Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

Effect of pre-sowing crop rotation and nitrogen consumption on quantities and qualities yield of rice (*Oryza sativa*)

Seyed Rasoul Mousavi[1], *Yousef Niknezhad[2], Hormez Fallah[3], Salman Dastan[4], Davood Barari Tari[5]

[1] Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran, Email:Srasoulm273@yahoo.com
[2] Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran. Email: yousofniknejad@gmail.com
[3] Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran. Email: hormozfalah@gmail.com
[4] Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran. Email: salmandastan@ymail.com
[5] Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran. Email: davoodbarari@yahoo.com

Article type:
Research article

Article history
Received: 10.11.2020
Revised: 09.01.2021
Accepted: 12.01.2021
Published: 24.12.2022

Keywords
Buko
Perko
Phaselia
Plant residue
Ramtil

Abstract

Regular rice transplanting due to flooding, puddling and leveling has a negative impact on the soil structure, chemical properties and soil microbial activity. Therefore, the study was conducted on the effect of residues of pre-sowing some plants on quantitative and qualitative yield of rice in crop rotation. The experiment was conducted as split plots based on a randomized complete blocks design with four replications in Sari region during 2016 and 2017. Six crop rotation levels including fallow (control), faba bean, clover, perko, buko, and clover + ramtil + phaselia were used as main plots and four levels of nitrogen fertilizer including no consumption (control), 50% less than recommendation amount, recommendation amount based on soil test and 50% more than recommendation amount were 0, 50, 100 and 150 kg/ha of urea source as a sub plots, respectively According to the findings, the highest paddy yield (5147 kg/ha) was obtained for perko pre-sowing with 100 kg urea consumption per hectare, and pre-sowing of buko and multiple of clover + ramtil + phaselia was ranked next with 100 kg urea consumption per hectare. Totally, the highest paddy yield was achieved with pre-sowing of perko, buko, multiple of clover + ramtil + phaselia and clover and nitrogen consumption equals 100 kg urea per hectare. But, in pre-sowing of faba beans and fallow, the highest paddy yield was obtained with nitrogen consumption higher than recommendation amount (150 kg/ha). The highest protein yield was attributed to perko and buko pre-sowing. Moreover, the highest conversion efficiency, amylose content and gel consistency were obtained with perko pre-sowing, and these parameters got ranked next with pre-sowing of buko, clover + ramtil + phaselia, clover and faba bean, respectively.

Cite this article as: Mousavi, S.R., Niknezhad, Y., Fallah, H., Dastan, S., Barari Tari, D. (2022). Effect of pre-sowing crop rotation and nitrogen consumption on quantities and qualities yield of rice. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 68(4): 140-157.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/iper.2022.688802
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.68.4.3

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

اثر تناوب گیاهان پیش‌کاشت و مصرف نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی برنج (*Oryza sativa*)

سیدرسول موسوی[۱]، یوسف نیک‌نژاد[۲*]، هرمز فلاح[۳]، سلمان دستان[٤]، داود براری تاری[٥]

۱ گروه زراعت، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران، رایانامه:Srasoulm273@yahoo.com
۲ گروه زراعت، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران، رایانامه: yousofniknejad@gmail.com
۳ گروه زراعت، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران، رایانامه: hormozfalah@gmail.com؛
٤ پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی کرج، کرج، ایران، رایانامه: salmandastan@ymail.com؛
٥ گروه زراعت، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران، رایانامه: davoodbarari@yahoo.com

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳
تاریخ چاپ: ۱٤۰۱/۱۰/۰۳

واژه‌های کلیدی:
بقایای گیاهی
بوکو
پرکو
رامتیل
فاسیلیا

چکیده

بهره‌برداری مستمر و عدم اجرای تناوب زراعی باعث کاهش ماده آلی خاک می‌شود. کاشت مداوم برنج به‌دلیل عملیات غرقابی و گل‌خرابی اثر منفی بر خصوصیات مختلف خاک دارد. لذا، پیش‌کاشت گیاهان از خانواده لگوم و براسیکا در تناوب با برنج منجر به افزایش فعالیت‌های ریزجانداران شده و فرآیند معدنی شدن نیتروژن می‌شود. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی اثر بقایای گیاهان پیش‌کاشت از خانواده براسیکا و لگوم بر عملکرد کمی و کیفی برنج در تناوب زراعی دو ساله بود. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شهرستان ساری طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ اجرا شد. شش سطح تناوب گیاهان پیش‌کاشت شامل آیش (شاهد)، باقلا، شبدر برسیم، پرکو، بوکو و ترکیب شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا به‌عنوان عامل اصلی و چهار سطح کود نیتروژن شامل عدم مصرف (شاهد)، ۵۰ درصد کمتر از توصیه کودی، توصیه کودی و ۵۰ درصد بیشتر از توصیه کودی به‌ترتیب ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. گیاهان پیش‌کاشت انتخاب‌شده شامل دو گیاه زراعی از خانواده براسیکاسه (پرکو و بوکو) و دو گیاه زراعی رامتیل و فاسلیا که در مناطق معتدل اروپا کشت می‌شوند به همراه دو گیاه از خانواده لگومینوزه بومی منطقه (شبدر برسیم و باقلا) بودند. بر اساس نتایج بیشترین عملکرد شلتوک (۵۱٤۷ کیلوگرم در هکتار) برای پیش‌کاشت پرکو با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی حاصل شد و پیش‌کاشت بوکو و ترکیبی با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در مجموع، با پیش‌کاشت پرکو، بوکو، ترکیبی و شبدر برسیم بالاترین مقدار عملکرد مربوط به مصرف نیتروژن برابر کودی به‌دست آمد. ولی، در پیش‌کاشت باقلا و آیش بالاترین عملکرد شلتوک با مصرف نیتروژن بالاتر از توصیه کودی حاصل شد. بیشترین عملکرد پروتئین دانه به پیش‌کاشت پرکو و بوکو تعلق گرفت.

استناد: موسوی، سیدرسول؛ نیک‌نژاد، یوسف؛ فلاح، هرمز؛ دستان، سلمان؛ براری تاری، داود. (۱٤۰۱). اثر تناوب گیاهان پیش‌کاشت و مصرف نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی برنج (*Oryza sativa*). *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ٦۸ (٤)، ۱۵۷-۱٤۰.

