غلظت نیتروژن در نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری شد (Beljkas *et al*., 2010).

تجزیه آماری با استفاده از داده‌پرداز SAS 9.0 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد و ترسیم شکل با داده‌پرداز Microsoft Office 2013 صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر اصلی تیمارهای خاکورزی (بجز برای صفت شاخص سطح برگ و تعداد دانه در سنبله) و تیمار کودی تأثیر معنی‌داری بر سایر صفات مورد بررسی داشتند (جدول ۳). همچنین عامل رقم باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری در ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت شد. برهمکنش تیمار خاکورزی و رقم نیز تنها در ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری شدند. در تیمار برهمکنش کود و رقم، اختلاف معنی‌داری در تمام صفات مورد بررسی مشاهده شد. برهمکنش سه گانه تیمارهای خاکورزی، کودی و رقم نیز تنها در صفات کلروفیل، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد (جدول ۳).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

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

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل کل	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	تعداد دانه در سنبله	پروتئین دانه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد ماده خشک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۰۴۶^{ns}	۰/۶۲^{ns}	۰/۰۲۶^{ns}	۱/۹۲^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۱/۱۳^{ns}	۱۶۴۹۶^{ns}	۱۹۸۸۲۷^{ns}	۰/۰۹۴ ^{ns}
خاکورزی	۱	۳/۶۸*	۷۸/۶۷*	۰/۰۰۱۷^{ns}	۲/۱۵^{ns}	۱۹/۶۵**	۷۶/۸*	۴۹۹۳۷۳۵**	۴۹۰۹۹۱۷*	۱۰۲/۹ **
خطای کرت اصلی	۲	۰/۰۳۵	۳/۳۹	۰/۰۰۸	۰/۳۸	۰/۰۶۱	۲/۸۶	۳۱۴۸۷	۷۸۸۳۴	۰/۵۵
کود	۲	۱/۸۴**	۲۴۱۴/۴*	۰/۰۹۳*	۴۳۸/۴**	۱۲/۲۲**	۲۹/۳۸**	۳۲۸۷۰۱۱**	۵۱۸۴۳۵۸*	۵۰/۱۳ **
رقم	۱	۰/۱۳^{ns}	۸۵۷/۹*	۰/۰۰۰۱^{ns}	۲۳/۶**	۰/۶۴^{ns}	۴/۰۸^{ns}	۲۳۷۸۱۸**	۲۰۹۳۰۶^{ns}	۵/۸ *
کود× خاکورزی	۲	۰/۰۱۵^{ns}	۱۰/۳۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۸۵^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۳/۹۳^{ns}	۵۳۰۸۴^{ns}	۲۱۳۶۷۷^{ns}	۱/۲۸ ^{ns}
رقم× خاکورزی	۱	۰/۰۲۱^{ns}	۶۹/۴**	۰/۰۰۱^{ns}	۱/۷۷^{ns}	۰/۰۲۷^{ns}	۹/۱۹*	۷۰۰۰^{ns}	۳۰۶^{ns}	۰/۰۳۱ ^{ns}
رقم× کود	۲	۳/۱۱**	۱۰۰/۱**	۰/۴۹**	۴۰/۶**	۱۸/۰۰۲**	۳۶/۲۴**	۵۰۵۵۶۹۶**	۷۰۷۵۳۵۸**	۸۹/۸۱**
رقم×کود×خاکورزی	۲	۰/۱۶*	۱۶/۴^{ns}	۰/۰۴۹^{ns}	۲/۴۸^{ns}	۰/۸۳^{ns}	۷/۶**	۱۸۴۲۷۰**	۲۶۹۶۰۸^{ns}	۳/۲۶*
خطای کرت فرعی	۲۰	۰/۰۴۳	۷/۰۹۵	۰/۰۱۸	۲/۳۹	۰/۲۵	۱/۳۵	۱۶۶۸۵/۸	۸۰۷۶۸	۰/۶۴
ضریب تغییرات		۴/۳۶	۳/۲۱	۳/۸۲	۳/۶	۴/۳۷	۳/۵۴	۲/۴۸	۲/۰۳	۲/۱۶

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطوح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سه‌گانه تیمارهای اعمال‌شده بر وزن خشک، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک جو

	تیمار		کلروفیل کل	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
			(mg g^{-1} FW)	(g)	(Kg ha^{-1})	(٪)
خاکورزی حداقل	عدم کاربرد	والفجر	۴/۱ ^{ef}	۳۱ ^{def}	۴۵۶۷ ^{f}	۳۴/۷ ^{e}
		رودشت	۴/۳ ^{de}	۳۱/۲ ^{cde}	۴۷۳۱ ^{f}	۳۵/۷ ^{de}
	۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار	والفجر	۵/۶ ^{a}	۳۸/۵ ^{a}	۶۰۱۶ ^{b}	۴۰/۵ ^{b}
		رودشت	۵/۲ ^{b}	۳۳/۰۱ ^{c}	۵۷۰۰ ^{c}	۶/۳۹ ^{b}
	۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین	والفجر	۵/۳ ^{ab}	۳۵/۸ ^{b}	۵۸۴۰ ^{bc}	۳۹/۴ ^{b}
		رودشت	۵/۶ ^{a}	۳۶/۱ ^{b}	۶۵۶۳ ^{a}	۴۱/۹ ^{a}
خاکورزی رایج	عدم کاربرد	والفجر	۳/۷ ^{g}	۲۹/۱ ^{f}	۳۶۱۶ ^{h}	۲۹/۶ ^{g}
		رودشت	۴ ^{fg}	۳۰/۳ ^{ef}	۴۱۷۱ ^{g}	۳۲/۶ ^{f}
	۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار	والفجر	۴/۶ ^{cd}	۳۲ ^{cde}	۵۳۷۷ ^{d}	۳۷/۷ ^{c}
		رودشت	۴/۵ ^{d}	۳۱/۶ ^{cde}	۵۱۰۵ ^{e}	۳۶/۵ ^{cd}
	۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین	والفجر	۴/۶ ^{d}	۳۲/۵ ^{cd}	۵۲۸۱ ^{de}	۳۷/۴ ^{c}
		رودشت	۵/۰۴ ^{bc}	۳۲/۶ ^{cd}	۵۴۰۰ ^{d}	۳۷/۸ ^{c}

حروف مشابه در ستون میانگین، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (براساس آزمون LSD) هستند.

