مقاله کامل علمی-پژوهشی

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد چهاردهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۰
۱۳-۲۶
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/EJCP.2022.18101.2340

بررسی کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد گندم تحت تأثیر مدیریت کاربرد کود و تناوب زراعی

سیدمحسن سیدی[1*]، جواد حمزه‌ئی[2]

[1]بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

[2]دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: تناوب زراعی یک توالی سالیانه محصولات است که در همان زمین رشد می‌کنند. تناوب خوب محصول، یک جایگزینی منظم از طبقات مختلف محصولات کشاورزی است. تناوب زراعی باید به گونه ای انجام شود که بتوان بازده زیادی را به‌دست آورد و مزرعه را با کم‌ترین هزینه آماده نمود و خاک را حاصلخیز کرد. گیاهان زراعی خانواده حبوبات در تناوب زراعی می‌توانند به دلیل افزایش نیتروژن در دسترس خاک و سایر مزایای زراعی بهره‌وری محصولات زراعی بعدی را بهبود ببخشند. با این حال، میزان این اثر با شرایط محیطی، شیوه‌های مدیریت کشاورزی و گونه‌های حبوبات متفاوت است. همچنین، حبوبات می‌توانند با تقویت تشکیل و تثبیت خاک‌دانه‌های خاک از کربن آلی خاک در برابر معدنی شدن محافظت کنند. لذا، به منظور بررسی کارایی مصرف نیتروژن، رشد و عملکرد گندم تحت تأثیر مدیریت کود و پیش کاشت با گیاهان زراعی این آزمایش انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایشی دوساله طی سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به‌صورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا شد. فاکتور اول تناوب در دو سطح نخود و ذرت (علوفه‌ای) و فاکتور دوم سطوح مختلف کود اوره در ۶ سطح (۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. عملیات برداشت محصول در تیر ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد که تقریبا تمام صفات مورد ارزیابی گندم تحت تأثیر تیمارهای تناوب و کاربرد کود نیتروژن قرار گرفتند. اما، هیچ‌کدام از صفات گندم تحت تأثیر اثر متقابل تناوب × کود نیتروژن قرار نگرفتند. بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک (۱۴۸۶ گرم در مترمربع)، عملکرد دانه (۶۷۵ گرم در مترمربع) و درصد پروتیین دانه (۱۳/۷۰ درصد) در تناوب نخود مشاهده شدند. تناوب در مقایسه با ذرت صفات عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و درصد پروتیین دانه گندم را به ترتیب حدود ۱۷، ۲۱ و ۱۸ درصد بهبود بخشید. طبیعی است که با توجه به بهبود شرایط فیزیکوشیمیایی خاک بعد از کشت حبوباتی مثل نخود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه بعدی (در اینجا گندم) بهتر شود. در بین سطوح کود، کم‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و نیز درصد پروتیین گندم در عدم مصرف اوره به‌دست آمد (به‌ترتیب حدود ۱۱۰۲ و ۴۱۷ گرم در متر مربع و ۱۱/۰۶ درصد). همچنین، بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و نیز درصد پروتیین در مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌دست آمد (به‌ترتیب حدود ۱۵۴۴ و ۷۷۵ گرم در متر مربع و ۱۳/۲۴ درصد)، اما مقادیر به‌دست آمده در این تیمار

*نویسنده مسئول: m.seyedi98@areeo.ac.ir

با تیمار مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف معنی‌داری نداشت. یکی از شناخته شده‌ترین اثرات کودهای نیتروژنه، بهبود صفات رشدی و عملکرد محصولات است. بالاترین کارایی مصرف نیتروژن نیز، در پیش کاشت نخود و کم‌ترین سطح مصرف کود مشاهده شد. در این مطالعه صفات رشد و عملکرد گندم از قبیل ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت و درصد پروتیین دانه به دلیل کاربرد اوره افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد در زراعت گندم برای کاهش مصرف کودهای نیتروژنه و کمک به سلامت محیط زیست استفاده از پیش کاشت حبوبات مثل نخود راه حل مناسبی باشد. همچنین، توجه به سطوح کودی بهینه و عدم مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی به پایداری کشاورزی کمک شایانی خواهد نمود.

واژه‌های کلیدی: پیش کاشت، تناوب، غلات، کود اوره، گندم.

مقدمه

گندم یکی از پر مصرف‌ترین گیاهان زراعی ایران و جهان می‌باشد که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد انرژی غذایی انسان‌ها را تامین می‌کند، این محصول با تامین بیش از ۴۰ درصد کالری و ۵۰ درصد پروتیین مورد نیاز بدن در جیره غذایی جامعه ایرانی، از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۹). با توجه به حجم بالای مصرف گندم در ایران، افزایش تولید این محصول باعث کاهش قیمت غذا و نسبت فقر خواهد شد. ارقام مختلف گندم از نظر درصد پروتیین و ارزش غذایی با هم متفاوت هستند و کیفیت هیچ کدام با دیگری یکسان نیست. همین تفاوت‌ها سبب می‌شود که آردهای حاصل از ارقام مختلف از نظر کمیت، کیفیت ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های عملکردی تفاوت‌های قابل توجهی با یکدیگر داشته باشند. کمیت و کیفیت پروتیین گندم از عوامل اصلی تعیین‌کننده کیفیت نانوایی آن می‌باشد که تحت تأثیر ژنتیک و شرایط محیطی هستند (۱۷).