Doi: 10.30495/iper.2022.688802
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.68.4.3

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین راه‌های افزایش کارآیی مصرف کودهایی شیمیایی در بوم‌نظام‌های زراعی رعایت تناوب زراعی است. در نظام‌های تناوبی به واسطه بهبود شرایط رشد گیاهان و کاهش عوامل محدود کننده رشد و تولید، بهره‌وری گیاه از منابع موجود به ویژه نیتروژن قابل دسترس افزایش یافته و تلفات به حداقل می‌رسد (Ayenehband, 2005). پیش‌کاشت‌ها را می‌توان برای اهداف خاص نظیر حفظ و اضافه کردن نیتروژن و کربن در نظام‌های کشاورزی، بهبود نسبت C/N و کنترل فرسایش خاک در اراضی شالیزاری کشت کرد. سه گروه عمده از گیاهان شامل گراس‌ها، لگوم‌ها و براسیکاها را به‌عنوان کود سبز استفاده می‌کنند (Collins et al., 2007). لگوم‌ها از طریق همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم باعث تثبیت بیشتر نیتروژن می‌شوند. این گیاهان به دلیل حساسیت به سرما معمولاً به‌عنوان کود سبز فصل گرم مورد کاشت قرار می‌گیرند. براسیکاها نیز در بسیاری از موارد به‌عنوان جایگزین مناسب برای لگوم‌ها و گراس‌ها کشت می‌گردند، که علاوه بر خاصیت کود سبز می‌توانند به طور قابل توجهی کربن آلی و تخلخل خاک را افزایش داده و باعث کنترل جمعیت علف‌های هرز و بیماری‌های خاک‌زی گردند (Collins et al., 2007). بهره‌برداری مستمر و عدم رعایت اصولی عملیات کشاورزی و تناوب زراعی باعث تخریب اراضی از ماده آلی می‌شود. بنابراین، می‌توان انتظار داشت که در صورت استفاده از یک گیاه پیش‌کاشت مناسب در تناوب زراعی و مصرف کود شیمیایی به میزان کمتر از مقدار توصیه شده، ضمن بالا نگه داشتن عملکرد برنج، پایداری نظام‌های کاشت را افزایش داد.

در مطالعه ای گزارش شد که یکی از راه‌های افزایش ماده آلی خاک استفاده از کود سبز در تناوب زراعی است. کود سبز، به حفظ نیتروژن و سایر عناصر غذایی، و در برخی موارد به تجمع آن‌ها درخاک کمک می‌کند، لذا مانع تلفات درنتیجه آبشویی می‌شود. همچنین، کود سبز علاوه بر کنترل فرسایش از طریق پوشش‌دهی خاک، در کنترل آفات و علف‌های هرز نیز مؤثر است (Baldwin and Creamer, 2006). در مطالعه‌ای دیگر بیان شد که کشت گیاهان پوششی زمستانه در حاصل‌خیزی خاک و افزایش عملکرد در تولید محصولات بهاره مؤثر بوده و می‌تواند یکی از راه‌های نیل به کشاورزی پایدار به خصوص در خاک‌های زراعی دارای مواد آلی بسیار اندک محسوب گردد (Shoghi Kalkhoran et al., 2012). همچنین کشت گیاهان خانواده لگومینوز در زمین‌های شالیزاری فوائد بالایی دارد. تأمین نیتروژن، بقایای کمتر، نسبت کربن به نیتروژن (C/N) پایین‌تر، افزایش فعالیت‌های میکروبیولوژیک خاک، نیاز کمتر به مصرف آفت‌کش‌ها، کاهش آب ایستادگی و عملکرد بالاتر از جمله این سودمندی‌ها است (Draper, 2006; Bindra et al., 2000). کاشت مداوم برنج به‌دلیل عملیات غرقابی، گل‌خرابی و تسطیح تأثیر منفی بر ساختمان خاک، ویژگی‌های شیمیایی و فعالیت‌های میکروبی دارد و کشت گیاهانی نظیر ذرت، سویا و لگوم‌های علوفه‌ای باعث افزایش فعالیت‌های ریزجانداران شده و فرآیند معدنی شدن نیتروژن نیز افزایش می‌یابد (Benintend et al., 2008). همچنین، در مطالعه‌ای مشخص شد که تناوب گیاهان پیش‌کاشت بر کیفیت خاک شالیزاری اثر مثبت داشته و تناوب برنج با شبدر و باقلا در مقایسه با آیش موجب بهبود کیفیت خاک شد (Shalikar et al., 2009). نظام تناوبی شبدر سفید، چاودار و برنج نیز موجب کاهش رشد علف‌های هرز شد، اما در این نظام تناوبی، بدون مصرف کود عملکرد برنج کاهش یافته که مشخص شد که نیاز به مدیریت بالایی دارد

(Cho et al., 2003). رشد گیاهان علوفه‌ای خانواده لگومینوز در زمین‌های شالیزاری موجب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود، زیرا موجب افزایش ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل جذب می‌گردد (Zeng et al., 2007). در مطالعه‌ای پس از اجرای تناوب برنج با لگوم‌های علوفه‌ای در مقایسه با نظام تک کشتی برنج مشخص شد که در کشت مداوم برنج میزان فسفر و نیتروژن خاک کمتر بوده و کشت لگوم در اراضی شالیزاری باعث افزایش فعالیت میکروبیولوژیک خاک گردیده است (Lifang et al., 2000).

بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام شده، به‌طور متوسط ۹۶ درصد از کودهای مصرفی استان مازندران را کودهای نیتروژن و فسفر تشکیل داده‌اند که نشان می‌دهد نسبت مصرف کودها به‌ویژه نیتروژن نامتوازن است. فشار روز افزون برای درآمد بیش‌تر و جبران هزینه‌های تولید غیراقتصادی محصولات زراعی موجب خستگی خاک و استفاده از کودها و سموم شیمیایی باعث آلودگی آب و خاک شده است. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی اثر تناوب گیاهان پیش‌کاشت و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی برنج در مازندران انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شهرستان ساری طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شد. محل اجرای آزمایش در امتداد ساحل دریای خزر با عرض جغرافیایی ۲۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۷۶ متر از سطح دریای آزاد قرار دارد. نمونه‌برداری خاک قبل از کاشت از عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر انجام و نتایج آزمون خاک در جدول ۱ ارایه شد.