میزان کلروفیل کل برگ: بیشترین میزان کلروفیل کل، در خاکورزی حداقل، رقم والفجر و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار (۵/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و تیمار خاکورزی حداقل، رقم رودشت و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

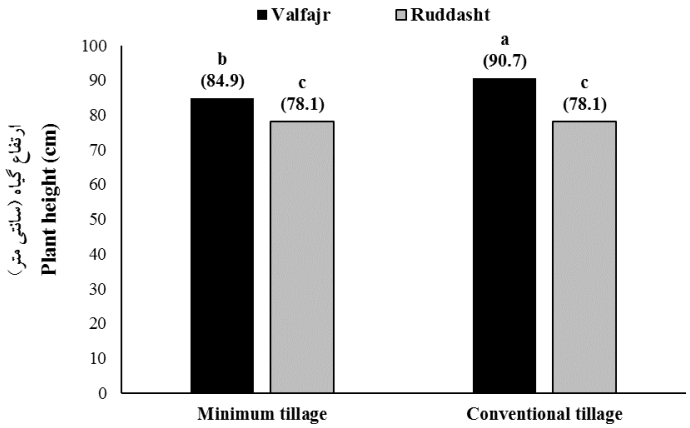
اوره+ نیتروپایرین (۵/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۴). اگر چه رقم والفجر در تیمار خاکورزی حداقل و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتروپایرین (۵/۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) نیز در همین گروه آماری قرار داشت. کمترین کلروفیل کل برگ در ارقام والفجر (۳/۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و رودشت (۴/۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در خاکورزی حداکثر و عدم کاربرد کود مشاده شد که نسبت به تیمار برتر به‌ترتیب ۳۳/۹ و ۲۸/۵٪ کمتر بودند (جدول ۴). شخم رایج باعث کاهش میزان کلروفیل شد که به نظر می‌رسد به‌دلیل کاهش فراهمی نیتروژن خاک باشد.

شرایط هوازی ایجادشده در شخم رایج باعث خروج نیتروژن به شکل گاز و یا آبشویی می‌گردد (Alvarez and Steinbach, 2009). بقایای گیاهی باقیمانده در شخم حداقل، باعث افزایش ماده آلی و نیتروژن، بهبود نسبت آب به هوا در منافذ خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکرواورگانیسم‌های خاک می‌شود (Botta *et al*., 2010) 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+ نیتراپایرین، در هر دو تیمار خاکورزی، مربوط به نقش کندکننده‌ها در آزادسازی نیتروژن است که با فراهمی نیتروژن در طول رشد گیاه، از هدرروی آن جلوگری کرده که درنهایت منجر به افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود. نتایج مشابهی از افزایش میزان کلروفیل برگ با کاربرد نیتراپایرین همراه با اوره در گیاه ذرت توسط Bai-zhao و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شده است. تفاوت در پاسخ ارقام به تیمارهای کودی نیز می‌تواند ناشی از اختلاف ژنتیکی در میزان نفوذ عمقی و گسترش ریشه گیاه و همچنین پتانسیل گیاد در میزان کلروفیل در واحد سطح برگ باشد (Pouri *et al*., 2019).

ارتفاع گیاه: برهمکنش تیمارهای خاکورزی و ارقام جو (شکل ۱)، نشان داد بیشترین ارتفاع گیاه (۹۰/۷ سانتی‌متر) در تیمار خاکورزی رایج و رقم والفجر بدست آمد. رقم رودشت در هر دو شرایط خاکورزی کمترین ارتفاع گیاه (۷۸/۱ سانتی‌متر) را داشت که نسبت به رقم برتر تفاوتی ۱۳/۸٪ نشان داد. نتایج برهمکنش کود و رقم نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و رقم والفجر (۹۹/۳ سانتی‌متر) بدست آمد (جدول ۵). کمترین ارتفاع گیاه در رقم رودشت و عدم کاربرد تیمار کودی با میانگین ۶۵/۱ سانتی‌متر مشاهده شد که نسبت به رقم برتر ۳۴/۴٪ کمتر بود. به‌نظر می‌رسد توسعه کمتر ریشه در شخم حداقل (Li *et al*., 2015)، موجب کاهش تنفس ریشه‌ها و کاهش دسترسی به عناصر غذایی شده است (Dorota *et al*., 2014) که درنتیجه کاهش ارتفاع بوته را به‌همراه داشته است. بنابراین می‌توان گفت که خاکورزی رایج از طریق تأثیر بر مقاومت مکانیکی، هوادهی، پیوستگی و پایداری و اندازه منافذ، درجه حرارت، میزان آب و عناصر غذایی خاک و برهمکنش آن‌ها (Botta *et al*., 2010)، می‌تواند میزان رشد ریشه (Alvarez *et al*., 2009) و درنتیجه رشد بخش‌های هوایی گیاه را متأثر نماید. از طرفی افزایش تنوع گونه‌های علف‌های هرز همزمان با کاهش شدت عملیات خاکورزی، موجب افزایش رقابت گیاه زراعی و علف هرز برای جذب عناصر غذایی (Keshavarz Afshar *et al*., 2018) می‌شود که منجر به کاهش ارتفاع بوته در تیمار خاکورزی حداقل شده است. بیشتربودن ارتفاع بوته رقم والفجر در شخم رایج نسبت به شخم حداقل نیز به‌علت کاهش تراکم خاک، گسترش راحت‌تر و سریع‌تر ریشه و درنهایت استفاده بهتر از منابع آبی و غذایی است (Drury *et al*., 2017). افزایش ارتفاع در هر دو رقم و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار می‌تواند به‌علت افزایش در تقسیم سلولی در نواحی مریستمی باشد. گزارش شده است، با افزودن کود شیمیایی اوره، ارتفاع بوته افزایش یافت (Keshavarz *et al*., 2018). از آنجا که بازدارنده‌های نیترات‌سازی از تبدیل NH_4^+ به NO_3^- جلوگیری می‌کند درنتیجه 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). درنتیجه، ارتفاع هر دو رقم، در تیمار کودی حاوی نیتراپایرین کاهش یافت.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]



