نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و ششم، شماره دوم، ۱۳۹۸
۷۱-۸٤
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2019.14557.2307

ارزیابی خصوصیات زراعی و شیمیایی بوم‌نظام گندم تحت‌تأثیر الگوهای کشت مضاعف و مدیریت زیستی– شیمیایی کود

***امیر آینه‌بند[۱]، محمود شوهانی[۲] و اسفندیار فاتح[۳]**

[۱]استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران،
[۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران،
[۳]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹٦/۱۲/۰۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: با استفاده منحصربه‌فرد از کودهای شیمیایی نمی‌توان به پایداری در تولید محصولات زراعی دست یافت. به‌علاوه حصول عملکرد قابل‌قبول گیاهان زراعی با استفاده کودهای زیستی به‌تنهایی امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین استفاده از راهکارهای مدیریتی هم‌چون توالی مناسب گیاهان زراعی و استفاده تلفیقی از کودهای زیستی و شیمیایی می‌تواند در تولید و تداوم محصولات کشاورزی راه‌گشا باشند. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر توالی کاشت گیاهان مختلف زراعی با گندم و تلفیق کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه گندم و وضعیت عناصر در خاک اجرا شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور مطالعه اثر توالی زراعی و کودهای زیستی در بوم‌نظام گندم، آزمایشی در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ طی دو فصل تابستان و زمستان انجام شد. طرح آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار بود. عامل اصلی شامل پنج نوع گیاه زراعی پیش کشت قبل از گندم بود که عبارت بودند از: آفتابگردان، ارزن، ذرت، کنجد و ماش. عامل کرت فرعی سه روش مدیریت کود شامل: کاملاً شیمیایی، کاملاً زیستی و تلفیقی بود. عملکرد دانه و اجزای عملکرد گندم و برخی خصوصیات شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج این آزمایش نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه گندم (۷/۱ تن در هکتار) در توالی ماش- گندم و در کوددهی تلفیقی به‌دست آمد. کود زیستی کم‌ترین عملکرد کاه، عملکرد دانه و درصد پروتئین را به‌دنبال داشت. در تناوب گندم با گیاهان غیربقولات، بیش‌ترین عملکرد دانه گندم (۵/۵۸ تن در هکتار) مربوط به توالی آفتابگردان- گندم بود، در حالی‌که بیش‌ترین عملکرد دانه گندم (۵/۹۱ تن در هکتار) در توالی ماش- گندم به‌دست آمد. کم‌ترین عملکرد دانه (٤/۹ تن در هکتار) نیز مربوط به توالی کنجد- گندم بود. همچنین کم‌ترین مقدار نیتروژن (۰/۰٥٤ درصد)، فسفر (۲/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و پتاسیم قابل‌تبادل (۱٦۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) خاک به‌ترتیب مربوط به حضور گیاه آفتابگردان، ارزن و کنجد همگی در روش کاملاً شیمیایی بود. در کوتاه‌مدت، روش‌های مختلف کوددهی در مقایسه با تغییر نوع گیاه قبلی اثر بیش‌تری بر عملکرد دانه داشت.

* مسئول مکاتبه: aynehband@scu.ac.ir

نتیجه‌گیری: از نتایج این پژوهش می‌توان چنین استنباط نمود که اثر گیاه قبلی در کشت مضاعف با تغییر در نوع مدیریت کود از شیمیایی به زیستی تغییر یافت. به‌علاوه در توالی‌هایی که بقولات حضور ندارند، روش مدیریت تلفیقی کود راه‌کار مناسب‌تری نسبت به روش‌های کاملاً شیمیایی یا کاملاً زیستی خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، بقولات، کربن آلی، کنجد، مدیریت تلفیقی کود

مقدمه

توالی گیاهان زراعی که از اصول کشاورزی پایدار محسوب می‌شود در واقع یک راه‌کار شناخته‌شده زراعی است که باعث بهبود عملکرد گیاهان زراعی خواهد شد (۲). در این ارتباط گزارش شده که عملکرد گندم و جو پس از گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن بیش‌تر از عملکرد توالی گندم- گندم بود. بهبود عملکرد گندم در این شرایط می‌تواند ناشی از بهبود نیتروژن در خاک در شرایط حضور بقولات در توالی باشد (۳). همچنین بیان شده که عملکرد دانه گندم در توالی با لوبیا و آفتابگردان بیش‌تر از تک‌کشتی گندم بود. این برتری به‌دلیل تعداد سنبله و طول سنبله بیش‌تر و نیز تعداد دانه در سنبله بیش‌تر در مقایسه با تک‌کشتی گندم بود. به‌علاوه بهبود در ساختار خاک، فراهمی بهتر عناصر غیرنیتروژنی و کاهش ترکیبات سمی و آللوپاتیک از جمله مهم‌ترین فواید غیرنیتروژنی توالی گندم- بقولات بود (٦). در آزمایشی تحت تیمارهای توالی کشت گندم- گندم، ذرت- گندم، سودانگراس- گندم، علوفه مخلوط- گندم، چغندرقند- گندم، سودانگراس- کلزا- گندم در اهواز گزارش شد که بیش‌ترین عملکرد دانه گندم مربوط به توالی چغندرقند- گندم و پس از آن ذرت- گندم بود. همچنین کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به تک‌کشتی گندم بود. از جمله دلایل بهبود عملکرد دانه گندم در نتیجه جذب بهتر عناصر نیتروژن و فسفر از خاک در الگوی توالی گیاهان در مقایسه با تک‌کشتی گندم ذکر شد (۲۰). بیان شده که عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک گندم در توالی با چغندرقند بیش‌تر از توالی گندم با کلزا و سیب‌زمینی بود. استفاده بهتر از آب خاک، جذب مؤثرتر عناصر غذایی، کاهش جمعیت علف‌های هرز از جمله مزیت توالی چغندرقند- گندم نسبت به دو حالت دیگر بیان شد (۲۲). به‌علاوه پژوهشگران بیان داشتند که حضور دانه‌های روغنی (گیاهان غیرتثبیت‌کننده نیتروژن) مانند کلزا و آفتابگردان در توالی با گندم می‌تواند اثر مثبت و مفیدی بر عملکرد گندم داشته باشند. برای مثال، بهبود عملکرد گندم در توالی پس از کلزا، دامنه‌ای بین ٢٤ تا ۳۰ درصد در مقایسه با شرایط تک‌کشتی گندم را به‌دنبال داشت (۱۱). مقایسه بین چند الگوی توالی زراعی نشان داد که کشت ارزن- گندم اگرچه مدت زمان بیش‌تری زمین را نسبت به کشت سویا- گندم اشغال کرده بود ولی میزان تولید آن بیش‌تر بود (۱). از سوی دیگر بیان شده که عملکرد گندم بعد از سیب‌زمینی تفاوت معنی‌داری با تک‌کشتی نداشت اما این صفت بعد از ذرت کاهش یافت. بنابراین بسته به شرایط زراعی در بعضی مواقع اثر توالی خیلی مثبت و در بعضی موارد تقریباً بدون تأثیر می‌باشد. به‌طورکلی نتایج پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که الگوهای توالی گندم نسبت به شرایط تک‌کشتی آن اثرات بهتری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه این گیاه خواهد داشت (۱۲). همچنین منابع آلی و غیرآلی مواد مغذی مورد استفاده در محصول قبلی در توالی می‌توانند برای تولید محصول بعدی سودمند باشند، زیرا از طریق تجمع منابع آلی و معدنی در زراعت