جدول ۱: ویژگی‌های خاک محل آزمایش قبل از پیش‌کاشت و قبل از نشاکاری برنج

ویژگی‌های خاک	عمق خاک	سال اول (۱۳۹۶)		سال دوم (۱۳۹۷)	
		قبل از پیش‌کاشت	قبل از برنج	قبل از پیش‌کاشت	قبل از برنج
ماده آلی	۰-۳۰	۱/۰۵	۱/۴۲	۱/۲۱	۱/۶۸
	۳۰-۶۰	۰/۷۲	۰/۹۵	۱/۰۸	۱/۱۴
فسفر قابل جذب	۰-۳۰	۱۰	۱/۱۴	۱۲	۱۸
	۳۰-۶۰	۷/۳	۰/۱۱	۹	۱۲
پتاسیم قابل جذب	۰-۳۰	۱۸۵	۲۲۵	۲۰۵	۲۶۵
	۳۰-۶۰	۱۴۱	۲۱۰	۱۸۲	۲۱۰
اسیدیته	۰-۳۰	۷/۸	۷/۶	۷/۵	۷/۲
	۳۰-۶۰	۷/۱	۷/۱	۶/۸	۶/۴
هدایت الکتریکی	۰-۳۰	۰/۶۴	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۵
	۳۰-۶۰	۰/۷۴	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۲
بافت خاک	۰-۳۰	لومی رسی	لومی رسی	لومی رسی	لومی رسی
	۳۰-۶۰	لومی رسی	لومی رسی	لومی رسی	لومی رسی

شش سطح تناوب گیاهان پیش‌کاشت شامل آیش (شاهد)، باقلا، شبدر برسیم، پرکو، بوکو، و مخلوطی از شبدر برسیم، رامتیل و فاسیلیا به‌عنوان عامل اصلی و چهار سطح کود نیتروژن شامل عدم مصرف (شاهد)، ۵۰ درصد کمتر از توصیه کودی، توصیه کودی و ۵۰ درصد بیشتر از توصیه کودی به‌ترتیب ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند.

گیاهان پیش‌کاشت انتخاب شده شامل دو گیاه زراعی از خانواده براسیکاسه (پرکو و بوکو) و دو گیاه رامتیل و فاسلیا که در مناطق معتدل اروپا کشت می‌شوند به همراه دو گیاه زراعی بومی (شبدر برسیم و باقلا) بودند. در این پژوهش، ابتدا امکان نمو، رشد و استقرار این گیاهان در منطقه بررسی شدند. هدف از کاشت این گیاهان در منطقه در صورت رشد و استقرار، انتخاب بهترین محصول پیش‌کاشت از نظر عملکرد، کیفیت علوفه‌ای، بهبود شرایط فیزیکی خاک و محصول خفه کننده علف‌هرز و همچنین اثر این گیاهان پیش‌کاشت بر عملکرد کمی و کیفی برنج بود. گیاهان پیش‌کاشت پرکو، بوکو و تیمار ترکیبی شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا در اوایل شهریور ماه در کرت‌های اصلی کاشت شدند. پس از رشد کافی و تجمع ماده خشک مناسب این گیاهان در اوایل آبان ماه پس از نمونه‌برداری برای تعیین صفات کمی و کیفی علوفه تولیدی خرد شده، در زمین مزرعه با شخم سطحی مخلوط شد تا مراحل پوسیدگی و افزایش ماده آلی به خاک قبل از نشاکاری برنج انجام شود. گیاهان پیش‌کاشت شبدر برسیم و باقلا در اوایل آبان ماه در کرت‌های اصلی کاشت شدند. شبدر برسیم پس از دو چین برداشت، در اوایل اردیبهشت قبل از چین سوم به‌عنوان کود سبز به زمین برگردانده شد. باقلا نیز در زمان رسیدگی در اواسط اردیبهشت برداشت شد و بقایای آن به خاک اضافه شد. سپس، عملیات آماده‌سازی زمین انجام شد و بر اساس تیمارها اقدام به کرت‌بندی نهایی شد. برای جلوگیری از انتشار نیتروژن به کرت‌های مجاور و کنترل رشد علف‌های هرز، تمامی پشته‌های اطراف هر کرت با پلاستیک مخصوص پوشانده شدند. رقم مورد استفاده، طارم هاشمی بود که نشاهای آن در مرحله ۵-۳ برگی به مزرعه منتقل و به تعداد سه نشا در هر کپه با تراکم توصیه شده (۲۰×۲۰ سانتی‌متر) نشاکاری شد. عملیات تهیه خزانه در سال اول و دوم به‌ترتیب در تاریخ ۲۰ و ۲۵ فروردین و عملیات نشاکاری طی سال‌های اول و دوم به‌ترتیب در تاریخ پنجم و دهم خرداد ماه انجام شد. ابعاد کرت‌های اصلی ۲٤×۵ متر و ابعاد کرت‌های فرعی ۵×٤ متر بود.

کودهای فسفر و پتاسیم با توجه به نتیجه آزمون خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات برنج کشور به‌صورت یکنواخت به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم در هر کرت مصرف شد. ۳۰ درصد کود نیتروژن به‌صورت سرک در مرحله ظهور خوشه آغازین و ۳۰ درصد کود نیتروژن به‌صورت سرک در مرحله خوشه‌دهی کامل مصرف شد. ٦۰ درصد کود پتاسیم به‌صورت پایه و مقدار باقی‌مانده در دو تقسیط ۲۰ درصدی در مراحل پنجه‌زنی و ظهور خوشه آغازین به‌صورت سرک مصرف شد. سایر عملیات زراعی طبق عرف منطقه انجام شد. در طی دوره نمو و رشد گیاه بعد از حذف اثر حاشیه‌ای در هر کرت به‌صورت تصادفی صفات زیر طبق استاندارد مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (SES) اندازه‌گیری شدند.

تعداد کل پنجه در کپه و تعداد پنجه بارور در کپه با شمارش و اندازه‌گیری از روی ۱۲ کپه در هر کرت اندازه‌گیری شد. تعداد کل خوشه‌چه و درصد خوشه‌چه پر در خوشه با شمارش از روی ۱۵ خوشه در هر کرت تعیین شد. عملکرد شلتوک و عملکرد

زیستی با برداشت کپه از چهار متر مربع از قسمت میانی هر کرت بر اساس رطوبت ۱۲ درصد اندازه‌گیری شده و از نسبت بین عملکرد شلتوک و عملکرد زیستی شاخص برداشت محاسبه و بر حسب درصد بیان شد. مقدار جذب عناصر نیتروژن از طریق حاصل‌ضرب غلظت عنصر در ماده خشک حاصل گردید (Dobermann, 2005). محتوای پروتئین دانه از حاصل‌ضرب غلظت نیتروژن در فاکتور پروتئینی محاسبه شد. از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد شلتوک نیز مقدار عملکرد پروتئین به‌دست آمد (Martre et al., 2003; Samonte et al., 2006).