شکل ۱- برهمکنش خاکورزی و رقم بر ارتفاع بوته جو. حروف مشابه در ستون میانگین، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (براساس آزمون LSD) هستند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر دوگانه تیمارهای اعمال‌شده بر صفات مورفوفیزیولوژیک جو (*Hordeum vulgare* L.)

تیمار		ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	شاخص سطح برگ	تعداد دانه در سنبله	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)
عدم کاربرد	والفجر	۶۸/۹ e	۳/۳۴ c	۳۴/۹ e	۹/۷۵ d	۱۲۶۸۳ d
	رودشت	۶۵/۱ f	۳/۳۰ c	۳۷/۲ d	۱۰/۰۵ d	۱۳۰۰۸ d
۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار	والفجر	۹۹/۳ a	۳/۶۲ b	۴۷/۹ ab	۱۲/۶۰ b	۱۴۵۳۴ b
	رودشت	۸۹/۱ c	۳/۷۹ a	۴۲/۹ c	۱۱/۶۵ c	۱۴۱۷۰ c
۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین	والفجر	۹۵/۲ b	۳/۷۰ ab	۴۸/۴ a	۱۱/۹۵ c	۱۴۴۵۰ bc
	رودشت	۷۹/۹ d	۳/۵۶ b	۴۶/۴ b	۱۳/۴۰ a	۱۴۹۵۴ a

حروف مشابه در ستون میانگین، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (براساس آزمون LSD) هستند.

شاخص سطح برگ: شاخص سطح برگ ارقام جو تحت تأثیر اعمال تیمارهای کودی و رقم افزایش پیدا کرد بطوریکه بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و رقم رودشت (۳/۷۹) مشاهده شد (جدول ۵). اگر چه رقم والفجر در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین شاخص سطح برگ کمتری بدست آورد (۳/۷۰)، اما در گروه آماری برتر قرار داشت. ارقام رودشت (۳/۳۰) والفجر (۳/۳۴) در تیمار عدم کاربرد کود، کمترین شاخص سطح برگ را بدست آوردند که به‌طور میانگین نسبت به تیمار برتر ٪۱۲/۴ کمتر بود. علت افزایش شاخص سطح برگ درنتیجه افزودن کود اوره، تأثیر این عنصر بر تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها عنوان شده است (Zheng *et al*., 2019).

تعداد دانه در سنبله: تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین و رقم والفجر با میانگین ۴۸/۴ دانه در سنبله، بیشترین تعداد دانه در سنبله را در اختیار داشت (جدول ۵). اگرچه رقم والفجر و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار نیز در گروه آماری برتر قرار داشتند. کمترین تعداد دانه در سنبله در تیمار عدم کاربرد کود و رقم والفجر بدست آمد که نسبت به تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین به‌ترتیب ۲۷/۱ و ۲۷/۸ درصد تعداد دانه کمتری داشت. بر این اساس می‌توان عنوان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

داشت که افزایش و فراهمی میزان نیتروژن، رقابت گیاهان را برای نیتروژن کاهش داده و درنتیجه تعداد دانه در سنبله نسبت به تیمار عدم کاربرد نیتروژن بیشتر شده است. کمبود نیتروژن سبب گردید که تعداد تخمک کمتری تشکیل شود و بدین وسیله سبب کاهش تعداد دانه در سنبله گردید (Mohammed *et al.*, 2016).

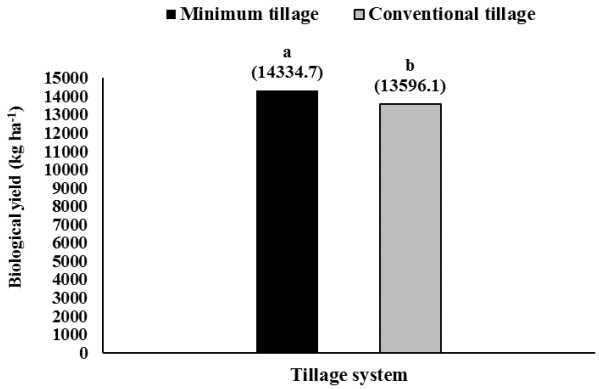
پروتئین دانه: بیشترین پروتئین دانه در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتروپایرین و رقم رودشت با میانگین ۱۳/۴ درصد بدست آمد (جدول ۵). کمترین پروتئین دانه در ارقام والفجر (۹/۷۵ درصد) و رودشت (۱۰/۰۵ درصد) بدست آمد که نسبت به تیمار برتر به‌ترتیب ۲۷/۲۳ و ۲۵ درصد کمتر بودند. رقم رودشت همراه با نیتراپایرین نسبت به بدون نیتراپایرین، ۱۳ درصد پروتئین بیشتری بدست آورد. این در حالی بود که در رقم والفجر، کاربرد نیتروپایرین موجب کاهش ۵/۱ درصد پروتئین دانه شد. 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 گرده‌افشانی قرار دارد (Drury *et al.*, 2017) می‌توان این گونه استنباط کرد که مصرف نیتراپایرین به همراه مصرف اوره، موجب فراهمی نیتروژن و افزایش ماده خشک شده است که بخشی از نیتروژن 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).