قبلی سطح پایداری از عناصر غذایی در خاک ایجاد می‌شود. از این‌رو، مهم است که یک دوز کودی بر پایه توالی گیاهان زراعی برای مناطق کشاورزی-بوم‌شناختی خاص توسعه یابد. توسعه فناوری‌های مدیریت مواد مغذی مناسب برای الگوهای مختلف کشت یک کشور باید یک هدف فوری از تحقیقات باروری خاک باشد. ارزیابی نیازهای مواد مغذی محصولات مختلف برای سطوح عملکرد مطلوب در یک توالی کاشت مناسب برای محصولات زراعی اولین گام در ایجاد شیوه‌های مدیریت صحیح کود می‌باشد (۱۰). گزارش شده که استفاده‌ی مداوم و طولانی‌مدت از منابع غیرآلی فسفر در بوم‌نظام‌های زراعی تولید محصول و قابلیت تولید خاک را به مخاطره می‌اندازد. در پژوهشی پژوهشگران نشان دادند که با کاربرد تیمارهای مدیریت کود به‌صورت تلفیقی از منابع کودهای آلی و معدنی و همچنین استفاده از توالی‌های مختلف کاشت میزان فسفر دانه گندم از ۰/۲٦ درصد به ۰/٤٦ درصد و میزان فسفر کاه از ۰/۰۲ درصد به ۰/۰٦ درصد افزایش یافت (۹).

از آن‌جایی‌که معمولاً در منطقه تک‌کشتی گندم فرم غالب کشت می‌باشد، در این آزمایش سعی شده که تأثیر رایج‌ترین گیاهان زراعی تابستانه در منطقه بر گیاه استراتژیک گندم بررسی شود. بنابراین هم مسائل کمیت تولید، هم کیفیت تولید و هم تأثیری که گیاهان پیش‌کاشت بر ویژگی‌های خاک می‌گذارند مورد بررسی قرار خواهند گرفت. که در حقیقت مجموعه‌ای از تغییرات کوتاه‌مدت در کشت‌بوم گندم را شامل می‌شود. بنابراین هدف از اجرای این آزمایش بررسی اثر توالی کاشت گیاهان مختلف زراعی با گندم و تلفیق کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه گندم و وضعیت عناصر در خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در طی دو فصل تابستان و پاییز در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. اهواز در قسمت جنوب‌غربی استان خوزستان واقع شده است. شهر اهواز جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. براساس آمار میانگین حداکثر دمای اهواز ٤٦/۲ درجه سانتی‌گراد (تیرماه) و میانگین حداقل دمای آن ۸/٤ درجه سانتی‌گراد (دی‌ماه) می‌باشد. میزان بارندگی شهر اهواز حدود ۲۱۲ میلی‌متر می‌باشد. آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار صورت گرفت. عامل اصلی پنج نوع گیاه زراعی در تناوب با گندم شامل آفتابگردان، ارزن، ذرت، کنجد و ماش و تیمار فرعی شامل سه روش مدیریت کود شامل ۱- کاملاً شیمیایی: مقدار N- P- K معادل ۵۰-۷۵-۹۰ کیلوگرم بود (برای نیتروژن از کود اوره، فسفر از سوپر فسفات تریپل و پتاسیم از کود سولفات پتاسیم استفاده شد). ۲- کاملاً زیستی: مجموعه‌ای از کود سوپر نیتروپلاس (برای فراهمی نیتروژن، عمدتاً باکتری‌های آزسپریلیوم و سودوموناس به‌صورت بذرمال و به‌میزان چهار لیتر در هکتار) و فسفات بارور ۲ (برای فراهمی فسفر، عمدتاً باکتری سودوموناس حل‌کننده فسفات، به‌صورت بذرمال به میزان یک کیلوگرم در هکتار)، بیوسولفور (برای فراهمی گوگرد، عمدتاً باکتری تیوباسیلوس، با ایجاد شیار و قرار دادن در نزدیکی خط کشت و به‌میزان دو لیتر در هکتار) و کود آلی آلکان (شامل کود دامی کمپوست شده همراه با باکتری تیوباسیلوس، در زمان قبل از کشت و مخلوط با خاک و به‌میزان ۱۰ تن در هکتار) بود. ۳- تلفیقی: شامل ۵۰ درصد مقدار

N- P- K اولیه (۲۵- ۳۵- ٤٥) تعیین شده برای روش کاملاً شیمیایی به همراه استفاده از مجموعه کودهای زیستی (سوپر نیتروپلاس به‌میزان چهار لیتر در هکتار، فسفات بارور ۲ به‌میزان یک کیلوگرم در هکتار، بیوسولفور به‌میزان دو لیتر در هکتار و کود آلی آلکان به‌میزان ده تن در هکتار) بود. اساس انتخاب میزان کود N- P- K بر اساس نیاز رایج هر گیاه و پس از تجزیه خاک (عمق نمونه‌برداری: ۰-۳۰ سانتی‌متر، هدایت الکتریکی: ۳/٤ میلی‌موس بر سانتی‌متر، اسیدیته: ۷/۸، ماده آلی: ۰/۵۲ درصد، نیتروژن کل: ۰/۰۳۹ درصد، فسفر: ۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاسیم قابل‌تبادل: ۱۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، بافت خاک: لومی شنی) تعیین گردید. کشت گیاهان در دو مرحله صورت گرفت. مرحله اول شامل کشت گیاهان تابستانه قبل از گندم و مرحله دوم شامل کشت گندم بود.

جدول ۱- برخی مشخصات زراعی گیاهان مورد آزمایش.

Table 1. Some crop characteristics of tested plants.