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری از طریق نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش برش‌دهی متقابل با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج

شاخص‌های زراعی، عملکرد شلتوک و شاخص برداشت: یافته‌های جدول تجزیه واریانس نشان داد که صفات طول خوشه، تعداد کل پنجه و پنجه بارور در کپه، تعداد خوشه‌چه در خوشه، درصد خوشه‌چه پر در خوشه، عملکرد دانه و شاخص برداشت تحت اثر سال از نظر آماری معنی‌دار شدند. همچنین، صفات ذکر شده به همراه صفت طول دوره پر شدن دانه تحت اثر ساده تناوب گیاهان پیش‌کاشت در سطح احتمال یک درصد اختلاف آماری معنی‌دار را نشان دادند. در اثرمتقابل دوگانه سال در پیش‌کاشت نیز صفات طول خوشه، تعداد کل پنجه و پنجه بارور در کپه، تعداد خوشه‌چه در خوشه و درصد خوشه‌چه پر در خوشه تفاوت آماری معنی‌در را نشان دادند. علاوه بر این، صفات طول دوره پر شدن دانه، طول خوشه، عملکرد دانه و شاخص برداشت از نظر آماری تحت اثرمتقابل دوگانه پیش‌کاشت و نیتروژن قرار گرفتند (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر سال در تناوب گیاهان پیش‌کاشت به روش برش‌دهی متقابل نشان داد که در هر دو سال، بیشترین طول خوشه برای پیش‌کاشت پرکو، بوکو و ترکیب شبدر برسیم + رامتیل و فاسیلیا و کمترین طول خوشه برای پیش‌کاشت شبدر برسیم، باقلا و آیش حاصل شد که اثرات مثبت آن در سال دوم بالاتر بود. بیشترین تعداد پنجه در کپه در هر دو سال برای پیش‌کاشت پرکو (به‌ترتیب ۱۵/۵۳ و ۲۱/۳۹ پنجه) مشاهده شد و پیش‌کاشت بوکو در رتبه دوم قرار گرفت (جدول ۳).

از نظر تعداد پنجه در کپه پیش‌کاشت ترکیبی شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا، شبدر برسیم و باقلا رتبه‌های بعدی را کسب کردند که در یک آماری با پیش‌کاشت بوکو قرار گرفتند. کمترین تعداد پنجه در کپه در هر دو سال برای تیمار آیش (نکاشت) مشاهده شد (جدول ۳). از نظر تعداد پنجه بارور در کپه نیز بیشترین مقدار در هر دو سال برای پیش‌کاشت پرکو و بوکو به‌دست آمد و پیش‌کاشت ترکیبی شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا در رتبه بعدی قرار گرفت. کمترین تعداد پنجه بارور در کپه مربوط به تیمار آیش (نکاشت) بود (جدول ۳).

براساس یافته‌های مقایسه میانگین اثر سال در تناوب گیاهان پیش‌کاشت به روش برش‌دهی متقابل مشاهده شد که در سال اول بیشترین تعداد خوشه‌چه در خوشه برای پیش‌کاشت‌های پرکو، بوکو و ترکیب شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا به‌دست آمد (جدول ۵). پیش‌کاشت‌های شبدر برسیم و باقلا از این نظر در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳).

جدول ۲: تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد برنج با مصرف نیتروژن در تناوب گیاهان پیش‌کاشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول‌دوره پرشدن دانه	طول خوشه	تعداد پنجه در کپه	تعداد پنجه بارور در کپه	تعداد خوشه‌چه در خوشه	درصد خوشه‌چه پر	عملکرد شلتوک	شاخص برداشت
سال	۱	٤/۰۰	٥/٤٨**	۷۹۰/۱۱**	۳۰۰/٤٤**	۳٥٥٤**	٦۱۰۲**	۲۱٥٤۳۷۲**	٤٤/۰٤**
R (سال)	٤	۲۳/۰٤	٥/۳۳	۳۷/۰٤	۱۷/٥۰	٤٦/۹۰	٥۱۸/٦٤	٥۳۹۹۷۲	۲/۱۳
تناوب	٥	٦/۹۳**	۱٤٦/۹۰**	٥۱/۱٥**	۳٥/۲٥**	۱۰۳۷/٤۰**	۳۳٤۳**	۸۹۷۰۲۳**	۳۰/۰۹**
سال×تناوب	٥	۲/۰٥^{ns}	٥/٤۹**	۸/٤۲**	٦/۲٥**	۲۰۳/٥۱*	۸۳۰**	۲٤۱٥۸^{ns}	٤/٤۷^{ns}
خطا	۲۰	۹/۹٦	۲/۱۰	٥/٦۱	٤/۷۳	۲۰۲/٥٦	٥۰۰	٤۱۲۱٤۸	۱٥/٥۱
نیتروژن	۳	۲۰/٦٤**	۳/۰۰*	۱/۸۲^{ns}	۰/۹۷^{ns}	۱۳۱/۷۰^{ns}	٤۰۰^{ns}	٤۱۰۳۰٤**	۷/٥۲*
سال×نیتروژن	۳	۱/۲٤^{ns}	۱/۲٦^{ns}	۰/۷۳^{ns}	۰/۰٦**	۳٤/۲۱^{ns}	٤٥٦^{ns}	۱٤۷٥۳^{ns}	۰/٤٦^{ns}
تناوب×نیتروژن	۱٥	٥/٤٦**	۲/۳٥*	۱/٤٦^{ns}	۱/۱۸**	۹۸/۲۱^{ns}	۲۷۳^{ns}	۳٥٥۳۸۱**	٥/۹۸*
سال×تناوب×نیتروژن	۱٥	۲/۰۹^{ns}	۰/۸۱^{ns}	۲/۱٤^{ns}	۱/۰۷^{ns}	۸۹/۷٤^{ns}	۱۸٦^{ns}	۱۷۲۹۳^{ns}	۰/۹۲^{ns}
خطا	۷۲	۲/۰۹	۱/۲٥	۱/٦۱	۱/۰٥	۱۰۲/٤٦	۲۱٥	۷۸۷۳٦	۲/۸٤
ضریب تغییرات(%)	-	۳/٦۹	٤/۲۲	۷/۷٥	۹/۰۲	۹/۷٤	۱٤/٥	٦/۳٦	۳/۸۷

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

جدول ۳: مقایسه میانگین اجزای عملکرد برنج در تناوب گیاهان پیش‌کاشت به روش برش‌دهی متقابل

اثرات متقابل	طول خوشه (سانتی‌متر)		تعداد پنجه در کپه		تعداد پنجه بارور در کپه		تعداد خوشه‌چه در خوشه		درصد خوشه‌چه پر (درصد)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
C_1	۲۸/۷۹^{a}	۲۹/۰٤^{a}	۱٥/٥۳^{a}	۲۱/۳۹^{a}	۱۱/۰۰^{a}	۱٤/٦۷^{a}	۱۰٥/۷٥^{a}	۱۱۸/۹۳^{a}	۹۱/۸۱^{abc}	۹۰/۰٦^{a}
C_2	۲۸/۸۳^{a}	۲۸/٤٤^{ab}	۱٤/٤۰^{ab}	۲۰/٦۹^{a}	۱۰/٦۷^{a}	۱٤/٦۷^{a}	۱۰٤/۱۳^{a}	۱۱٥/۰۸^{a}	۹۳/٤٤^{a}	۸۹/۳٤^{a}
C_3	۲۹/۲۱^{a}	۲۸/۱۸^{ab}	۱٤/۱۸^{ab}	۱۸/٤٤^{a}	۱۰/۳۳^{a}	۱۳/۰۰^{ab}	۱۰۲/۱٦^{a}	۱۰۷/۲٤^{ab}	۹۲/۹۱^{ab}	۸۹/۱۳^{a}
C_4	۲۳/٤٤^{b}	۲٥/۱۱^{b}	۱۳/۸٤^{ab}	۱۷/۷۷^{ab}	۹/۷۸^{ab}	۱۲/۳۳^{abc}	۹۹/٥۷^{ab}	۱۰٦/٦۹^{ab}	۹۱/۷۳^{abc}	۸٤/۳٤^{b}
C_5	۲۳/۸۸^{b}	۲٤/۸۰^{b}	۱۳/٦۹^{ab}	۱۷/۷۸^{ab}	۹/۱۱^{ab}	۱۱/٤٤^{bc}	۹۷/۱٤^{ab}	۱۰۳/۲۰^{b}	۹۱/۳۸^{abc}	۸۷/۰۷^{ab}
C_6	۲۳/٦٥^{b}	۲٤/٥۷^{b}	۱۲/٤۲^{a}	۱٦/۱۱^{b}	۸/٦۷^{b}	۱۰/۷۸^{c}	۹٤/۷۲^{b}	۱۰۱/۹۳^{b}	۹۱/۰۸^{c}	۸۷/۷۷^{ab}