کشت گیاهان زراعی مختلف با نظم و ترتیب خاصی به جای یکدیگر در طی سال‌های متوالی به تناوب یا گردش زراعی مرسوم می‌باشد. منظور رعایت تناوب زراعی در مورد هر زراعت آن است که ضمن برداشت حداکثر محصول و با کیفیت مطلوب، از فرسایش خاک جلوگیری، حاصلخیزی آن برای سال‌های آتی حفظ و تقسیم کار کشاورز در طول سال مورد توجه قرار گیرد. ضروری است گیاهانی در دوره تناوب گنجانیده شوند که با شرایط اقلیمی، دوره رشد، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه و عادت کشاورزان به کشت گیاهان تطابق داشته باشند (۸). تناوب محصولات زراعی از زمان‌های بسیار دور در بسیاری از نقاط جهان مرسوم بوده و وجود یک تناوب صحیح زراعی برای برداشت محصول کافی و خوب مد نظر قرار گرفته است (۲۰).نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی در تولید گیاهان زراعی است که مقدار آن در گیاهان بعد از کربن و هیدروژن بیش از سایر عناصر غذایی است (۴، ۱۵). غلظت بهینه نیتروژن بین ۲ تا ۵ درصد وزن خشک گیاه است که بسته به نوع گیاه و مرحله رشد متفاوت است. این عنصر در گیاه در ساختار پروتیین‌ها، اسیدهای نوکلییک، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و کوآنزیم‌ها شرکت داشته و نقش عمده‌ای را در فتوسنتز عهده‌دار است. در واقع نیتروژن به دلیل اعمالی که در گیاهان بر عهده دارد، بیش از سایر عناصر غذایی مورد استفاده و کاربرد بوده و محدودیت ناشی از کمبود آن رشد و تولید گیاهان زراعی را با محدودیت مضاعفی مواجه می‌کند (۱۰، ۳۱). این عنصر یکی از عناصر

غذایی پر مصرف در ساختار گیاهان بوده و کمبود آن در گیاهان مختلف در جهان بسیار شایع می‌باشد. به همین دلیل، در بین عناصر غذایی که به صورت کود به خاک افزوده می‌شوند، نیتروژن از لحاظ مقدار مصرف رتبه اول را داراست. اگرچه به کمک کودهای شیمیایی در کوتاه مدت می‌توان عملکردهای بالایی داشت ولی با استفاده مداوم از این کودها پایداری، حاصلخیزی خاک و سلامت محیط زیست تهدید می‌شود. امروزه کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی، یکی از راهکاری مؤثر برای تولید محصول وحفظ عملکرد در سطح مطلوب می‌باشد (۳۰).محققین با بررسی واریته‌های قدیمی و جدید گندم بیان کردند، که افزایش عملکرد از طریق کودپذیری به‌ویژه مصرف کود نیتروژن، با تغییری اساسی هم در اجزای عملکرد و هم در خصوصیات مورفولوژیکی گیاه همراه بوده است (۳). نیتروژن از طریق افزایش اجزای عملکرد دانه موجب افزایش عملکرد گندم می‌شود (۱۳). در گیاه کلزا نیز تحقیقات نشان می‌دهد با به کارگیری مدیریت مناسب زراعی نظیر مصرف کود نیتروژن می‌توان عملکرد کمی و کیفی را افزایش داد (۲۲). آزمایشی دیگر روی کلزا نیز نشان داد تأثیر نیتروژن بر عملکرد دانه از طریق افزایش اجزای عملکرد دانه می‌باشد (۱۲).

افزایش سطح تنوع زیستی زراعی از طریق تناوب زراعی یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در جهت افزایش سطح کارآیی نیتروژن مصرفی در بوم نظام‌های زراعی رایج می‌باشد (۲۱). پژوهش‌گران گزارش نمودند در کشت متوالی گندم به دلیل بروز عوامل محدودکننده رشد (کاهش حاصلخیزی خاک، طغیان آفات و بیماری‌ها) و کاهش عملکرد محصول توانایی گیاه در استفاده مناسب از نیتروژن قابل دسترس در خاک کاهش یافته و در نتیجه کارآیی مصرف نیتروژن دچار نقصان می‌گردد (۱۶). تناوب گیاهان گرامینه و بقولات به طور معمول بیش‌تر از سایر انواع تناوب در افزایش عملکرد مؤثر بوده است. به همین دلیل، امروزه استفاده از گیاهان خانواده لگوم به علت تأثیر مثبت آن‌ها بر افزایش نیتروژن خاک گستردگی بیش‌تری داشته و این گیاهان در بسیاری از کشورها به کار گرفته می شوند (۲۴). اگر چه در کشاورزی متمرکز مصرف بهینه کود، دفع به موقع علف‌های هرز و بیماری‌های گیاهی و کنترل فرسایش خاک سبب گردیده که کشاورزان وابستگی کم‌تری به تناوب زراعی جهت برداشت محصول بیشتر، داشته باشند. اما هنوز نیز تناوب زراعی به منظور کاهش مصرف نهاده‌های کشاورزی، حفظ حاصلخیزی خاک و نیل به یک کشاورزی پایدار لازم و ضروری بوده و بیش از پیش اعمال می‌گردد (۲).

با استناد به سودمندی مدیریت زراعی از جمله رعایت تناوب زراعی و مصرف صحیح کود که در مطالعات پیشین تأیید شده، ممکن است این امر، یک فرصت استثنایی در سیستم‌های زراعی، به‌ویژه در مقابل افزایش روز افزون جمعیت، تهدید محیط زیست و کاهش هزینه‌های تولید باشد. بنابراین، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات تناوب زراعی و مصرف مقادیر مختلف کود اوره بر عملکرد کمی و کیفی گندم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا واقع در همدان (طول ۳۵ درجه و یک دقیقه شمالی و عرض ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۹۰ متر) انجام شد. میانگین بارندگی سالانه این منطقه ۳۳۵ میلی‌متر و میانگین بلندمدت (۳۰ ساله) دمای هوا منطقه ۱۲/۵ درجه سلسیوس است و از نظر اقلیمی جزو مناطق سرد و خشک محسوب می‌شود. میزان بارندگی در طول

دو فصل زراعی رشد به‌ترتیب حدود ۳۰۵ و ۳۱۸ میلی‌متر بود. ویژگی‌های مهم خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1- Experiment local soil physical and chemical properties.