گیاه زراعی Crop	رقم Cultivar	زمان کاشت Planting time	زمان برداشت Harvest time	تراکم (بوته در هکتار) Density (plant/ ha)	کود (کیلوگرم) (N-P-K) Fertilizer (kg)
گندم wheat	چمران Chamran	1 آذر 22 November	اردیبهشت April	180 کیلوگرم بذر در هکتار kg/ha	90- 75- 50
آفتابگردان Sunflower	شفق Shafagh	20 خرداد 10 June	اوایل مهر Early October	65000	100- 40- 40
ارزن مرواریدی Millet	نوتریفید Notified	20 خرداد 10 June	اوایل شهریور Early September	20000	90- 60- 50
ذرت Corn	S.C.704	4 مرداد 26 July	اواخر آبان Late November	75000	200- 100- 100
کنجد Sesame	داراب 14 Darab14	15 تیر 6 July	اواخر مهر Late October	20000	75- 50- 50
ماش Mung bean	گوهر Gohar	15 تیر 6 July	اواسط مهر Mid- October	40000	30- 50- 50

برداشت بوته‌ها در مساحتی معادل دو مترمربع که شامل ردیف‌های میانی در هر کرت بود انجام شد. پارامترهای مورد اندازه‌گیری شامل خصوصیات کمی و کیفی گندم و همچنین برخی خصوصیات خاک هم‌چون درصد نیتروژن (به روش کجلدال)، مقدار فسفر (اسپکتوفتومتر)، پتاسیم قابل‌تبادل (به روش فلم فتومتر)، درصد کربن آلی (به روش احتراق)، نسبت کربن به نیتروژن بود و درصد پروتئین (غلظت نیتروژن دانه × ۵/۸۳) که پس از برداشت گندم اندازه‌گیری شدند. نتایج به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ تجزیه آماری شده و مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد گندم: نتایج تجزیه واریانس (جدول‌های ۲ و ۳) صفات مرتبط با خصوصیات کمی و کیفی گندم نشان داد که تیمار نوع توالی بر همه صفات کمّی و کیفی به‌جز ارتفاع بوته، شاخص برداشت و میزان پروتئین در سطح پنج درصد و یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر تیمار مدیریت کود بر همه تیمارها به‌جز وزن هزاردانه معنی‌دار بود. در مقابل نتایج حاصل از برهمکنش این دو تیمار بر تمامی صفات کمّی و کیفی گندم به‌جز وزن سنبله اصلی، عملکرد کاه و عملکرد دانه اثر غیرمعنی‌داری داشت. نتایج حاصل از اثرات مجزای تیمارهای آزمایش (جدول‌های ۲ و ۳) نشان داد که اگرچه ارتفاع بوته‌ها تحت‌تأثیر تیمارهای اعمال‌شده قرار نگرفت ولی بیش‌ترین (۸٤/٦ سانتی‌متر) ارتفاع بوته‌های گندم در روش کاملاً شیمیایی حاصل گردید. دلیل تفاوت ارتفاع بوته گندم در بین تیمارهای کود شیمیایی و زیستی را می‌توان ناشی از فراهمی سریع‌تر عناصر غذایی در روش شیمیایی و سرعت رشد اولیه بوته‌های گندم در مقایسه با آزادسازی آهسته‌تر عناصر غذایی برای گیاه در شرایط استفاده از کودهای زیستی دانست. همچنین مشخص شد که بیش‌ترین وزن سنبله اصلی (۱/۹٦ گرم)، تعداد سنبله در مترمربع (۵۰۹/۳) تعداد دانه در سنبله (۳۱/۷)، عملکرد کاه (۷/٤٤ تن در هکتار)، عملکرد دانه (۵/۹۱ تن در هکتار) و میزان پروتئین دانه (۱۲/۳ درصد) در شرایطی حاصل شد که گیاه ماش در توالی قبل از گندم کشت شده بود. در حالی‌که حضور گیاه کنجد قبل از گندم کم‌ترین وزن سنبله اصلی (۱/٦۳ گرم) و حضور ارزن قبل از گندم کم‌ترین تعداد سنبله در مترمربع (٤٤۳/٦) را تولید کرد. بنابراین نتایج نشان می‌دهد که حضور گیاهان مختلف تأثیر مشابهی بر صفات اجزای عملکرد گندم نخواهد داشت. البته صفاتی که در ابتدای دوره رشد گندم مشخص می‌شوند (هم‌چون تعداد سنبله در مترمربع) در مقایسه با صفاتی که در اواسط دوره رشد گندم تعیین می‌شوند (هم‌چون تعداد دانه در سنبله) بیش‌تر تحت‌تأثیر نوع گیاه در توالی قرار گرفته‌اند. به هر حال حضور ماش به‌عنوان بقولات باعث شده که به‌واسطه بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۳۱/۷)، بیش‌ترین وزن سنبله اصلی نیز تولید شود. به‌علاوه، در تیمار مدیریت کود نیز روش کاملاً زیستی کم‌ترین عملکرد دانه (٤/۸۹ تن در هکتار) را تولید کرد (جدول ۳). اگرچه برهمکنش تیمارها برای بیش‌تر اجزای عملکرد (جدول ۲) معنی‌دار نشده، اما در همه حالات، مدیریت کاملاً شیمیایی بیش‌ترین و استفاده صرف از کودهای زیستی، کم‌ترین کمیت اجزای عملکرد را تولید کرده است (به‌استثنای تعداد سنبله در مترمربع). این مسأله نشان می‌دهد اتکای صرف به کودهای زیستی کاملاً مطلوب نیست. زیرا روش‌های تلفیقی با آن‌که در بیش‌تر حالات اثر کم‌تری در مقایسه با روش‌های شیمیایی بر عملکرد گندم داشته‌اند، اما تفاوت بین آن‌ها اندک است. به هر حال برهمکنش تیمارهای نوع توالی و مدیریت تلفیقی کود برای صفات وزن سنبله اصلی نشان داد که بیش‌ترین (۲/۲۳ گرم) وزن سنبله اصلی در حضور گیاه ماش قبل از گندم و مدیریت تلفیقی کود به‌دست آمده است (شکل ۱). این برتری با بیش‌تر بودن تعداد دانه در سنبله و همچنین تعداد سنبله در مترمربع برای حضور گیاه ماش توجیه‌پذیر است.

جدول ۲- اثر نوع گیاه زراعی ماقبل و روش مدیریت کود بر خصوصیات کمی گندم.

Table 2. Effect of crop sequence and fertilizer management on quantitative characteristics of wheat.