*: حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

در سال دوم تعداد خوشه‌چه در خوشه در مقایسه با سال اول افزایش معنی‌داری داشت که نشان می‌دهد گیاهان پیش‌کاشت با بهبود وضعیت خاک منجر به رشد رویشی و زایشی بهتر برنج شدند. بیشترین تعداد خوشه‌چه در خوشه مربوط به پیش‌کاشت پرکو و بوکو بود که از این نظر پیش‌کاشت ترکیبی، شبدر برسیم و باقلا به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین تعداد خوشه‌چه در خوشه در هر دو سال (به‌ترتیب ۹٤/۷٤ و ۱۰۱/۹۳ عدد) برای تیمار آیش (نکاشت) حاصل شد. بیشترین درصد خوشه‌چه پر در خوشه در سال اول (۹۳/٤٤ درصد) مربوط به پیش‌کاشت بوکو و در سال دوم مربوط به پیش‌کاشت‌های پرکو، بوکو و ترکیب شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا (به‌ترتیب ۹۰/۰٦، ۸۹/۳٤ و ۸۹/۱۳ درصد) بود. کمترین درصد خوشه‌چه پر در خوشه نیز در سال اول مربوط به تیمار آیش یا نکاشت با ۹۱/۰۸ درصد و در سال دوم مربوط به پیش‌کاشت شبدر برسیم با ۸٤/۳٤ درصد به‌دست آمد (جدول ۳).

یافته‌های اثرمتقابل تناوب گیاهان پیش‌کاشت و مصرف نیتروژن نشان داد که بیشترین طول دوره پر شدن دانه برای گیاهان پیش‌کاشت پرکو، ترکیب شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا و باقلا با مصرف نیتروژن ۵۰ درصد کمتر از توصیه کودی، برابر توصیه کودی و ۵۰ درصد بیشتر از توصیه کودی به‌دست آمد. حداکثر طول دوره پر شدن دانه برای پیش‌کاشت بوکو و شبدر برسیم با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی و ۵۰ درصد کمتر از توصیه کودی حاصل شد و تحت اثر تیمار آیش (شاهد) بیشترین طول دوره پر شدن دانه (۳۹/۸۳ روز) با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی مشاهده شد (جدول ٤). کمترین طول دوره پر شدن دانه تحت اثر پیش‌کاشت شبدر برسیم و باقلا برای تیمار عدم مصرف نیتروژن و آیش برای عدم مصرف نیتروژن و مصرف نیتروژن معادل ۵۰ کمتر بیشتر از توصیه کودی حاصل شد (جدول ٤). در مجموع با پیش‌کاشت گیاهان، ماده آلی خاک افزایش یافته که منجر به طولانی شدن دوره رشد برنج شده که نتیجه آن افزایش طول دوره پر شدن دانه بود.

جدول ٤: مقایسه میانگین طول دوره پر شدن دانه، طول خوشه، عملکرد شلتوک و شاخص برداشت برنج با مصرف نیتروژن در تناوب گیاهان پیش‌کاشت به روش برش‌دهی متقابل.

اثرمتقابل	طول دوره پر شدن دانه (روز)	طول خوشه (سانتی‌متر)	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت
C_1N_1	۳۸/۸۳^{ab}	۲٤/۹۲^{b}	٤٥۰۳^{bc}	٤۲/۳۱^{b}
C_1N_2	۳۹/٦۷^{a}	۲۹/۱۰^{a}	٤٤۰٥^{bc}	٤۳/۱۰^{ab}
C_1N_3	٤۰/۱۷^{a}	۲۹/۳۸^{a}	٤٦۸٥^{abc}	٤۲/٤٥^{b}
C_1N_4	٤۱/۰۰^{a}	۲۸/۷۲^{a}	٥۱٤۷^{a}	٤۱/۹٥^{c}
C_2N_1	۳۸/٦۷^{ab}	۲٤/٤۱^{b}	٤٥۳۱^{b}	٤٤/۱٥^{ab}
C_2N_2	۳۸/۸۳^{ab}	۲۹/۱۱^{a}	٤۳۲۰^{bc}	٤٤/۷۰^{ab}
C_2N_3	٤۰/۳۳^{a}	۲۹/۳۳^{a}	٤٥۸۸^{abc}	٤۳/۸۹^{ab}
C_2N_4	٤۰/٥۰^{a}	۲۸/۲٦^{a}	٤٦۸٥^{ab}	٤۳/۸٥^{ab}
C_3N_1	۳۸/۱۷^{ab}	۲٤/۳۲^{b}	٤۰٤۰^{c}	٤۱/٤۲^{c}
C_3N_2	۳۹/۱۷^{a}	۲۹/۸۳^{a}	٤۲۸۲^{bc}	٤۳/۹٦^{ab}
C_3N_3	۳۹/٥۰^{a}	۲۸/٥٥^{a}	٤۲۹۱^{bc}	٤٤/٥۹^{ab}
C_3N_4	٤۰/٦۷^{a}	۲۸/۳۷^{a}	٤۷٦۳^{ab}	٤٥/۳۲^{ab}
C_4N_1	۳۷/٥۰^{b}	۲٤/۳٥^{b}	٤۰۸۸^{c}	٤۱/٥٥^{c}
C_4N_2	۳۷/۸۳^{ab}	۲۷/۸٥^{a}	٤٤٥۰^{bc}	٤۳/۹۸^{ab}
C_4N_3	۳۹/۳۳^{a}	۲۸/٤٦^{a}	٤۲۸۸^{bc}	٤۳/۲٤^{ab}
C_4N_4	٤۰/٦۷^{a}	۲۸/۰٤^{a}	٤۸۰۳^{b}	٤٤/۳۹^{ab}
C_5N_1	۳۷/٦۷^{b}	۲۳/٤۲^{b}	٤۱۷٦^{cd}	٤۱/۹۸^{c}
C_5N_2	۳۹/۳۳^{a}	۲۳/۷٤^{b}	٤۱۱۲^{d}	٤٥/۰٤^{ab}
C_5N_3	۳۹/٦۷^{a}	۲٥/۰۳^{b}	٤۳۹۸^{bc}	٤۲/۹۷^{b}
C_5N_4	٤۰/۳۳^{a}	۲٥/۲۰^{b}	٤٥۱٤^{bc}	٤۳/۸۷^{ab}
C_6N_1	۳۷/۱۷^{b}	۲۳/٤۰^{b}	۳۸۲۷^{d}	٤٤/٤۷^{ab}
C_6N_2	۳۷/٥۰^{b}	۲۳/۸۳^{b}	٤۳۹۲^{bc}	٤۱/۷۰^{c}
C_6N_3	۳۸/٦۷^{ab}	۲۳/۹۲^{b}	٤۳٤۰^{bc}	٤۷/۰۱^{a}
C_6N_4	۳۹/۸۳^{a}	۲٤/۳۷^{b}	٤۲۸۱^{bc}	٤٤/٥۹^{ab}