سال Year	محصول Crop	بافت خاک Soil texture	هدایت‌الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS/m)	اسیدیته pH	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	کربن آلی(درصد) OC (%)
۱۳۹۱-۹۲ 2012-13	ذرت Corn	شنی رسی Sand clay	0.428	7.40	0.11	1.182
	نخود Chickpea	شنی رسی Sand clay	0.428	7.40	0.13	1.180
۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	ذرت Corn	شنی رسی Sand clay	0.426	7.41	0.10	1.118
	نخود Chickpea	شنی رسی Sand clay	0.426	7.41	0.13	1.117

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول تناوب زراعی شامل پیش کاشت نخود و ذرت (علوفه‌ای) و فاکتور دوم سطوح کود اوره شامل ۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. کشت نخود در اوایل فروردین ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ انجام شد و تاریخ برداشت اواخر تیر ماه هر سال‌ها بود. کشت ذرت نیز در اوایل خرداد سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ و برداشت آن در اواسط شهریور انجام شد. ارقام مورد استفاده نخود و ذرت به‌ترتیب هاشم و هیبرید ۷۰۴ بود که مشخصات مربوط به عملکرد و بقایای آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های محصولات پیش کاشت گندم.

Table 2- Wheat pre-cultivation crop properties.

سال Year	محصول Crop	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) Biological yield (g m^{-2})	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield (g m^{-2})	بقایای گیاهی (کیلوگرم در هکتار) Plant residues (Kg Ha^{-1})
۱۳۹۱-۹۲ 2012-13	ذرت Corn	470	200	650
	نخود Chickpea	1220	625	2000
۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	ذرت Corn	505	205	700
	نخود Chickpea	1300	630	2100

آرایش کشت در نخود ۵ × ۵۰ و در ذرت ۱۲× ۷۵ سانتی‌متر بود. پس از انجام عملیات شخم و دیسک در شهریور ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ کرت‌بندی صورت گرفت. پس از انجام عملیات شخم و دیسک در شهریور ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ کرت‌بندی صورت گرفت. طول هر کرت ۶ متر با عرض ۳ متر بود، در هر کرت ۱۵ خط کشت وجود داشت. کشت به صورت دستی به عمق تقریبی ۵ سانتی‌متر انجام شد. تراکم کشت حدود ۴۰۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. آبیاری و مبارزه با آفات و علف‌های هرز بر اساس نیاز مزرعه انجام گردید. رقم مورد مطالعه گندم، الوند بود که از مؤسسه تحقیقات استان همدان تهیه شد.

بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش ضدعفونی شدند و کاشت در اوایل مهر ماه سال‌های زراعی انجام شد. آبیاری مزرعه به صورت نشتی انجام شد. نیتروژن مورد نیاز از منبع کود اوره تأمین و در سه مرحله قبل از کاشت، ساقه رفتن و گلدهی مصرف شد. با توجه به توصیه کودی آزمایشگاه آب و خاک و عدم نیاز زمین محل اجرای آزمایش از مصرف کودهای دیگر خودداری شد. در این آزمایش صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و بیولوژیک، درصد پروتیین دانه و شاخص کلروفیل اندازه‌گیری و مطالعه شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی پیش کاشت و کود نیتروژن بر ویژگی ارتفاع بوته گیاه گندم معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گیاه پیش کاشت نخود نسبت به پیش کاشت ذرت باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گندم شد (جدول ۴). از موارد مهم در کاشت گیاهان لگوم بهبود وضعیت فیزیکو- شیمیایی خاک است که نتایج مناسب و چشم‌گیری بر کشت بعدی دارد (۷، ۲۶). در بین سطوح کودی نیز بیش‌ترین ارتفاع بوته گندم متعلق به تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود که البته با تیمارهای مصرف ۱۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵). به نظر می‌رسد نیتروژن به دلیل افزایش رشد رویشی و افزایش تقسیم سلولی افزایش ارتفاع بوته را به دنبال داشته است (۵).

عملیات برداشت در اوایل تیر ماه سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ انجام شد. صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه از طریق ۱۰ نمونه تصادفی برداشت شده از هر کرت اندازه گیری شدند. برای تعیین صفات عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نیز ۲ متر مربع از هر واحد آزمایشی با رعایت اثر حاشیه (دو ردیف کاشت از طرفین و نیم متر از بالا و پایین خطوط کاشت) برداشت شد. عدد کلروفیل نیز توسط دستگاه کلروفیل‌سنج ۵۰۲ (SPAD502) ارزیابی شد. در صد پروتیین دانه از روش کجلدال در آزمایشگاه تحقیقاتی فیزیولوژی دانشکده کشاورزی تعیین شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

تیمارهای تناوب زراعی و کود نیتروژن اجزای عملکرد گندم شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه را تحت تأثیر قرار دادند،اما اثر متقابل تناوب زراعی × کود نیتروژن این صفات را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۳). در میان اجزای عملکرد گندم کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر به‌ترتیب متعلق به تیمارهای پیش کاشت ذرت و نخود بود (جدول ۴). یکی از مزایای مهم گیاهان لگوم داشتن ریشه مستقیم و عمیق است که باعث افزایش نفوذپذیری خاک خواهد شد. همچنین، کشت گیاهان لگوم برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک از جمله دسترسی عنصر نیتروژن را بهبود بخشیده و شرایط را برای کشت بعد مناسب می‌نماید (۹، ۲۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثرات تناوب زراعی (کشت سال قبل) و کود بر عملکرد کمی و کیفی گندم در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲.