وزن هزار دانه: بیشترین وزن هزار دانه در خاکورزی حداقل، ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و رقم والفجر (۳۸/۵ گرم) بدست آمد. این در حالی بود که کمترین وزن هزار دانه در خاکورزی رایج، عدم کاربرد کود و رقم والفجر (۲۹/۱ گرم) مشاهده شد (جدول ۴) که نسبت به تیمار برتر ۲۴/۴٪ کمتر بود. در خاکورزی رایج، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی و ارقام مشاهده نشد (جدول ۴). گزارش شده که وزن هزار دانه علاوه بر ژنتیک گیاه به دو عامل شرایط محیطی و خصوصیات خاک بستگی دارد (Pouri *et al.*, 2019). با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان چنین استنباط کرد که تأثیر نوع و مدیریت منابع کودی بر عملکرد گیاهان زراعی قابل‌توجه است. احتمالاً در تیمار خاکورزی حداقل و ۱۵۰ کیلوگرم اوره، به‌علت جلوگیری از خروج نیتروژن به‌وسیله آبشویی و یا به تصعید، نیتروژن در مقادیر مناسب و سهل‌الوصول در اختیار گیاه قرار گرفته و موجب افزایش رشد گیاه شده است. این افزایش رشد به نوبه خود در به‌صورت انتقال مجدد به دانه منتقل می‌شود.

عملکرد دانه: بیشترین عملکرد دانه در خاکورزی حداقل، تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین و رقم رودشت (۶۵۶۳ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۴). خاکورزی رایج باعث کاهش عملکرد دانه شد بطوریکه کمترین عملکرد دانه در خاکورزی رایج، عدم کاربرد کود و رقم والفجر (۳۶۱۶ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که نسبت به همین رقم در تیمار خاکورزی و کودی مشابه (خاکورزی حداقل، عدم کاربرد کود و رقم والفجر) کاهشی ۲۰/۸ درصدی داشت. معمولاً در سیستم خاکورزی حداقل، به‌دلیل حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، ماده عالی، ذخیره رطوبت و درنتیجه حاصلخیزی خاک افزایش می‌یابد که درنتیجه 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). نیتروژن با افزایش تولید ماده خشک و افزایش سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، باعث باروری، افزایش تعداد دانه در سنبله و پرشدن بهتر آن‌ها بعد از گل‌دهی می‌شود که این امر سبب افزایش عملکرد دانه گردید. نتایج این تحقیق با یافته‌های Dorota ا و همکاران (۲۰۱۴)، Botta و همکاران (۲۰۱۰) Alvarez و Steinbach و (۲۰۰۹) مشابه است. در این تیمار، اگرچه رقم والفجر به افزودن نیتروپایرین واکنش مثبتی نشان نداد اما رقم رودشت افزایشی ۱۳ درصدی داشت که نشان از توانایی بیشتر این رقم در شرایط موجود است. در واقع میتوان اینگونه استنباط کرد که در تیمار خاکورزی حداقل و ۱۵۰ کیلوگرم اوره+ نیتراپایرین،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های تیمار خاکورزی بر عملکرد ماده خشک بوته جو. حروف مشابه در ستون میانگین، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (براساس آزمون LSD) هستند.

به‌علت وجود مقادیر مناسب عناصر غذایی و سهل‌الوصول شدن عنصر نیتروژن، رشد گیاه تسریع شده است. احتمالاً به واسطه استفاده از بازدارنده آزادسازی نیتروژن و با توجه به اینکه نیتروژن به آرامی و در زمان طولانی‌تری آزاد می‌شود، توانسته تا پایان فصل رشد نیتروژن مورد نیاز گیاه را فراهم کند (Bai-zhao *et al*., 2020).

عملکرد ماده خشک: عملکرد ماده خشک گیاه جو در شرایط خاکورزی رایج کاهشی ۵/۱ درصدی داشت و خاکورزی حداقل بیشترین عملکرد ماده خشک (۱۴۳۳۴ کیلوگرم در هکتار) را بدست آورد (شکل ۲). جدول مقایسه میانگین دوگانه کود و رقم حاکی از آن بود که بیشترین عملکرد ماده خشک در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اروه در هکتار+ نیتراپایرین و رقم رودشت (۱۴۹۵۴ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۵). کمترین عملکرد ماده خشک در کرت عدم کاربرد کود و ارقام والفجر (۱۲۶۸۳ کیلوگرم در هکتار) و رودشت (۱۳۰۰۸ کیلوگرم در هکتار) که نسبت به تیمار برتر به ترتیب ۱۵/۱ و ٪۱۲/۹ کمتر بودند (جدول ۵). با توجه به میانگین ارقام، افزودن نیتراپایرین باعث افزایش ۲/۳ درصدی عملکرد ماده خشک نسبت به تیمار بدون نیتراپایرین شد (جدول ۵). هدرروی نیتروژن در شخم رایج می‌تواند یکی از عوامل کاهش عملکرد ماده خشک گیاه باشد. عملکرد ماده خشک نشان‌دهنده توانایی گیاه در استفاده از عوامل محیطی مانند نور و مواد غذایی برای تولید ماده خشک است. به نظر می‌رسد درنتیجه فراهمی نیتروژن مورد نیاز گیاه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار+ نیتروپایرین در رقم رودشت توانست عملکرد ماده خشک بیشتری نسبت به سایر تیمارها و حتی رقم والفجر داشته باشد. نتایج مشابه دیگری نیز وجود دارند که حاکی از آن است که عملکرد ماده خشک تحت تأثیر سیستم خاکورزی و کاربرد کندکننده‌های آزادسازی نیتروژن باعث افزایش عملکرد ماده خشک گیاه می‌گردد (Keshavarz Afshar *et al*., 2018).