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

طبق یافته‌های اثرمتقابل تناوب پیش‌کاشت و مصرف نیتروژن مشاهده شد که بیشترین طول خوشه برای گیاهان پیش‌کاشت پرکو، بوکو، ترکیب شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا و شبدر برسیم به‌دست آمد که در یک سطح آماری قرار گرفتند. کمترین طول خوشه نیز در سایر سطوح تیمارها مشاهده شد که از نظر آماری در یک سطح قرار داشتند (جدول ٤). با توجه به یافته‌های مربوط به اجزای عملکرد مشاهده شد که بیشترین عملکرد شلتوک (٥١٤٧ کیلوگرم در هکتار) برای پیش‌کاشت پرکو با مصرف کود نیتروژن برابر توصیه کودی حاصل شد و پیش‌کاشت بوکو و ترکیب شبدر برسیم + رامتیل و فاسیلیا با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در مجموع، با پیش‌کاشت گیاهان پرکو، بوکو، ترکیبی و شبدر برسیم بالاترین مقدار عملکرد مربوط به مصرف نیتروژن برابر کودی به‌دست آمد و سطوح نیتروژن مصرفی ۵۰ درصد کمتر و بیشتر از توصیه کودی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در پیش‌کاشت باقلا و آیش بالاترین میزان عملکرد مربوط به مصرف نیتروژن بالاتر از توصیه کودی بود و مصرف نیتروزن برابر و کمتر از توصیه کودی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین عملکرد شلتوک نیز در تیمار آیش (نکاشت) و عدم مصرف نیتروژن برابر ۳۸۲۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ٤). بر اساس یافته‌های اثرمتقابل پیش‌کاشت و مصرف نیتروژن مشاهده شد که بالاترین شاخص برداشت (٤٧/٠١ درصد) برای تیمار آیش با مصرف نیتروژن کمتر از توصیه کودی به‌دست آمد. کمترین شاخص برداشت برای پیش‌کاشت پرکو با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی و پیش‌کشت شبدر برسیم و باقلا و عدم مصرف نیتروژن به همراه تیمار آیش و مصرف نیتروژن ۵۰ درصد بیشتر از توصیه کودی حاصل شد (جدول ٤).

محتوای نیتروژن و پتاسیم برنج و عملکرد پروتئین: یافته‌های جدول تجزیه واریانس نشان داد که صفات محتوای نیتروژن ساقه + برگ، جذب نیتروژن دانه و ساقه + برگ، محتوای پتاسیم دانه و ساقه + برگ، جذب پتاسیم دانه و ساقه + برگ و عملکرد پروتئین تحت اثر سال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۵). تمامی صفات ذکر شده به‌همراه محتوای نیتروژن دانه تحت اثر ساده تناوب پیش‌کاشت و اثرمتقابل سال در پیش‌کاشت قرار گرفتند. از نظر آماری تنها دو صفت محتوای پتاسیم و میزان جذب پتاسیم برگ + ساقه تحت اثر ساده مصرف نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شدند. در اثرمتقابل پیش‌کاشت گیاهان و مصرف نیتروژن نیز صفات محتوای نیتروژن دانه و ساقه + برگ و محتوای پتاسیم دانه معنی‌دار شدند. همچنین، تنها دو صفت محتوای پتاسیم ساقه + برگ و جذب پتاسیم ساقه + برگ در اثرمتقابل سه‌گانه سال در پیش‌کاشت و نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌دار را نشان دادند (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر سال و پیش‌کاشت گیاهان به روش برش‌دهی متقابل نشان داد که بیشترین غلظت نیتروژن دانه در سال اول با پیش‌کاشت پرکو و بوکو (به‌ترتیب ١/٦٥ و ١/٦٢ درصد) به‌دست آمد و پیش‌کاشت ترکیبی، شبدر برسیم و باقلا در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در سال دوم بیشترین غلظت نیتروژن دانه مربوط به پیش‌کاشت پرکو، بوکو و ترکیب شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا بود و بعد از آن‌ها پیش‌کاشت شبدر و باقلا با مقادیر ١/٥٧ و ١/٤٦ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ٦). طبق یافته‌ها، کمترین مقدار نیتروژن دانه در هر دو سال به تیمار آیش (نکاشت) تعلق گرفت (جدول ٦). در مجموع غلظت نیتروژن دانه در سال دوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال اول بود. از نظر محتوای نیتروژن ساقه + برگ نیز بیشترین مقدار در هر دو سال برای پیش‌کاشت پرکو (به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۸۳ درصد) حاصل شد و پیش‌کاشت بوکو، ترکیبی و شبدر برسیم در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در هر دو سال کمترین غلظت نیتروژن ساقه + برگ نیز در تیمار آیش (نکاشت) به‌دست آمد (جدول ٦).

جدول ۵: تجزیه واریانس مرکب مولفه‌های مرتبط به عناصر نیتروژن و پتاسیم و عملکرد پروتئین دانه برنج با مصرف نیتروژن در تناوب گیاهان پیش کاشت.