وزن هزاردانه (گرم) weight of 1000 seeds (gr)	تعداد دانه در سنبله Seed/ spike	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike / m^2	وزن سنبله اصلی (گرم) Main spike weight (gr)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تیمارها Treatment
		گیاه زراعی ماقبل Pre- crop			
43.06^{a}	27.6^{b}	466.3^{bc}	1.72^{bc}	80.14^{a}	آفتابگردان Sunflower
43^{a}	29.6^{ab}	443.6^{c}	1.85^{ab}	81.8^{a}	ارزن Millet
44.6^{a}	31.1^{a}	494.3^{ab}	1.83^{ab}	84.6^{a}	ذرت Corn
42.6^{a}	30.6^{a}	451.2^{c}	1.63^{c}	83.7^{a}	کنجد Sesame
42.6^{a}	31.7^{a}	509.3^{a}	1.96^{a}	82.6^{a}	ماش Mung bean
		روش مدیریت کود Fertilizer management			
44.4^{a}	31.7^{a}	479.9^{a}	1.99^{a}	84.6^{a}	شیمیایی Chemical
43.4^{a}	30.39^{b}	464^{b}	1.74^{b}	82.37^{b}	تلفیقی Integrated
41.7^{b}	27.02^{c}	474^{ab}	1.66^{c}	80.6^{b}	زیستی Biological
		خلاصه تجزیه واریانس Summary of ANOVA			
**	*	**	**	ns	نوع تناوب Type of rotation
ns	**	*	**	**	مدیریت کود Fertilizer management
ns	ns	ns	**	ns	برهم‌کنش Interaction

^{ns}، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و مشابه بودن حروف نیز بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن است.

*, **, ^{ns} Significant at 0.05, 0.01 probability level and no significant, respectively and the numbers with common alphabets did not differ significantly from the 0.05 level based on Duncan test.

پژوهشگران در مطالعه‌ای با وارد کردن گیاهان پهن‌برگ در الگوی کشت گندم (برای مثال استفاده از آفتابگردان در توالی گندم- ذرت- آفتابگردان) نشان دادند که عملکرد دانه گندم به‌دلیل بهبود کلی در تعداد و طول سنبله، حدود ۲۳ درصد افزایش یافت. به‌علاوه هرچه فاصله زمانی بین دو کشت متوالی گندم از طریق افزایش تنوع در نتیجه حضور گیاهان مختلف زراعی بیش‌تر شد، میزان تأثیرگذاری اثر توالی بر عملکرد و اجزای گندم نیز تقویت گردید (۱). در آزمایشی ضمن تأکید بر این نکته که گیاهان

تثبیت‌کننده نیتروژن مجموعه‌ای از اثرات متقابل پیچیده بر گیاه گندم پس از خود خواهند داشت (مانند اثرات تجمعی بر آب خاک، فراهمی عناصر خاک و نیز قطع سیکل آفات و بیماری‌ها) بیان نمود که میزان واکنش عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت کنترل عواملی هم‌چون سال، محل و همچنین نوع گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن نیز خواهد بود (۱۳).

جدول ۳- اثر نوع گیاه زراعی ماقبل و روش مدیریت کود بر خصوصیات کمی و کیفی گندم.

Table 3. Effect of crop sequence and fertilizer management on quantitative and qualitative characteristics of wheat.

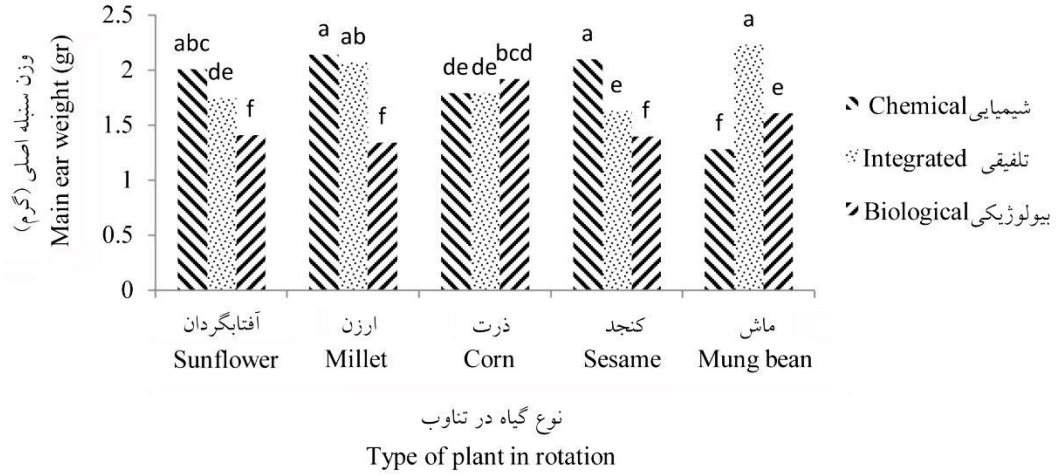
تیمارها Treatments	عملکرد کاه (تن در هکتار) Straw yield (ton/ha)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton/ha)	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)	میزان پروتئین (درصد) Protein content (%)
گیاه زراعی ماقبل Pre- crop				
آفتابگردان Sunflower	7.26[a]	5.58[b]	42.5[a]	11.8[a]
ارزن Millet	6.22[b]	5.11[cd]	45.1[a]	11.49[a]
ذرت Corn	7.42[a]	5.30[bc]	41.6[a]	12.02[a]
کنجد Sesame	7.2[a]	4.92[d]	41.4[a]	11.18[a]
ماش Mung bean	7.44[a]	5.91[a]	44.06[a]	12.3[a]
روش مدیریت کود Type of fertilizer management				
شیمیایی Chemical	7.57[a]	5.56[a]	45.5[a]	12.07[b]
تلفیقی Integrated	7.14[a]	5.44[a]	41.2[b]	13.01[a]
زیستی Biological	6.61[b]	4.89[b]	42.02[b]	11.98[b]
خلاصه تجزیه واریانس Summary of ANOVA				
نوع تناوب Type of rotation	**	*	ns	ns
مدیریت کود Fertilizer management	**	*	**	**
برهم‌کنش Interaction	**	**	ns	ns

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و مشابه بودن حروف نیز بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن است.

*, **, ns Significant at 0.05, 0.01 probability level and no significant, respectively and the numbers with common alphabets did not differ significantly from the 0.05 level based on Duncan test.