Table 3. Combined analysis of variance effects of crop rotation (pre-year cultivation) and fertilizer on wheat quantity and quality yield at 2012-13 and 2013-14 growing seasons.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزدی df	ارتفاع بوته Plant Height	تعداد سنبله No. Spike	تعداد دانه در سنبله No. Grain per spike	وزن هزاردانه Seed-1000-weight	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت HI	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	٪ پروتیین Protein
سال Year (Y)	1	149.33 ns	13134.77 ns	38.23 ns	208.33 ns	2133.33 ns	310.08 ns	0.53 ns	120.74 ns	32.85 ns
تکرار در سال Replication/Y	4	116.51	10876.52	27.46	150.19	1997.98	275.55	0.50	99.80	25.38
تناوب Rotation (R)	1	90.25 *	22151.66 *	56.25 *	64.00 *	617010.25 **	189225.00 **	62.72 *	51.36 *	66.27 *
سال × تناوب Y×R	1	29.45 ns	513.92 ns	5.03 ns	18.63 ns	5243.77 ns	211.67 ns	20.44 ns	19.28 ns	5.61 ns
کود Fertilizer (F)	5	126.65 **	33148.02 **	66.85 **	114.40 **	173020.65 **	123595.17 **	187.62 **	110.49 **	72.55 **
سال × کود Y×F	5	22.37 ns	596.02 ns	7.14 ns	17.25 ns	5902.58 ns	252.03 ns	16.19 ns	22.07 ns	8.30 ns
تناوب × کود R×F	5	1.45 ns	404.16 ns	2.85 ns	1.60 ns	6031.85 ns	2510.00 ns	12.89 ns	0.36 ns	4.90 ns
سال × تناوب × کود Y×R×F	5	28.17 ns	666.32 ns	6.93 ns	21.08 ns	5299.23 ns	217.78 ns	20.49 ns	18.46 ns	6.74 ns
خطای آزمایشی Error	44	20.06	4317.50	4.72	14.51	4896.97	1319.17	12.86	11.16	5.83
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		13.13	11.22	11.78	14.68	15.16	16.01	14.09	13.48	11.78

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ns, *, ** are non-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تناوب زراعی (کشت سال قبل) بر صفات کمی و کیفی گندم در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲.

Table 4- Means comparison effect crop rotation (pre-year cultivation) on wheat quantity and quality traits at 2012-13 and 2013-14 growing seasons.

کشت قبل Pre-cultivation	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant Height (cm)	تعداد سنبله (در مترمربع) No. Spike (per m^2)	تعداد دانه در سنبله No. Grain per spike	وزن هزاردانه (گرم) Seed-1000-weight (g)	شاخص برداشت (درصد) HI (%)	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	پروتیین (درصد) Protein (%)
نخود Chickpea	88.83 a	610.33 a	28.16 a	40.66 a	45.37 a	40.55 a	13.70 a
ذرت Corn	85.66 b	560.72 b	25.66 b	38.00 b	42.70 b	38.16 b	11.22 b

میانگین‌های هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

The means of each column that have a common letter do not differ significantly from each other.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کود بر صفات کمی و کیفی گندم در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲.

Table 5- Means comparison effect of fertilizer on wheat quantity and quality traits at 2012-13 and 2013-14 growing seasons.

کود (کیلوگرم در هکتار) Fertilizer (Kg ha^{-1})	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant Height (cm)	تعداد سنبله (در مترمربع) No. Spike (per m^2)	تعداد دانه در سنبله No. Grain per spike	وزن هزاردانه (گرم) Seed-1000-weight (g)	شاخص‌برداشت (درصد) HI (%)	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	پروتیین (درصد) Protein (%)
0	80.00 d	472.50 d	23.50 b	34.00 c	37.27 d	33.50 c	11.06 d
40	84.00 cd	526.00 cd	24.00 b	36.00 bc	38.83 cd	35.00 c	11.97 c
80	86.50 bc	577.67 bc	50.25 b	00.38 bc	42.29 bc	39.50 b	12.49 b
120	88.50 abc	630.00 ab	26.50 b	39.00 b	45.07 b	41.00 ab	12.69 b
160	91.50 ab	650.00 ab	31.00 a	44.00 a	50.22 a	43.16 ab	13.05 a
200	92.50 a	756.00 a	31.00 a	45.00 a	50.45 a	44.00 a	13.24 a

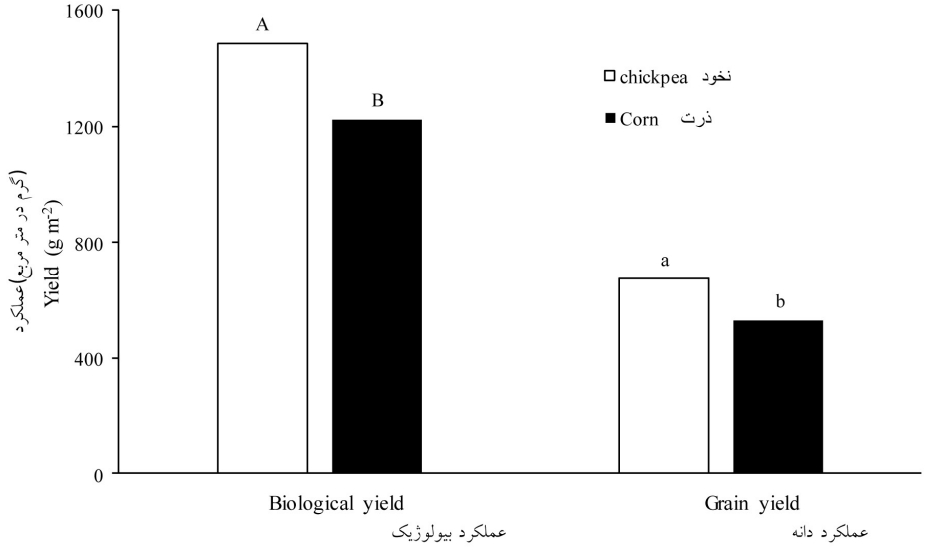
میانگین‌های هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

The means of each column that have a similar letter do not differ significantly from each other.