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نیتروژن دانه	محتوای نیتروژن ساقه+برگ	جذب نیتروژن دانه	جذب نیتروژن ساقه+برگ	محتوای پتاسیم دانه	محتوای پتاسیم ساقه + برگ	جذب پتاسیم دانه	جذب پتاسیم ساقه + برگ	عملکرد پروتئین
سال	۱	۰/۰۶^{ns}	۱/۷۹**	۱۰۴۰/۷۵**	۶۳۷۳/۰۲**	۱/۷۹**	۸/۱۸**	۲۵۶۹**	۸/۱۸**	۳۶۸۴۵/۲۶**
R(سال)	۴	۰/۰۵	۰/۰۸	۱۷۰/۸۳	۳۴۱/۵۴	۰/۰۸	۰/۱۲	۲۶۷/۴۱	۰/۱۲	۶۰۴۷/۶۶
تناوب	۵	۰/۴۰**	۰/۰۵**	۱۲۱۰/۹۹**	۵۰۶/۹۳**	۰/۰۵**	۰/۲۴**	۱۳۶/۴۳**	۰/۲۴**	۴۲۸۷۲/۰۵**
سال×تناوب	۵	۰/۰۹*	۰/۱۳**	۱۵۴/۲۷*	۶۲۳/۹۳**	۰/۱۳**	۰/۳۹**	۳۱۷/۲۹**	۰/۳۹**	۵۴۶۱/۴۱*
خطا	۲۰	۰/۰۸	۰/۰۴	۲۶۶/۷۱	۲۲۶/۲۵	۰/۰۴	۰/۱۰	۱۱۲/۳۱	۰/۱۰	۹۴۴۲/۰۵
نیتروژن	۳	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۴۸/۲۶^{ns}	۱۱/۷۴^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۱۰*	۲۵/۰۵^{ns}	۰/۱۰*	۱۷۰۸/۵۶*
سال×نیتروژن	۳	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۸۸/۱۲^{ns}	۵/۵۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۸/۸۴^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۳۱۱۹/۰۱^{ns}
تناوب×نیتروژن	۱۵	۰/۰۸**	۰/۰۲*	۱۰۸/۴۵^{ns}	۶۱/۶۶^{ns}	۰/۰۲*	۰/۰۲^{ns}	۳۲/۸۰^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۳۸۳۹/۴۸^{ns}
سال×تناوب×نیتروژن	۱۵	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۶۲/۷۷^{ns}	۸۴/۲۱*	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۹*	۳۸/۰۶^{ns}	۰/۰۹*	۲۲۲۲/۳۲^{ns}
خطا	۷۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۷۲/۳۸	۵۱/۱۹	۰/۰۱	۰/۰۴	۳۱/۲۳	۰/۰۴	۲۵۶۲/۵۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۱/۲۴	۲۰/۳۶	۱۲/۳۴	۲۱/۸۰	۲۰/۳۷	۱۵/۵۴	۲۲/۹۷	۱۵/۵۴	۱۲/۳۴

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

جدول ۶: تجزیه واریانس مرکب مولفه‌های مرتبط به عناصر نیتروژن و پتاسیم و عملکرد پروتئین دانه برنج در تناوب گیاهان پیش کاشت به روش برش‌دهی متقابل.

اثر متقابل	محتوای نیتروژن دانه (درصد)		محتوای نیتروژن ساقه+برگ (درصد)		جذب نیتروژن دانه (درصد)		محتوای پتاسیم دانه (درصد)		جذب پتاسیم دانه (درصد)		عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
C_1	۱/۶۵^{a}	۱/۷۵^{a}	۰/۵۷^{a}	۰/۸۳^{a}	۷۲/۰۵^{a}	۸۱/۹۰^{a}	۰/۵۷^{a}	۰/۸۳^{a}	۲۷/۰۷^{a}	۳۸/۳۴^{a}	۴۴۲/۷۸^{a}	۴۸۷/۲۸^{a}
C_2	۱/۶۲^{a}	۱/۷۲^{a}	۰/۴۶^{ab}	۰/۷۸^{ab}	۷۴/۴۲^{a}	۸۱/۶۷^{ab}	۰/۴۴^{ab}	۰/۷۸^{a}	۱۹/۴۴^{ab}	۳۲/۱۳^{ab}	۴۲۸/۶۹^{ab}	۴۸۵/۹۶^{a}
C_3	۱/۵۵^{ab}	۱/۷۳^{a}	۰/۴۷^{ab}	۰/۶۵^{abc}	۶۱/۶۳^{b}	۷۳/۱۲^{ab}	۰/۴۶^{ab}	۰/۶۵^{ab}	۲۰/۴۸^{ab}	۲۸/۲۶^{abc}	۳۶۶/۷۲^{b}	۴۱۰/۴۲^{ab}
C_4	۱/۵۱^{ab}	۱/۵۷^{ab}	۰/۴۴^{abc}	۰/۶۴^{abc}	۶۲/۷۴^{b}	۶۸/۹۸^{ab}	۰/۴۷^{ab}	۰/۶۴^{ab}	۲۰/۰۷^{ab}	۲۶/۵۵^{abc}	۳۷۳/۳۳^{b}	۴۳۵/۰۴^{ab}
C_5	۱/۵۳^{ab}	۱/۴۶^{ab}	۰/۴۰^{c}	۰/۶۴^{abc}	۶۲/۸۱^{b}	۶۴/۸۸^{ab}	۰/۴۰^{b}	۰/۶۴^{ab}	۲۰/۷۰^{ab}	۲۶/۴۹^{abc}	۳۷۳/۷۵^{b}	۳۸۶/۰۱^{abc}
C_6	۱/۴۱^{a}	۱/۲۹^{b}	۰/۴۱^{c}	۰/۵۵^{c}	۶۳/۷۷^{b}	۵۹/۱۵^{b}	۰/۴۱^{b}	۰/۵۵^{b}	۱۷/۲۹^{b}	۲۳/۹۵^{c}	۳۷۹/۴۱^{b}	۳۵۱/۹۳^{c}

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

بیشترین جذب نیتروژن دانه و ساقه + برگ در هر دو سال مربوط به پیش‌کاشت پرکو و بوکو بود و پیش‌کاشت ترکیبی، شبدر برسیم و باقلا از این نظر در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین جذب نیتروژن دانه و ساقه + برگ در هر دو سال مربوط به تیمار آیش بود. در مجموع جذب نیتروژن دانه و برگ در سال دوم به‌طور معنی‌داری بالاتر از سال اول به‌دست آمد (جدول ٦). بر اساس یافته‌های اثرمتقابل سال در پیش‌کاشت مشاهده شد که بیشترین عملکرد پروتئین در سال اول مربوط به پیش‌کاشت پرکو (٤٤٢/٧٨ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم متعلق به پیش‌کاشت پرکو و بوکو (به‌ترتیب ٤٧٨/٢٨ و ٤٨٥/٩٦ کیلوگرم در هکتار) بود. کمترین عملکرد پروتئین در سال اول مربوط به پیش‌کاشت ترکیب شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا، شبدر برسیم، باقلا و آیش (نکاشت) و در سال دوم نیز مربوط به تیمار آیش بود (جدول ٦).