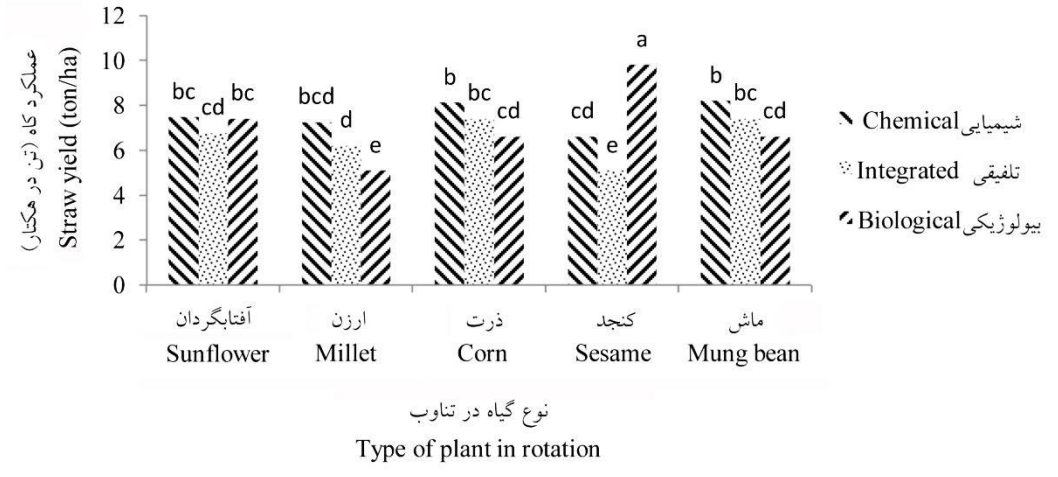
همچنین نتایج این آزمایش نشان داد بیش‌تر گیاهان کشت‌شده قبل از گندم تفاوت معنی‌داری به لحاظ عملکرد کاه همچنین در بررسی توالی‌های کلزای بهاره- جو بهاره- گندم زمستانه، گندم زمستانه- کلزای بهاره و کشت مداوم گندم زمستانه، گزارش شد که بیش‌ترین تعداد ساقه بارور، بیش‌ترین ضریب باروری پنجه‌ها و بیش‌ترین ارتفاع بوته در توالی گندم- کلزا و کم‌ترین آن‌ها در کشت متناوب گندم حاصل شد. همچنین بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله نیز از تیمار گندم- کلزا به‌دست آمد (۱۹). گندم نداشتند، ولی کم‌ترین عملکرد کاه (۶/۲۲ تن در هکتار) مربوط به توالی ارزن- گندم بود. به‌علاوه بیش‌ترین (۷/۵۷ تن در هکتار) و کم‌ترین (۶/۶۱ تن در هکتار) عملکرد کاه به‌ترتیب در تیمارهای مدیریت کاملاً شیمیایی و کاملاً زیستی دیده شد (جدول ۳). اما در مقابل برهمکنش تیمارهای آزمایش نشان داد که بیش‌ترین عملکرد کاه مربوط به توالی کنجد- گندم با مدیریت کاملاً زیستی عناصر غذایی است (شکل ۲). به‌عبارت دیگر به‌نظر می‌رسد حضور گیاه کنجد قبل از گندم به‌واسطه تأثیراتی که بر خاک دارد (هم‌چون کمیت و کیفیت بقایای کنجد، تخلیه عناصر غذایی از خاک و نیز به‌واسطه ترشح ترکیبات آلی موجود در ریشه این گیاه همانند سیترات و اگزالات به ریزوسفر) اثر منفی بر سرعت رشد اولیه گندم داشته است. به‌علاوه، فراهمی کُند عناصر غذایی توسط کودهای زیستی نیز باعث شده که اندام‌های رویشی به‌ویژه ساقه بخش زیادی از آسیمیلات را به خود اختصاص دهد و اندام‌های زایشی مانند سنبله کم‌تر گسترش یابند. این نتیجه‌گیری با توجه به کم‌تر بودن وزن سنبله اصلی (۱/۶۳ گرم) و کم‌تر بودن تعداد سنبله در مترمربع (۴۵۱/۲) در توالی کنجد- گندم (جدول ۲) قابل توجیه است. نکته دیگر این‌که گیاه ارزن با آن‌که به‌تنهایی کم‌ترین عملکرد کاه را تولید کرده، ولی استفاده از کودهای شیمیایی باعث شده که کمیت عملکرد کاه در این توالی حد واسط سایر توالی‌های کشت باشد. اما همچنان توالی ارزن- گندم با کاربرد کودهای زیستی کم‌ترین عملکرد کاه را داشته است که بخشی از این کاهش در عملکرد کاه با کم‌تر بودن تعداد سنبله در مترمربع (۴۴۳/۶) قابل توجیه خواهد بود (جدول ۲). از سویی دیگر، بیش‌ترین (۵/۹۱ تن در هکتار) و کم‌ترین (۴/۹۲ تن در هکتار) عملکرد دانه به‌ترتیب در توالی‌های ماش- گندم و کنجد- گندم به‌دست آمده است. هر چند که نوع مدیریت کود تأثیر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۳). این وضعیت باعث شد که توالی ماش- گندم با مدیریت تلفیقی کود در نهایت بیش‌ترین (۷/۱ تن در هکتار) عملکرد دانه را تولید کند (شکل ۳). به‌عبارت دیگر حضور بقولات با سطح مطلوبی از کودهای شیمیایی و زیستی بهترین شرایط را به لحاظ عملکرد دانه فراهم نموده است. البته حضور گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن (مانند ماش) قبل از گندم در شرایطی که تنها از کودهای زیستی استفاده شود، سطح مطلوبی از عملکرد را به‌دست نخواهد داد. نکته دیگر از نتایج این آزمایش ذکر این نکته است که حضور گیاهان کنجد و ارزن با مدیریت تلفیقی کود، عملکرد دانه تقریباً مشابهی را تولید کرده اما حضور ذرت قبل از گندم با مدیریت کاملاً شیمیایی و حضور آفتابگردان قبل از گندم با مدیریت زیستی تأثیر مطلوبی بر عملکرد دانه گندم داشته است. از این تفاوت‌ها می‌توان چنین استنباط نمود که صرف‌نظر از تفاوت‌هایی که ناشی از نوع گیاهان در تناوب است باید برای هر توالی خاص روش متفاوتی از مدیریت کود را در نظر گرفت. بنابراین، ترکیب دو شرایط نوع گیاه ماقبل در توالی و مدیریت کود اثرات پیچیده‌ای را برای مدیریت گیاه زراعی بعدی ایجاد خواهد کرد. بنابراین، نتایج این آزمایش نشان داد که در کوتاه‌مدت تغییر

نوع گیاه زراعی اگرچه بر عملکرد دانه تأثیرگذار است، ولی بر برخی صفات کیفی هم‌چون درصد پروتئین (جدول ۳) و کمّی گندم مانند وزن هزاردانه (جدول ۲) که در انتهای دوره رشد تعیین می‌شوند اثرات معنی‌داری نخواهد داشت، ولی همان‌طور که انتظار می‌رفت تغییر در نوع مدیریت کود حتی در کوتاه‌مدت نیز بر صفات کیفی تأثیرگذار بود؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد پروتئین دانه (۱۳/۰۱ درصد) در مدیریت تلفیقی کود به‌دست آمد. به‌علاوه گزارش شده که عملکرد گندم پس از سیب‌زمینی تغییر معنی‌داری نیافت، اما پس از ذرت کاهش یافت (۱۲). در آزمایشی نشان داده شد که نوع گیاه پیش کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم داشته و تک‌کشتی گندم ضعیف‌ترین الگوی کشت مورد آزمایش بود (۲۰). به‌علاوه گزارش شد که عملکرد گندم در کشت مداوم زمستانه ۳۰/۸ درصد کاهش یافت (۱۸).