این عوامل ممکن است دلیل بهبود عملکرد گندم پس از کشت گیاه زراعی نخود در مطالعه پیش‌رو بوده باشد. بیش‌ترین میزان تعداد سنبله در متر مربع (۷۵۶ سنبله در متر مربع) در تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود که البته با تیمارهای مصرف ۱۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنی‌داری نشان نداد. همچنین، بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۳۱ دانه) در تیمارهای مصرف ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار مشاهده شد و بیش‌ترین وزن هزاردانه (۴۵/۰۰ گرم) متعلق به تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود که با تیمار مصرف ۱۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). کم‌ترین میزان تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه نیز در تیمار عدم مصرف کود اوره به‌دست آمد (جدول ۵). در مطالعه‌ای روی گندم اظهار شد افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش سنبله در متر مربع شد، اما افزایش بیش از ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار سبب افزایش معنی‌دار این صفت نشد (۱۱). تحقیقات برخی محققین نشان داد که مصرف نیتروژن تعداد سنبله بارور در متر مربع گندم را افزایش داد، اما افزایش سطوح نیتروژن بیش از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث کاهش این ویژگی شد (۲۹). در گیاه جو، گزارش شد که اگرچه مصرف نیتروژن باعث افزایش تعداد سنبله شد، اما مصرف ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از این نظر اختلاف معنی‌داری ایجاد

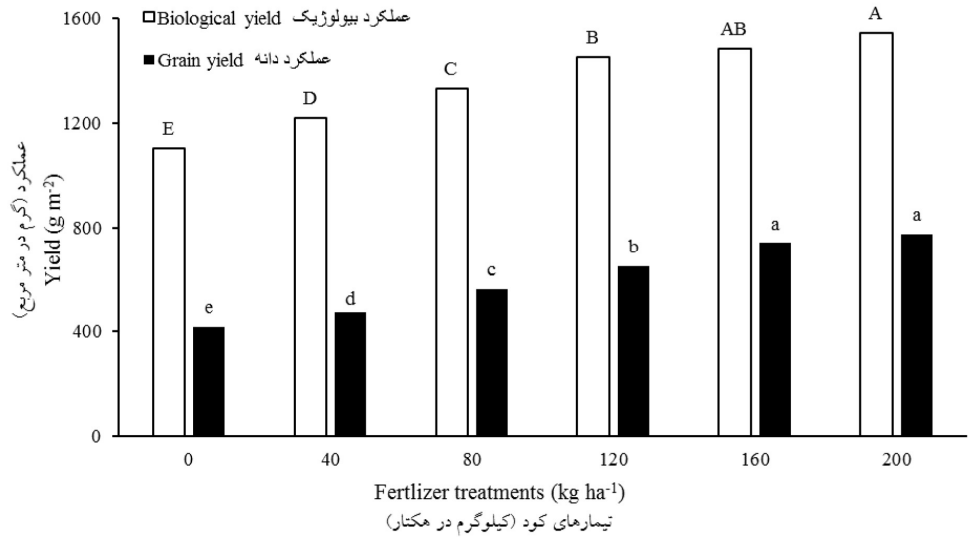
نکرد (۲۷). در تحقیقی روی گیاه گندم اظهار شد افزایش مصرف کود نیتروژن تا حدود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین مقدار دانه در سنبله را در پی دارد (۲۹). همچنین، پژوهش‌گرانی دریافتند که کاربرد نیتروژن افزایش تعداد دانه در خورجین به‌واسطه افزایش تعداد سلول‌های بنیادی و افزایش مواد فتوسنتزی در گیاه کلزا شد (۱۲). به‌نظر می‌رسد که افزایش کاربرد نیتروژن به جهت افزایش دوام سطح سبز فتوسنتزی پس از گلدهی و طول دوره پرشدن دانه باعث افزایش وزن هزاردانه می‌شود. بررسی‌هایی روی گیاه ذرت نشان داد که کاربرد بیش‌تر کود نیتروژن سبب افزایش وزن هزاردانه کلزا شد، اما بین سطوح مصرف ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (۱۸). همچنین، نتایج مرادی و همکاران (۲۰۱۲) با نتایج این آزمایش هماهنگ است (۲۲). آن‌ها دلیل این امر را به افزایش در فرآیند فتوسنتز نسبت دادند و اظهار داشتند که کربوهیدرات‌ها و نیتروژن ذخیره شده در طول دوره گلدهی تعیین کننده میزان دانه‌بندی بوده و کمبود نیتروژن وزن دانه را از طریق کاهش مواد فتوسنتزی کاهش می‌دهد. در پژوهشی روی اثر مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن گندم دوروم گزارش شد که بیش‌ترین مقادیر اجزای عملکرد دانه گندم شامل تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه در مصرف حدود ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌دست آمد (۱۳).