شاخص برداشت: بیشترین شاخص برداشت در تیمار خاکورزی حداقل، ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و رقم رودشت (۴۱/۹ درصد) بدست آمد (جدول ۴). بطورکلی، خاکورزی رایج باعث کاهش شاخص برداشت شده به نحوی که کمترین میزان این صفت در تیمار خاکورزی رایج، عدم کاربرد کود و رقم والفجر (۲۹/۶ درصد) مشاهده شد که نسبت به همین رقم در تیمار خاکورزی و کودی مشابه (خاکورزی حداقل و عدم کاربرد کود)، و همچنین تیمار برتر، به‌ترتیب ۲۲/۴ و ۲۹/۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴). در خاکورزی رایج، تفاوتی بین برهمکنش ارقام و تیمار کودی مشاهده نشد. افزایش شاخص برداشت نشان‌دهنده توانایی بیشتر گیاه در انتقال و اختصاص بیشتر مواد پرورده به اندام‌های هوایی است و یکی از شاخص‌های مورد استفاده جهت ارزیابی کارایی تقسیم ماده خشک گیاهان زراعی محسوب می‌شود. از آنجایی که نسبت ماده خشک دانه به کل ماده خشک گیاهی، ارتباط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات شاخص برداشت نیتروژن و آبشویی نیترات در گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.)تحت تأثیر تیمارهای خاکورزی، کود و رقم

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص برداشت نیتروژن	آبشویی نیترات
تکرار	۲	۰/۹۵^{ns}	۲۰/۳^{ns}
خاکورزی	۱	۴/۶۴^{ns}	۱۸۶۳/۳*
خطای کرت اصلی	۲	۰/۹۵	۵۷/۰۲
کود	۲	۳۱/۴ **	۵۳۱۴/۱**
رقم	۱	۱/۸۶^{ns}	۳۸/۰۲^{ns}
کود× خاکورزی	۲	۲۱/۱**	۷۵/۰۲^{ns}
رقم× خاکورزی	۱	۰/۷۸^{ns}	۰/۲۵^{ns}
رقم× کود	۲	۷/۹۱*	۳/۸۶^{ns}
رقم× کود× خاکورزی	۲	۳/۱۷^{ns}	۷/۵۷^{ns}
خطای کرت فرعی	۲۰	۱/۳۹	۲۹/۲
ضریب تغییرات		۲/۹۶	۱۴/۰۹

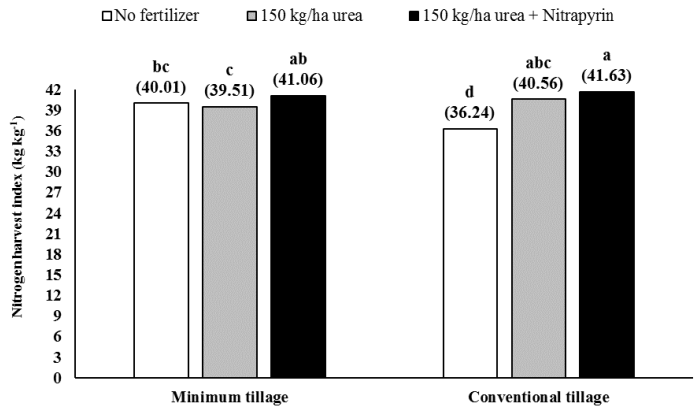
ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطوح احتمال پنج و یک درصد است.

بسیار نزدیکی با میزان نیتروژن مصرفی دارد (Uhart and Andrade, 1995)، به‌نظر می‌رسد کمبود نیتروژن با تغییر در تسهیم مواد پرورده حاصل از فتوسنتز، باعث کاهش نسبت ماده خشک دانه به کل ماده خشک گیاهی شده است. همچنین در خاکروزی رایج به‌دلیل تهویه و شرایط رطوبتی بیشتر نسبت به خاکورزی حداقل (Keshavarz Afshar *et al*., 2018)، نیتروژن سریع‌تر از دسترس خارج می‌شود که این امر ممکن است دلیلی بر کمتربودن شاخص برداشت در سیستم خاکورزی رایج نسبت خاکورزی حداقل 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 کمترشدن عملکرد دانه گیاه می‌گردد. گزارش شده که با مدیریت مصرف کود می‌توان رشد و نمو، عملکرد و درنهایت شاخص برداشت گندم را تحت تأثیر قرار داد (Drury *et al*., 2017).

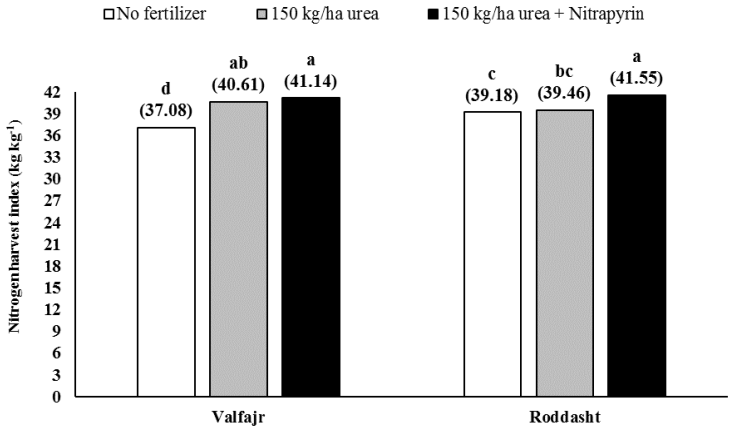
شاخص برداشت نیتروژن: در تیمار خاکورزی رایج، افزودن نیتروژن و نیتروپایرین به خاک موجب افزایش شاخص برداشت نیتروژن گیاه جو شد به نحویکه کمترین شاخص برداشت نیتروژن (۳۶/۲۴ کیلوگرم در کیلوگرم) در خاکورزی رایج و عدم مصرف کود بدست آمد (جدول ۶). بیشترین شاخص برداشت نیتروژن (۴۱/۶۳ کیلوگرم در کیلوگرم) در خاکورزی رایج و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار همراه با نیتروپایرین، خاکورزی رایج و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار (۴۰/۵۶ کیلوگرم در کیلوگرم) و خاکورزی حداقل و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار همراه با نیتروپایرین بود (شکل ۳). نتایج مقایسه میانگین رقم و تیمار کودی حاکی از آن بود که بیشترین شاخص برداشت نیتروژن در رقم امیدبخش و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار همراه با نیتروپایرین (۴۱/۵۵ کیلوگرم در کیلوگرم) بدست آمد (شکل ۴). اگرچه رقم ارگ و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار با و بدون نیتروپایرین (به‌ترتیب ۴۱/۱ و ۴۰/۶ کیلوگرم در کیلوگرم) نیز در گروه آماری برتر قرار داشتند. کمترین شاخص برداشت نیتروژن در رقم ارگ و عدم مصرف کود (۳۷/۰۸ کیلوگرم در کیلوگرم) بدست آمد که نسبت به تیمار برتر کاهشی ۱۰/۷ درصدی داشت.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]