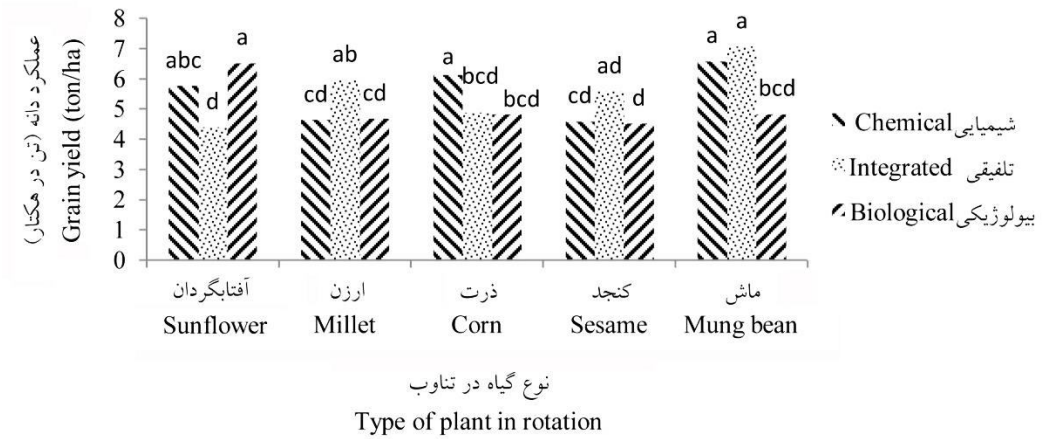
شکل ۱- اثر تیمار نوع گیاه زراعی ماقبل و مدیریت کود بر وزن سنبله اصلی.

Figure 1. Effect of type of pre-plant crop and fertilizer management on main spike weight.



شکل ۲- اثر تیمار نوع گیاه زراعی ماقبل و مدیریت کود بر عملکرد کاه.

Figure 2. Effect of pre-plant crop and fertilizer management on straw yield.



شکل ۳- اثر تیمار نوع گیاه زراعی ماقبل و مدیریت کود بر عملکرد دانه.

Figure 3. Effect of type of pre-plant crop and fertilizer management on grain yield.

افزایش عملکرد و وزن خشک بخش‌های هوایی گندم پس از کلزا به‌دلیل افزایش معنی‌دار تعداد پنجه بارور (تعداد سنبله) در واحد سطح گزارش شد (۱۹). در بررسی توالی گندم- ذرت، گندم- ذرت- نخودفرنگی و کشت خالص گندم مشاهده شد که قرار گرفتن ذرت در توالی با گندم سبب افزایش حدود ٤٨ درصدی عملکرد دانه گندم در مقایسه با شرایط تک‌کشتی گندم شد. به‌نظر این پژوهشگران کاهش مشکل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها در نظام‌های کشت تناوبی و نیز بهبود وضعیت ریزجانداران خاک و تأثیر مثبت آن بر شرایط رشد ریشه از جمله مهم‌ترین دلایل افزایش عملکرد گندم در نظام‌های کشت تناوبی بود (۱۷). به‌علاوه مشخص شد که بیش‌ترین عملکرد دانه گندم در تناوب دوساله ذرت- گندم و ۹ ساله گندم- ذرت- کاهو حاصل شد که تناوب ذرت- گندم بیش‌ترین عملکرد کمی و کیفی را دارا بود. به‌گونه‌ای که درصد پروتئین دانه از ۱۰/۷۰ تا ۱۳/۱۲ درصد در بین تیمارهای مختلف متفاوت بود (٤). به هر حال گزارش شده که اجرای الگوهای تناوبی شامل گیاهان غیربقولات با کاهش مصرف نهاده‌ها امکان‌پذیر است. البته حضور بقولات در تناوب با غلات با اجرای مدیریت تلفیقی کود مناسب‌تر از شرایط کاملاً شیمیایی بود. اجرای الگوهای تناوبی بهتر از تک‌کشتی کامل گیاهان بود، ولی بین تناوب‌های مختلف نیز به لحاظ عملکرد کمّی و کیفی تفاوت وجود داشت (٦).

خصوصیات شیمیایی خاک: هر دو تیمار تناوب و مدیریت کود و همچنین برهم‌کنش آن‌ها بر درصد نیتروژن خاک، فسفر و پتاسیم قابل‌تبادل، درصد کربن آلی و نسبت C/N اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند (جدول ٤). نتایج حاصل از مقایسات میانگین نشان داد که بیش‌ترین (۰/۱ درصد) و کم‌ترین (۰/۰۷۳ درصد) مقدار نیتروژن خاک به‌ترتیب مربوط به توالی‌های آفتابگردان- گندم و کنجد- گندم در شرایط مدیریت تلفیقی کود بود. نکته جالب این‌که در همه گیاهان غیربقولات مانند ارزن، ذرت و کنجد (به‌جز آفتابگردان) با تغییر در مدیریت کود از ۱۰۰ درصد شیمیایی به ۱۰۰ درصد زیستی، کمیت نیتروژن باقی‌مانده در خاک افزایش یافته است. برای مثال در گیاه کنجد و در تیمار کوددهی شیمیایی، مقدار نیتروژن در خاک پس از برداشت گندم ۰/۰۵۸ درصد، در تیمار تلفیقی ۰/۰۷۳ درصد و در کوددهی زیستی ۰/۰۸۱ درصد بود؛ در حالی‌که حضور بقولات این روند را معکوس کرده به‌گونه‌ای که حضور ماش