نتایج آزمایش مشخص ساخت که اثر تناوب زراعی و کود نیتروژن بر صفات عملکرد بیولوژیک و دانه گندم معنی‌داری بود (جدول ۳). اثر متقابل تناوب زراعی × کود نیتروژن بر این ویژگی‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در بین دو گیاه زراعی پیش کاشت، عملکرد بیولوژیک و دانه گندم بیش‌تری (به‌ترتیب حدود ۱۴۸۶ و ۶۷۵ گرم در متر مربع) بعد از محصول نخود به‌دست آمد (شکل ۱). پیش کاشت نخود نسبت به پیش کاشت ذرت عملکرد بیولوژیک و دانه گندم را به ترتیب حدود ۱۷ و ۱۳ درصد افزایش داد. در بیش‌تر مواقع یکی از گیاهان وارد شده در تناوب زراعی، گیاهی از خانوادهٔ حبوبات است. دلیل عمدهٔ این مطلب را می‌توان در تثبیت نیتروژن توسط اعضای این خانواده و افزایش حاصلخیزی خاک دانست (۱۴). محققین در بررسی روی نخود، افزایش نیتروژن خاک را تأیید کردند (۶). افزایش مادهٔ آلی خاک از جمله کارکردهای مثبت حضور حبوبات در کشت‌های مختلف، ذکر شده است (۲۳). در میان سطوح کود شیمیایی اوره کم‌ترین مقادیر عملکرد بیولوژیک و دانه گندم متعلق به تیمار عدم مصرف اوره بود. همچنین، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و دانه گندم در تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره مشاهده شد که البته، میان تیمارهای مصرف ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در ویژگی عملکرد دانه گندم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). در مطالعات متعدد به افزایش رشد و عملکرد گیاهان در اثر کاربرد کود نیتروژنه اشاره شده است (۲۵، ۳۰، ۳۴). در مطالعه‌ای روی بهینه‌سازی مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن در گندم اظهار شد گرچه کود نیتروژنه باعث افزایش عملکرد دانه گندم شد، اما مصرف کود بیش از ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف معنی‌دار در افزایش عملکرد دانه نخواهد داشت (۳۳). در مطالعه‌ای دیگر نیز که روی اثر مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن ژنوتیپ‌های گندم دوروم صورت پذیرفت اعلام شد که مصرف حدود ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره حالت بهینه در کاربرد کود نیتروژنه در دست‌یابی به عملکرد دانه است و مقادیر مصرف کود بالاتر افزایش معنی‌داری در این ویژگی نشان نداد (۱۳).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر پیش کاشت بر عملکرد بیولوژیک و دانه گندم در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲.

Figure 1- Means comparison effect of pre-cultivation on wheat biological and grain yield at 2012-13 and 2013-14 growing seasons.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر کود بر عملکرد بیولوژیک و دانه گندم در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲.

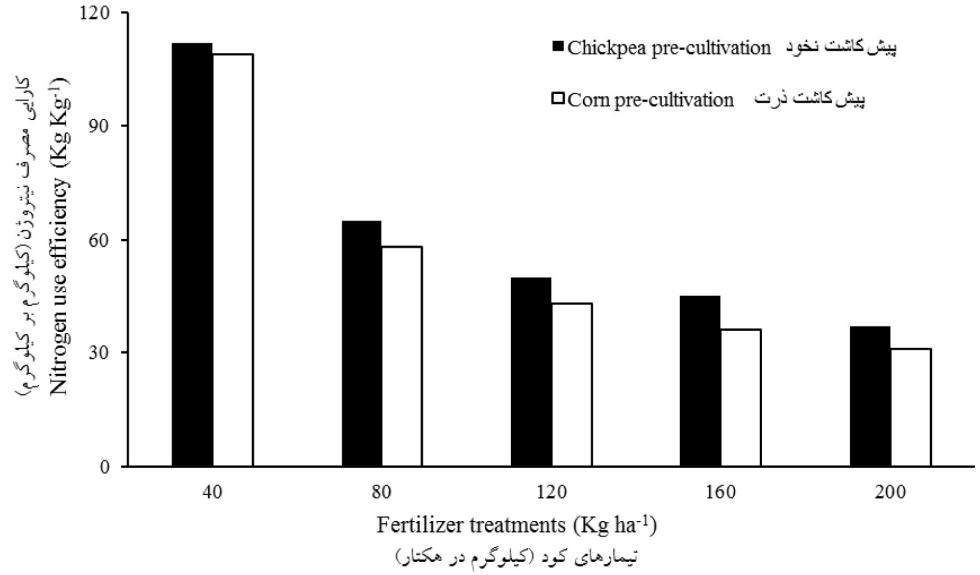
Figure 2- Means comparison effect of fertilizer on wheat biological and grain yield at 2012-13 and 2013-14 growing seasons.

با اینکه اثرات تناوب زراعی و مصرف کود نیتروژنه بر ویژگی شاخص برداشت گندم به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل تناوب زراعی × کود نیتروژن ویژگی شاخص برداشت گندم را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که پیش کاشت نخود نسبت به پیش کاشت ذرت باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت گندم شد در بین الگوهای مصرف کود اوره نیز بیش‌ترین شاخص برداشت (۵۰/۴۵ درصد) متعلق به مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود و با تیمار ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). به‌طور کلی، مصرف کود نیتروژن (۱۷۰ کیلوگرم در هکتار اوره) باعث افزایش شاخص برداشت گندم می‌شود (۳۳).

شاخص کلروفیل از دیگر صفات مورد بررسی گیاه گندم در این آزمایش بود که تحت تأثیر تناوب زراعی و کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۳). بیش‌ترین شاخص کلروفیل گندم در تیمارهای پیش کاشت نخود و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره مشاهده شد و کم‌ترین مقدار این صفت به تیمارهای پیش کاشت نخود و عدم مصرف کود نیتروژنه تعلق گرفت (جدول ۴ و ۵). از آنجایی که نیتروژن از جمله عناصر ضروری تشکیل‌دهنده کلروفیل محسوب می‌گردد، از این‌رو، افزایش در میزان آن در محیط رشد گیاه، به افزایش میزان کلروفیل منجر شد. نتایج این آزمون با یافته‌های یوسف تبار (۲۰۱۲) هماهنگ است (۳۲).