شکل ۳- برهمکنش خاکورزی و تیمار کودی بر شاخص برداشت نیتروژن. حروف مشابه در ستون میانگین، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (براساس آزمون LSD) هستند.



شکل ۴- برهمکنش رقم و تیمار کودی بر شاخص برداشت نیتروژن. حروف مشابه در ستون میانگین، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (براساس آزمون LSD) هستند.

شاخص برداشت نیتروژن بیان‌کننده چگونگی توزیع نیتروژن جذب شده بین زیست‌توده گیاهی و مخزن‌های اقتصادی در گیاه است. با کاربرد نیتروپایرین، نیتروژن به تدریج در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. اما کاربرد کود اوره به تنهایی (در خاکورزی حداقل)، به‌دلیل فراهمی به یکباره عنصر نیتروژن و افزایش شاخ و برگ، سهم کمتری از مواد فتوسنتزی به دانه اختصاص یافته و از این رو تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار شاخص برداشت نیتروژن کمتری نسبت به کاربرد همزمان اوره و نیتروپایرین دارد. با توجه به میانگین تیمارهای کودی، شخم رایج شاخص برداشت نیتروژن کمتری نسبت به شخم حداقل داشت. در شخم رایج به‌دلیل زیر و رو شدن خاک، هر دو تیمارکودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتروپایرین در معرض هدرروی نیتروژن قرار گرفتند. به همین دلیل شاخص برداشت نیتروژن کمتری نسبت به شخم حداقل داشتند. از طرفی تفاوت معنی‌داری از لحاظ شاخص برداشت نیتروژن بین ارقام مورد استفاده و در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتروپایرین وجود نداشت که نشان از توان یکسان هر دو رقم در جذب، انتقال و تخصیص نیتروژن است (Pouri *et al.*, 2019). گزارش شده که استفاده از نیتروپایرین با کاهش آبشویی نیتروژن و فراهمی مناسب نیتروژن، باعث افزایش شاخص جذب نیتروژن می‌شود (Hayden *et al.*, 2021).

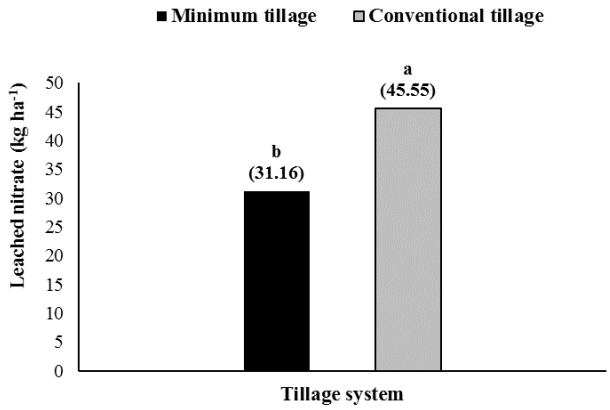
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر دوگانه تیمارهای اعمال‌شده بر آبشویی نیترات

سطوح تیمار کودی	آبشویی نیترات ($Kg\ ha^{-1}$)
عدم کاربرد	۱۷/۵۰^{c}
۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار	۵۹/۵۸^{a}
۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین	۳۸/۰^{b}

حروف مشابه در ستون میانگین، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (براساس آزمون LSD) هستند.



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های تیمار خاکورزی بر میزان آبشویی نیترات. حروف مشابه در ستون میانگین، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (براساس آزمون LSD) هستند.

آبشویی نیترات: آبشویی نیترات تحت تأثیر سطوح کودی تغییرات معنی‌داری داشت به نحویکه تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار بیشترین (۵۹/۵۸ کیلوگرم در کیلوگرم) آبشویی نیترات و تیمار عدم کاربرد کود با کاهش ۷۰/۶ درصدی، کمترین (۱۷/۵ کیلوگرم در کیلوگرم) آبشویی نیترات دارا بود (جدول ۵). همچنین در بین سیستم‌های خاکورزی، خاکورزی رایج با میانگین ۴۵/۵۵ کیلوگرم در کیلوگرم بیشترین آبشویی نیترات را داشت که نسبت به خاکورزی حداقل، ۳۱/۵۹ درصد بیشتر بود (شکل ۵).

افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس (کود اوره) همراه زیر و رو کردن خاک، منجر به آبشویی بیشتر نیترات از خاک شده که با نتایج Li و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. از طرفی شخم رایج با افزایش هوادهی، باعث سرعت بخشیدن تجزیه مواد آلی و تبدیل آن‌ها به عناصر معدنی و درنتیجه آزادسازی نیتروژن معدنی می‌شود (Bai-zhao *et al*., 2020). این امر خود موجب شستشوی بیشتر نیترات از خاک می‌گردد. با توجه به نتایج آزمایش، کمترین میزان آبشویی نیترات از کرت خاکورزی حداقل بدست آمد. به‌نظر می‌رسد هوادهی و فرایند نیتریفیکاسیون در این سیستم خاکورزی به کندی انجام شده که منجر به کاهش آبشویی نیترات شده است. از طرفی کمتر بودن میزان آبشویی در تیمارهای کودی حاوی نیتروپایرین می‌تواند به خاطر خواص منحصر به فرد نیتروپایرین از قبیل آزادسازی تدریجی نیتروژن باشد. دیگر علت این امر را می‌توان این دانست که کندکننده‌های آزادسازی نیتروژن مانع از ادامه نیتریفیکاسیون و تولید نیترات می‌شود و نیتروژن به صورت آمونیوم در خاک برای مدت طولانی‌تر حفظ می‌شود (Niu *et al*., 2018). اما در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، فراهمی یون آمونیوم و فعالیت آنزیم اوره‌آز، منجر به تولید مقدار زیادی نیترات شده است (Cui *et al*., 2013). با توجه به بار منفی نیترات و عدم نگهداری آن توسط ذرات خاک، در اثر آبیاری و یا بارندگی، به طبقات پایین‌تر پروفایل خاک حرکت کرده که درنهایت غلظت آن در نمونه زه‌آب افزایش پیدا

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

می‌کند.

نتیجه‌گیری

سیستم‌های خاکورزی بر صفات مورد بررسی تأثیرگذار بودند به طوریکه بیشترین میزان عملکرد ماده خشک در خاکورزی حداقل بدست آمد. از طرفی بیشترین ارتفاع بوته به‌ترتیب در خاکورزی رایج و رقم والفجر و خاکورزی حداقل و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین بدست آمد. رقم رودشت در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در هر دو رقم بیشترین پروتیئن دانه و عملکرد ماده خشک و در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین بیشترین شاخص سطح برگ را دارا بود. در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار بدست آمد. در خاکورزی حداقل، رقم رودشت و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار+ نیتراپایرین نتایج بهتری در مقدار کلروفیل، عملکرد دانه و شاخص برداشت را بدست آورد. بنابراین در صورت استفاده از شخم حداقل، رقم رودشت و کاربرد همزمان اوره + نیتروپایرین مناسب‌تر به‌نظر می‌رسد.

منابع

موسوی شلمانی، م. الف.، لکزیان، الف.، خراسانی، ر. و خاوازی، ک. (۱۳۹۴) تأثیر بازدارنده نیترات‌سازی ۳ و ۴ دی‌متیل پیرازول فسفات بر دینامیک نیتروژن-۱۵ و عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دیم با شاخص تبعیض ایزوتوپی کربن-۱۳ متفاوت. نشریه زراعت دیم ایران ۴: ۱۸۰-۱۶۳.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998) Crop evaportranspiration guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome, Italy.

Allen, R. G. (1996) Assessing integrity of weather data for use in reference evaportranspiration estimation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 2: 97-106.

Alvarez, R. and Steinbach, H. S. (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.

Bai-zhao, R., Juan, H., Ji-wang, Zh., Shu-ting, D., Peng, L. and Bin, Zh. (2020) Effects of urea mixed with nitrapyrin on leaf photosynthetic and senescence characteristics of summer maize (*Zea mays* L.) waterlogged in the field. Journal of Integrative Agriculture 19: 1586-1595.

Behera, S. N., Sharma, M., Aneja, V. P. and Balasubramanian, R. (2013) Ammonia in the atmosphere: A review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. Environmental Science and Pollution Research 20: 8092-8131.

Botta, G. F. A., Tolon-becerra, X., Lastra-bravo and Tourn, M. (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., Freney, J. R., Mosier, A. R. and Chalk, P. M. (1994) Reducing denitrification loss with nitrification inhibitors following presowing applications of urea to a cottonfield. Australian Journal of Experimental Agriculture 34: 75-83.

Cui, P., Fan, F., Yin, Ch., Li, Zh., Song, A., Wan, Y. and Liang, Y. (2013) Urea- and nitrapyrin-affected N_2O emission is coupled mainly with ammonia oxidizing bacteria growth in microcosms of three typical Chinese arable soils. Soil Biology and Biochemistry 66: 214-221.

Dorota, G., Rafal, C., Karol, B. and Marian, W. (2014) Soybean yield under different tillage systems. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus 13: 43-54.

Drury, C. F., Yang, X., Reynolds, W. D., Calder, W., Oloya, T. O. and Woodley, A. L. (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.

Hayden, H., Phillips, L. A., Marshall, A. J., Condon, J. R., Doran, G. S. and Mele, G. S. (2021) Nitrapyrin reduced ammonia oxidation with different impacts on the abundance of bacterial and archaeal ammonia oxidisers in four agricultural soils. Applied Soil Ecology 157: 103759.

Kejellstrom, C. (1991) Growth and distribution of the root system in *Brassica napus*. In: Proceedings of the Eight International Rapeseed Congresses. (ed. McGregor, D. I.) Pp. 122-126. Saskatoon, Canada.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

Keshavarz Afshar, R., Lin, R., Assen Mohammed, Y. and Chen, Ch. (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., Yang, A., Wang, Z., Roelcke, M., Chen, X., Zhang, F., Pasda, G., Zerulla, W., Wissemeier and Liu, X. (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.

Li, X., Hu, C., Delgado, J. A., Zhang, Y. and Ouyand, Z. (2007) Increase nitrogen use efficiency as a key mitigation alternative to reduce nitrate leaching in north china plain. Agriculture Water Management 89: 137-147.

Marschner, H. (1995) Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed. Academic Press, London.

Mohammed, Y. A., Chen, Ch. and Jensen, T. (2016) Urease and nitrification inhibitors impact on winter wheat fertilizer timing, yield, and protein content. Agronomy Journal 108: 905-912.