باعث شد که مقدار نیتروژن باقی‌مانده در خاک در تیمار شیمیایی ۰/۰۹ درصد، در تیمار تلفیقی ۰/۰۸٦ درصد و در تیمار زیستی ۰/۰۸۳ درصد باشد. به‌عبارت دیگر این نتایج نشان می‌دهد که حضور گیاه بقولات قبل از گندم با بهبود ساختار زیستی خاک باعث تأثیرگذاری بیش‌تر مدیریت زیستی کود در گیاه بعدی شده است. گزارش شده گسترش استفاده از کودهای آلی و کاهش استفاده از کودهای معدنی چرخه عناصر غذایی در خاک را بهبود می‌بخشد. به‌عنوان مثال، کاهش واردات کود نیتروژن می‌تواند فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن را تقویت کند و از این طریق سبب افزایش تثبیت زیستی نیتروژن و تامین نیتروژن کشت‌بوم‌ها شود (١٤). همچنین بیان شده فراهمی نیتروژن به‌صورت زیستی توسط بقولات در توالی سبب کاهش استفاده از نیتروژن معدنی خاک توسط گندم و در نتیجه انباشت آن در خاک می‌شود. این امر سبب آبشویی و در نهایت تلفات نیتروژن خاک می‌شود (١٥). به‌علاوه نتایج نشان داد که توالی‌های مختلف کشت و مدیریت کود بر وضعیت عناصر فسفر و پتاسیم باقی‌مانده در خاک نیز تأثیرگذار بود، به‌طوری‌که حضور گیاهان آفتابگردان، ارزن، ذرت و ماش قبل از گندم باعث شد که بیش‌ترین فسفر باقی‌مانده در خاک مربوط به تیمار مدیریت ۱۰۰ درصد زیستی باشد (جدول ٤). ما در توالی کنجد- گندم برعکس مدیریت ۱۰۰ درصد شیمیایی بیش‌ترین فسفر باقی‌مانده در خاک را دارا بود. به هر حال توالی آفتابگردان- گندم در شرایط استفاده از کودهای زیستی بیش‌ترین (١٤/٨ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) میزان فسفر باقی‌مانده در خاک را دارا بود. اما در مقابل، روند مشابهی در رابطه با تأثیر نوع گیاهان در تناوب و مدیریت کود برای پتاسیم وجود نداشت. هر چند که بیش‌ترین (۲۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) مقدار پتاسیم قابل‌تبادل مربوط به توالی‌های ذرت با مدیریت تلفیقی و ماش با مدیریت شیمیایی بود (جدول ٤). در ادامه نیز حضور گیاه آفتابگردان به‌دلیل این‌که بیش‌ترین مقدار کربن را به خاک اضافه کرد (۰/۷۵ درصد) باعث شده که بیش‌ترین نسبت C/N نیز (۹/٤۹) به‌دست آید. در مقابل حضور ماش به‌عنوان گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن بیش‌ترین مقدار نیتروژن (۰/۰۹ درصد) و کم‌ترین مقدار ماده آلی (۰/١٤ درصد) را دارا بود که این مسأله کم‌ترین نسبت C/N (۱/۵۱) را تحت‌تأثیر حضور این گیاه به وجود آورد (جدول ٤). همچنین کم‌ترین مقدار نیتروژن (۰/۰۵٤ درصد)، فسفر (۲/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و پتاسیم قابل‌تبادل (١٦٢ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به‌ترتیب مربوط به حضور گیاه آفتابگردان، ارزن و کنجد همگی در روش ۱۰۰ درصد شیمیایی بود (جدول ٤). گزارش شده وارد کردن یک (نخود زمستانه) یا دو (نخود بهاره و سویا) گونه از حبوبات دانه‌ای به توالی کشت به‌ترتیب باعث فراهمی ۲۸ درصد و ۳۰ درصد نیتروژن زیستی برای گندم دوروم و کاهش وابستگی آن به نیتروژن شیمیایی شد (١٥). پژوهشگران گزارش نمودند که تداوم کشت یک گیاه زراعی در طی زمان و حضور گیاهانی با خصوصیات زراعی- گیاه‌شناسی مشابه مانند غلات می‌تواند سبب کاهش کارایی استفاده از منابع خاک و افزایش حضور و تأثیرگذاری برخی عوامل زیستی نامطلوب خاک شود. چنین شرایطی طبیعتاً مخزن نیتروژن آلی خاک و نقش بافری آن را کاهش داده و تلفات عناصر غذایی را تشدید خواهد کرد (٨). بیان شده که حجم زیاد ریشه و بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن بالا و تراوشات زیاد مواد آلی به خاک از جمله مهم‌ترین دلایل برتری میزان کربن آلی در تناوب‌های دارای غلات می‌باشد (٥). به‌علاوه نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک که در این عمق ریشه گیاهان دارای بیش‌ترین گسترش و فعالیت می‌باشند نیز دلیل دیگری بر بالا بودن درصد کربن آلی در تناوب‌های دارای غلات پرمحصول خواهد بود (٧).

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که هر دو تیمار نوع گیاه زراعی ماقبل و مدیریت تلفیقی کود بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم تأثیرگذار است. اثر گیاه قبلی در کشت مضاعف با تغییر در نوع کود از شیمیایی به زیستی تغییر یافت. البته در کوتاه‌مدت، تأثیر روش‌های مدیریت کود بیش‌تر از تناوب بود. توالی ماش- گندم (با و بدون مدیریت تلفیقی کود) بیش‌ترین (به‌ترتیب ۷/۱ و ۵/۹ تن در هکتار) عملکرد را دارا بود. همچنین توالی ارزن- گندم کم‌ترین (۰/۰۵۱ درصد) نیتروژن باقی‌مانده در خاک را داشت. بنابراین از این نتایج می‌توان چنین استنباط نمود که در تناوب‌هایی که بقولات حضور ندارند، روش مدیریت تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی راهکار مناسب‌تری نسبت به روش‌های کاملاً شیمیایی یا کاملاً زیستی خواهد بود.

جدول ٤- اثر نوع گیاه زراعی ماقبل و مدیریت کود بر خصوصیات شیمیایی خاک بوم‌نظام گندم.

Table 4. Effect of pre-plant crop species and fertilizer management on chemical properties of soil ecosystems of wheat.