اثر تناوب زراعی و کود نیتروژن هر یک بر صفت درصد پروتیین دانه گندم معنی دار بودند، اما اثر متقابل تناوب زراعی × کود نیتروژن بر این ویژگی تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). از نظر ویژگی‌های درصد پروتیین دانه گندم نیز بیش‌ترین میزان (۱۳/۷۰ درصد) در تیمار پیش کشت نخود مشاهده شد و تیمار پیش کشت ذرت این صفت را هم به‌طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۴). در بین سطوح کود اوره کم‌ترین و بیش‌ترین درصد پروتیین دانه گندم به‌ترتیب متعلق به تیمارهای عدم مصرف و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود هر چند تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری با تیمارمصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره نداشت (جدول ۵). تناوب غلات و لگوم به طور معمول بیش‌تر از سایر انواع تناوب در افزایش عملکرد مؤثر بوده است. به همین دلیل؛ امروزه استفاده از گیاهان لگوم به علت تأثیر مثبت آن‌ها بر افزایش نیتروژن خاک، گسترش یافته است (۲۴). به نظر می‌رسد افزایش نیتروژن در محیط سبب افزایش تشکیل کلروفیل خواهد شد که در نهایت باعث زیاد شدن پروتیین گیاه زراعی می‌گردد (۳۲).

کارایی مصرف نیتروژن: مقادیر میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای پیش کاشت نخود و مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۱۱۲ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن را به خود اختصاص داد (شکل ۳). در این بررسی در میان دو گیاه پیش کاشت ذرت و نخود گیاه نخود دارای کارایی مصرف کود بالاتری بود. همچنین، با افزایش میزان کود نیتروژنه کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت. به‌طور کلی، زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آن‌ها واکنش مثبت نشان می‌دهد، و با رفع نیاز تدریجی گیاه، واکنش آن به مقادیر بیش‌تر کودی کم‌تر می‌شود. بنابراین، کارایی مصرف عناصر غذایی با رفع نیاز گیاه کم‌تر می‌شود. معمولاً بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به‌دست می‌آید (۱). در پژوهشی گزارش شد که بالاترین کارایی استفاده از کود معمولاً با جذب اولین واحد نیتروژن به‌دست می‌آید و میزان کارایی نیتروژن با افزایش میزان آن روندی کاهشی خواهد داشت (۲۸).



شکل ۳- میانگین مقادیر اثرات گیاهان پیش کاشت و کود نیتروژنه بر کارایی مصرف نیتروژن در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲.

Figure 3- Means values effect of crops pre-cultivation fertilizer on nitrogen use efficiency at 2012-13 and 2013-14 growing seasons.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و درصد پروتیین دانه در تیمار پیش کشت نخود مشاهده شدند. در بین سطوح کود نیز بیش‌ترین میزان این صفات در مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌دست آمد ولی مقادیر به‌دست آمده در این تیمار با تیمار مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف معنی‌داری نداشتند. به نظر می‌رسد در زراعت گندم برای کاهش مصرف کودهای نیتروژنه و کمک به سلامت محیط زیست استفاده از پیش کاشت حبوبات مثل نخود راه حل مناسبی باشد. همچنین، توجه به سطوح کودی بهینه و عدم مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی به پایداری کشاورزی کمک شایانی خواهد نمود. در این پژوهش پیش کاشت (تناوب) نخود برای کاشت گیاه گندم بهتر بود. مصرف بهینه کود اوره حدود ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و مصرف بیش‌تر آن عملکرد معنی‌داری در پی نداشت.

منابع

1. Fan, X., Li, F., Liu, F., and Kumar, D. 2004. Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. J. Plant Nut. 25: 9. 853-865.
2. Gonzalez-Andujar, J.L., Aguilera, M.J., Davis, A.S., and Navarrete, L. 2019. Disentangling weed diversity and weather impacts on long-term crop productivity in a wheat-legume rotation. Field Crop Res. 232: 24-29.
3. Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. Eur. J. Agron. 21: 2. 141-142.
4. Guo, S., Jiang, R., Qu, H., Wang, Y., Misselbrook, T., Gunina, A., and Kuzyakov, Y. 2019. Fate and transport of urea-N in a rain-fed ridge-furrow crop system with plastic mulch. Soil Till. Res. 186: 214-223.
5. Hamzei, J., Seyedi, M., and Babaei, M. 2015. Effect of density and nitrogen on seed quantity and quality of winter rapeseed in Hamedan conditions. Crop Prod. 8: 1. 143-159. (In Persian)
6. Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y.,

Dahlmann, C., Dibet, A., von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., and Jensen, E. S. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N2-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. Field Crop Res. 113: 64-71.