Moro, E., Crusciol, C. A. A., Nascente, A. S. and Cantarella, H. (2014) Nitrification inhibition in tropical soil under no-tillage system. Revista De Cienciasa Agrarias, Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 57: 199-206.

Nascente, A. S., Crusciol, C. A. C. and Cobucci, T. (2012) Ammonium and nitrate in soil and upland rice yield as affected by cover crops and their desiccation time. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 47: 1699-1706.

Niu, Y., Luo, J., Liu, D., Muller, Ch., Zaman, M., Lindsey, S. and Ding, W. (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.

Pathak, B. K., Kazama, F. and Iida, T. (2004) Monitoring of nitrogen leaching from a tropical paddy field in Thailand. Agriculture Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development Manuscript LW 04 015.

Pouri, K., Sio-Se Mardeh, A., Sohrabi, Y. and Soltani, A. (2019) Crop phenotyping for wheat yield and yield components against drought stress. Cereal Research Communications 47: 383-393.

Sadeghpour, A., Hashemi, M., Weis, S. A., Spargo, J. T., Mehrvarz, S. and Herbert, S. J. (2015) Assessing tillage systems for reducing ammonia volatilization from springapplied slurry manure. Communications in Soil Science and Plant Analysis 46: 724-735.

Salo-vaananen, P. P. and Koivistoinen, P. E. (1996) Determination of protein in foods: Comparison of net protein and crude protein (N × 6.25) values. Food Chemistry 57: 27-31.

Soares, J. R., Cantarella, H. and De Campos Menegale, M. L. (2014) Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. Soil Biology and Biochemistry 52: 82-89.

Sommer, S. G., Schjoerring, J. K. and Denmead, O. T. (2004) Ammonia emission from mineral fertilizers and fertilized crops. Advance in Agronomy 82: 557-622.

Subbarao, G. V., Ito, O., Sahrawat, K. L., Bery, W. L., Nakahara, K., Ishikawa, T., Watanabe, T., Suenaga, K., Rondon, M. and Rao, I. M. (2006) Scope and strategies for regulation of nitrification in agricultural systems-challenges and opportunities. Critical Reviews in Plant Sciences 254: 303-335.

Uhart, S. A. and Andrade, F. H. (1995) Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development dry mater partitioning and kernel set. Crop Science 35: 1376-1383.

Valizadeh, G. R., Rengel, Z. and Rate, A. W. (2002) Role of phosphorus banding and nitrate to ammonium ratio in phosphorus uptake and wheat growth. Australian Journal of Experimental Agriculture 42: 1095-1102.

Zheng, J., Qu, M., Kilasara, M., Mmari, W. N. and Funakawa., Sh. (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.

Beljkas, B., Matic, J., Milovanovic, I., Jovanov, P., Misan, A. and Saric, L. (2010) Rapid method for determination of protein content in cereals and oilseeds: Validation, measurement uncertainty and comparison with the Kjeldahl method. Accreditation and Quality Assurance 15: 555-561.

Crusciol, C. A. C., Garcia, R. A., Castro, G. S. A. and Rosolem, C. A. (2011) Nitrate role in basic cation leaching under no-till. Revista Brasileira de Ciencia do Solo 35: 1975-1984.

Mrabet, R. (2000) Differential response of wheat to tillage management systems in a semiarid area of Morocco. Field Crops Research 66: 165-174.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]

Effect of urea and nitrapyrine on quantitative and qualitative characteristics of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) under different tillage conditions

Amin Taherianfar[1], Esmaeil Hadidi Masouleh[*1], Ali Eskandari[2], Saeed Sayfzadeh[1], Saeed Soufizadeh[3]

[1] Agronomy Department, Islamic Azad University, Takestan Branch
[2] Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Karaj
[3] Ecological Agriculture Department, Reseach Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran

(Received: 20/12/2021, Accepted: 05/04/2022)

Abstract

Tillage methods are among the most successful factors in agriculture that have a significant impact on the quality and quantity of agronomic plants. To evaluate different tillage methods and urea fertilizer with nitrapyrin on total chlorophyll content, grain protein, yield, and yield components of two barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars, an experiment was conducted as split factorial in the 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 treatments at three levels of 0, 150 kg urea ha^{-1} and 150 kg urea ha^{-1} + nitrapyrin nitrification inhibitor and wheat cultivars (Valfajr and Roddasht). The highest biological yield (14334 kg ha^{-1}) and leached nitrate were obtained in minimum and conventional tillage. The highest plant height, leaf dry weight as well as nitrogen harvest index were observed in conventional tillage and Valfajr cultivar (90.7 cm), minimum tillage and 150 kg urea ha^{-1} + nitropyrin (287.07 g m^{-2}) and conventional tillage and 150 kg urea ha^{-1} + nitropyrin (41.63 kg kg^{-1}), respectively. The highest leaf area index (3.79) and leaf dry weight (309.4) were observed in Ruddashr cultivar and 150 kg urea ha^{-1} + nitropyrin. The highest grain protein (13.4%) and nitrogen harvest index (41.55 kg kg^{-1}) were observed in Ruddasht cultivar and 150 kg urea ha^{-1} + nitropyrin. The interaction effect of tillage system, fertilizer and cultivar showed that the highest total chlorophyll content was obtained in the minimum tillage, treatment of 150 kg urea ha^{-1}+ nitropyrin and Ruddasht cultivar. Minimum tillage, 150 kg urea ha^{-1} + nitropyrin and Ruddasht cultivar obtained the highest grain yield (6563 kg ha^{-1}) and harvest index (41.9%). According to the results obtained from grain yield, grain protein, and biological yield, in minimal tillage, Ruddasht cultivar and simultaneous application of urea + nitropyrin are recommended.

Keywords: Chlorophyll, conventional tillage, nitrogen leaching, protein.

Corresponding author, Email: esmaeilhadidimasouleh@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.5.0]