	تیمارها Treatments	نیتروژن خاک (درصد) N (%)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (mg/kg)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K (mg/kg)	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	C/N
آفتابگردان Sunflower	100% شیمیایی Chemical	0.054^{i}	6.8^{e}	178^{g}	0.34^{e}	6.29^{d}
	تلفیقی Integrated	0.10^{a}	7.9^{d}	204^{b}	0.4^{d}	4.1^{f}
	100% زیستی Biological	0.079^{de}	14.8^{a}	183^{f}	0.75^{a}	9.49^{a}
ارزن Millet	100% شیمیایی Chemical	0.051^{j}	2.9^{i}	183^{f}	0.15^{i}	2.74^{g}
	تلفیقی Integrated	0.074^{f}	4.7^{h}	183^{f}	0.24^{h}	3.2^{g}
	100% زیستی Biological	0.075^{f}	5.5^{fg}	194^{d}	0.28^{fg}	3.73^{f}
ذرت Corn	100% شیمیایی Chemical	0.062^{g}	9.7^{c}	178^{g}	0.49^{c}	7.9^{c}
	تلفیقی Integrated	0.075^{f}	5.8^{f}	210^{a}	0.29^{f}	3.86^{f}
	100% زیستی Biological	0.078^{e}	13.6^{b}	183^{f}	0.68^{b}	8.71^{b}
کنجد Sesame	100% شیمیایی Chemical	0.058^{h}	9.6^{c}	162^{h}	0.48^{c}	8.27^{bc}
	تلفیقی Integrated	0.073^{f}	7.9^{d}	189^{e}	0.4^{d}	5.47^{e}
	100% زیستی Biological	0.081^{cd}	5.1^{gh}	199^{c}	0.26^{fgh}	3.2^{g}
ماش Mung bean	100% شیمیایی Chemical	0.09^{a}	3^{i}	210^{a}	0.14^{i}	1.51^{h}
	تلفیقی Integrated	0.086^{b}	4.9^{gh}	204^{b}	0.25^{gh}	2.9^{g}
	100% زیستی Biological	0.083^{c}	6.9^{e}	178^{g}	0.35^{e}	4.2^{f}
قبل از آزمایش Before the experimental		0.093	11	189	0.55	5.91
خلاصه تجزیه واریانس Summary of ANOVA						
تناوب Rotation		**	**	**	**	**
مدیریت کود Fertilizer management		**	**	**	**	**
برهمکنش Interaction		**	**	**	**	**

** بیانگر معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ می‌باشد.

اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک به لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

** Represents a significant level of 0.01 and the numbers with common alphabets did not differ significantly from the 0.05 level.

منابع

1. Anderson, R.L., Bowman, R.A., Nielsen, D.C., Vigil, M.F., Aiken, R.M. and Benjamin, J.G. 1999. Alternative crop rotation for the central great plains. J. Prod. Agric. 12: 95-99.
2. Aynehbanb, A. 2005. Alternate crop rotation. Mashhad Univ. Press, 420p. (In Persian)
3. Beckie, H.J. and Brandt, S.A. 1997. Nitrogen contribution of field pea in annual cropping systems. Can. J. Plant. Sci. 77: 311-322.
4. Borghi, B., Giordani, G., Corbellini, M., Vacciano, P., Guermandi, M. and Toderi, G. 2001. Influence of crop-rotation, manure and fertilizers on bread-making quality of wheat (*Triticum aestivum*). Eur. J. Agro. 4: 1. 37-45.
5. Campbell, C.A., Bowren, K.E., Schnitzer, M., Zentne, R. and Smith, L. 1991b. Effect of crop rotation and fertilization on soil organic matter and some biochemical properties of a thick black chernozom. Can. J. Soil. Sci. 71: 377-387.
6. Coulter, J.A., Sheaffer, C.C., Wyse, D.L. and Haar, M.J. 2011. Agronomic performance of cropping systems with constrictive crop rotation and experimental inputs. Agron. J. 103: 1. 182-192.
7. Franzluebbers, A., Sawchick, J. and Taboada, M.A. 2014. Agronomical and environmental impacts of pasture-crop rotation in temperate North and South America. Agric. Ecosys. Environ. 190: 18-26.
8. Hejcman, M., Kunzova, E. and Srek, P. 2012. Sustainability of winter wheat production over 50 years of crop rotation and N, P and K fertilizer application on illimerized luvisol in the Czech Republic. Field. Crops. Res. 139: 30-38.
9. Hua, K., Zhang, W., Guo, Z., Wang, D. and Oenema, O. 2016. Evaluating crop response and environmental impact of the accumulation of phosphorus due to long-term manuring of vertisol soil in northern China. Agric. Ecosys. Environ. 219: 101-110.
10. Jahan, M.A.H.S., Hossain, A., Sarkar, M.A.R., Dasilva, J.A.T. and Ferdousi, M.N.S. 2016. Productivity impacts and nutrient balances of an intensive potato-mungbean-rice crop rotation in multiple environments of Bangladesh. Agric. Ecosys. Environ. 231: 79-97.
11. Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, C.A., Ellert, B.H. and Smith, E.G. 2003. The fate of nitrogen in agroecosystems: an illustration using Canadian estimates. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 67: 85-102.
12. Meyer-Aurich, A., Gandorfer, M., Gerl, G. and Kains, M. 2009. Tillage and fertilizer effect on yield, profitability, and risk in a corn-wheat-potato-wheat rotation. Agron. J. 101: 1538-1547.
13. Miller, P., Zenter, R., McConkey, B., Campbell, C., Derksen, D., McDonald. C. and Waddington, J. 1998. Using pulse crops to boost wheat protein in the brown soil zone. In wheat protein symposium. Saskatoon, Sk, Canada, Pp: 313-316.
14. Orr, C.H., Leifert, C., Cummings, S.P. and Cooper, J.M. 2012. Impacts of organic and conventional crop management on diversity and activity of free-living nitrogen fixing bacteria and total bacteria are subsidiary to temporal effects. PLoS One. 7: 12. e52891.
15. Pacín, F. and Oesterheld, M. 2014. In-farm diversity stabilizes return on capital in Argentine agroecosystems. Agric. Sys. 124: 51-59.
16. Plaza-Bonilla, D., Nolot, J.M., Raffaillac, D. and Justes, E. 2017. Innovative cropping systems to reduce N inputs and maintain wheat yields by inserting grain legumes and cover crops in southwestern France. Eur. J. Agron. 82: 331-341.
17. Popovici, M. and Bucurean, E. 2009. The influence of crop rotation over the yield and the quality of the seed for the Dropia autumn wheat cultivar. Res. J. Agric. Sci. 41: 1. 99-102.
18. Sartori, L., Basso, B., Bertocco, M. and Oliviero, G. 2005. Energy use and economic evaluation of a three-year crop rotation for conservation and organic farming in North-East Italy. Biosyst. Eng. 91: 245-256.

19. Seibutis, W., Deveikyte, I. and Feiza, V. 2009. Effect of short crop rotation and soil tillage on winter wheat development in central Lithuania. Agron. Res. 7: 471-476.
20. Shahbazian, N., Allahdady, A. and Iran Nejad, H. 2007. Response of winter wheat yield to previous cropping and application of manure in Qazvin area. J. Agric. Sci. 13: 1. 125-135. (In Persian)
21. Shoaei, Sh., Rafie, F. and Kashani, A. 2009. Effect of rotation and nitrogen fertilizer on N, P, K and wheat yield. Modern Knowl. Sustain. Agri. 5: 17. 25-36. (In Persian)
22. Zarefaezabadi, A. and Azizi, M. 2012. Effect of Different Agricultural Rotation Systems on Wheat yield in cold climate of Khorasan Razavi. J. Plant. Seed. 28: 3. 261-275. (In Persian)