7. Hazra K.K., Nath C.P., Singh U., Praharaj C.S., Kumar N., Singh S.S., and Singh N.P. 2019. Diversification of maize-wheat cropping system with legumes and integrated nutrient management increases soil aggregation and carbon sequestration. Geoderma. 353: 308-319.
8. Hegewald, H., Wensch-Dorendorf, M., Sieling, K., and Christen O. 2018. Impacts of break crops and crop rotations on oilseed rape productivity: A review. Eur. J. Agron. 101: 63-77.
9. Houshmandfar, A., Ota, N., Siddique, K.H.M., and Tausz, M. 2019. Crop rotation options for dryland agriculture: An assessment of grain yield response in cool-season grain legumes and canola to variation in rainfall totals. Agric. For. Meteorol. 275: 277-282.
10. Hu C., Sadras V.O., Lu G., Jin X., Xu J., Ye Y., Yang X., Zhang S. 2019. Dual-purpose winter wheat: interactions between crop management, availability of nitrogen and weather conditions. Field Crop Res. 241: 107579.
11. Izadi-Darbandi, E., and Azad, M. 2014. The possibility of wheat yield improvement by modifing the amount of nitrogen and phosphorus application methods and rate. J. Appl. Crop Res (Pajouhesh & Sazandegi). 105: 189-195. (In Persian)
12. Kazemeini, S.A., Hamzehzarghani, H., and Edalat, M. 2010. The impact of nitrogen and organic matter on winter canola seed yield and yield components. Aust. J. Crop Sci. 4: 5. 335-342.
13. Khayat, S., Mojadam, M., and Alavi Fazel, M. 2014. Effect of nitrogen rates on grain yield and nitrogen use efficiency of durum wheat genotypes in Khouzestan. Crop Physiol. J. 6: 21. 103-113.
14. Li, W., Li, L., Sun, J., Gua, T., Zhang, F., Bao, X., Peng, A., and Tang, C. 2004. Effects of inter cropping and nitrogen application on nitrate presentinthe profile of orthic an orthic anthrosolwest china. Agric. Ecosyst. Environ. 105: 483- 491.
15. Liu Z., Gao J., Gao F, Dong S., Liu P., Zhao B., and Zhang J. 2018. Integrated agronomic practices management improve yield and nitrogen balance in double cropping of winter wheat-summer maize. Field Crop Res. 221: 196-206.
16. Lopez-Bellido, R. J., and Lopez-Bellido, L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean condition: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crop Res. 71: 1. 31-64.
17. Marinciu, C. 2007. Genotype and nitrogen fertilization influence on protein concentration in old and new wheat cultivars. Rom. Agric. Res. 24: 17-25.
18. Mirzashahi, K., and Hossainpour, M. 2014. The effect of nitrogen fertilization management on grain yield and nitrogen efficiency indices in corn. J. Appl. Crop Res. (Pajouhesh & Sazandegi). 102: 31-40. (In Persian)
19. Mohajerani, F., and Ghadiri, H. 2003. Competition in different densities of wild mustard (*Brassica kaber*) with winter wheat *(Triticum aestivum*) under different levels of nitrogen fertilizer Application. Ir. J. Agric. Sci. 34: 3. 527-538. (In Persian).
20. Mohler, C.L., and Johnson, S.E. 2009. Crop rotation on organic farms: A planning manual. Natural resource, agriculture and engineering service. 156 p.
21. Montemuro, F., Maiorana, M., Ferri, D., and Convertini, G. 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and source of N fertilization. Field Crop Res. 99: 114-124.
22. Moradi, M., Motamed, M.K., Azarpour, E., and Khosravi Danesh, R. 2012. Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming. ARPN J. Agric. Biolog. Sci. 7: 2. 133-137. (In Persian)

permanent beds in north-west India. Agric. Water Manag. 219: 19-26.
29. Shahrasbi, S., Emam, Y., Ronaghi, A., and Pirasteh-Anosheh, H. 2016. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on grain yield and agronomic nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Sirvan) in Fars Province, Iran conditions. Ir. J. Crop Sci. 17: 4. 349 -363. (In Persian)
30. Sun, Y., Mi, W., Su, L., Shan, Y., and Wu, L. 2019. Controlled-release fertilizer enhances rice grain yield and N recovery efficiency in continuous non-flooding plastic film mulching cultivation system. Field Crop Res. 231: 122-129.
31. Wu, W., Ma, B., Fan, J., Sun, M., Yi, Y., Guo, W., and Voldeng, H.D. 2019. Management of nitrogen fertilization to balance reducing lodging risk and increasing yield and protein content in spring wheat. Field Crop Res. 241: 107584.
32. Yoseftabar, S., Fallah, A., and Daneshian, J. 2012. Effect of split application of nitrogen fertilizer on spad valuse in hybrid rice. Int. J. Agric. Crop Sci. 4: 647-651.
33. Yousefidaz, M., Soltani, A., Galeshi, S., and Zeinali, E. 2014. Optimization of the nitrogen fertilizer management of wheat in Gorgan: Rate and time of nitrogen application. Electron. J. Crop Prod. 7: 4. 81-102.
34. Yu, X., and Li, B. 2019. Release mechanism of a novel slow-release nitrogen fertilizer. Particuol. 45: 124-130.
23. Nath C.P., Hazra K.K., Kumar N., Praharaj C.S., Singh S.S., Singh U., and Singh N.P. 2019. Including grain legume in rice–wheat cropping system improves soil organic carbon pools over time. Ecolog Eng. 129: 144-153.
24. Oliveira, M., Barré, P., Trindade, H., and Virto, I. 2019a. Different efficiencies of grain legumes in crop rotations to improve soil aggregation and organic carbon in the short-term in a sandy Cambisol. Soil Till. Res. 186: 23-35.
25. Oliveira, M., Castro, C., Coutinho, J., and Trindade, H. 2019b. N supply and pre-cropping benefits to triticale from three legumes in rainfed and irrigated Mediterranean crop rotations. Field Crop Res. 237: 32-42.
26. Reckling, M., Hecker, J., Bergkvist, G., Watson, C.A., Zander, P., Schläfke, N., Stoddard, F.L., Eory, V., Topp, C.F.E., Maire, J., and Bachinger, J. 2016. A cropping system assessment framework—Evaluating effects of introducing legumes into crop rotations. Eur. J. Agron. 76: 186-197.
27. Sadeghi, H., and Kazemeini, A.R. 2011. Effect of crop residue management and nitrogen fertilizer on grain yield and yield components of two barley cultivars under dryland conditions. Ir. J. Crop Sci. 13: 3. 436-451. (In Persian)
28. Sandhu O.S., Gupta R.K., Thind H.S., Jat M.L., Sidhu H.S., and Singh Y. 2019. Drip irrigation and nitrogen management for improving crop yields, nitrogen use efficiency and water productivity of maize-wheat system on