یافته‌های مربوط به اثرمتقابل پیش‌کاشت گیاهان و مصرف نیتروژن نشان داد که بیشترین غلظت نیتروژن دانه (١/٨٤ درصد) برای پیش‌کاشت پرکو با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی و حداکثر غلظت نیتروزن ساقه + برگ برای پیش‌کاشت پرکو و بوکو با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی حاصل شد. کمترین غلظت نیتروژن دانه و ساقه + برگ برای تیمار آیش و عدم مصرف نیتروزن (١/١٧ و ٠/٤٢ درصد) مشاهده شد (جدول ٧).

طبق یافته‌ها، بالاترین غلظت پتاسیم دانه برای پیش‌کاشت پرکو و بوکو با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی و کمترین مقدار آن معادل ٠/٤٢ درصد تحت تیمار آیش و عدم مصرف نیتروژن حاصل شد. در مجموع، بیشترین غلظت نیتروژن دانه و ساقه + برگ و غلظت پتاسیم دانه با پیش‌کاشت گیاهان پرکو، بوکو، ترکیبی و شبدر برسیم با مصرف نیتروژن برابر کودی به‌دست آمد و سطوح نیتروژن مصرفی ۵۰ درصد کمتر و بیشتر از توصیه کودی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در پیش‌کاشت باقلا و آیش بالاترین میزان عملکرد مربوط به مصرف نیتروژن بالاتر از توصیه کودی بود (جدول ٧).

مقایسه میانگین اثر سال در پیش‌کاشت گیاهان و مصرف نیتروژن نشان داد که بیشترین جذب نیتروژن دانه در سال اول مربوط به پیش‌کاشت پرکو و بوکو برابر توصیه کودی و در سال دوم با پیش‌کاشت پرکو، بوکو، ترکیب شبدر برسیم + رامتیل + فاسیلیا و شبدر برسیم با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی حاصل شد. در هر دو سال کمترین جذب نیتروژن دانه مربوط به تیمار آیش (نکاشت) و عدم مصرف نیتروژن بود (جدول ٨).

از نظر غلظت پتاسیم ساقه + برگ نیز بالاترین مقدار مربوط به پیش‌کاشت پرکو، بوکو و ترکیب شبدر برسیم + رامتیل و فاسیلیا با مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی و کمترین مقدار مربوط به تیمار آیش و عدم مصرف نیتروژن حاصل شد (جدول ٨). از نظر جذب پتاسیم ساقه + برگ نیز بالاترین مقدار در هر دو سال مربوط به پیش‌کاشت پرکو و مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی و کمترین جذب پتاسیم ساقه + برگ نیز مربوط به تیمار آیش و عدم مصرف نیتروژن بود. در مجموع، بیشترین غلظت پتاسیم دانه و ساقه + برگ با پیش‌کاشت گیاهان پرکو، بوکو، ترکیبی و شبدر برسیم با مصرف نیتروژن برابر کودی به‌دست آمد و سطوح نیتروژن مصرفی ۵۰ درصد کمتر و بیشتر از توصیه کودی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در پیش‌کاشت باقلا و آیش بالاترین میزان عملکرد مربوط به مصرف نیتروژن بالاتر از توصیه کودی بود و مصرف نیتروزن برابر و کمتر از توصیه کودی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ٨).

جدول ۷: تجزیه واریانس مرکب مولفه‌های مرتبط به عناصر نیتروژن و پتاسیم برنج با مصرف نیتروژن در تناوب گیاهان پیش‌کاشت.

اثرمتقابل	محتوای نیتروژن دانه (درصد)	محتوای نیتروژن ساقه+ برگ (درصد)	محتوای پتاسیم دانه (درصد)
C_1N_1	۱/۴۸^{bcd}	۰/۵۴^{bc}	۰/۵۳^{b}
C_1N_2	۱/۶۵^{bc}	۰/۴۹^{bcd}	۰/۶۰^{ab}
C_1N_3	۱/۶۶^{bc}	۰/۵۳^{bc}	۰/۶۶^{ab}
C_1N_4	۱/۸۴^{a}	۰/۶۸^{a}	۰/۶۸^{a}
C_2N_1	۱/۵۴^{bcd}	۰/۵۲^{bc}	۰/۵۳^{b}
C_2N_2	۱/۶۳^{bc}	۰/۶۳^{abc}	۰/۵۴^{b}
C_2N_3	۱/۶۵^{bc}	۰/۵۸^{bc}	۰/۵۸^{ab}
C_2N_4	۱/۷۸^{ab}	۰/۷۰^{a}	۰/۷۰^{a}
C_3N_1	۱/۴۱^{cd}	۰/۵۲^{bc}	۰/۴۹^{b}
C_3N_2	۱/۵۹^{bcd}	۰/۵۳^{bc}	۰/۵۳^{b}
C_3N_3	۱/۵۲^{bcd}	۰/۶۰^{abc}	۰/۵۶^{ab}
C_3N_4	۱/۷۹^{ab}	۰/۶۱^{abc}	۰/۶۱^{ab}
C_4N_1	۱/۵۰^{bcd}	۰/۵۶^{bc}	۰/۵۴^{b}
C_4N_2	۱/۳۱^{cd}	۰/۵۹^{bc}	۰/۵۲^{b}
C_4N_3	۱/۶۴^{bc}	۰/۶۰^{abc}	۰/۵۶^{ab}
C_4N_4	۱/۷۰^{bcd}	۰/۵۴^{bc}	۰/۶۲^{ab}
C_5N_1	۱/۴۹^{bcd}	۰/۵۳^{bc}	۰/۵۲^{b}
C_5N_2	۱/۳۵^{cd}	۰/۵۶^{bc}	۰/۵۱^{b}
C_5N_3	۱/۶۲^{bc}	۰/۶۶^{ab}	۰/۶۲^{ab}
C_5N_4	۱/۶۷^{bc}	۰/۶۲^{abc}	۰/۶۰^{ab}
C_6N_1	۱/۱۷^{d}	۰/۴۲^{d}	۰/۴۲^{c}
C_6N_2	۱/۵۴^{bcd}	۰/۵۱^{bc}	۰/۵۵^{b}
C_6N_3	۱/۵۵^{bcd}	۰/۶۲^{abc}	۰/۵۹^{ab}
C_6N_4	۱/۵۰^{bcd}	۰/۵۵^{bc}	۰/۶۳^{ab}

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

جدول ۸: تجزیه واریانس مرکب مولفه‌های مرتبط به عناصر نیتروژن و پتاسیم دانه و ساقه + برگ برنج با مصرف نیتروژن در تناوب گیاهان پیش‌کاشت به روش برش‌دهی متقابل.

اثر متقابل	جذب نیتروژن ساقه+برگ (درصد)		محتوای پتاسیم ساقه + برگ (درصد)		جذب پتاسیم ساقه + برگ (درصد)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
C_1N_1	۰/۴۱^{bcd}	۰/۵۵^{bc}	۰/۹۶^{bc}	۱/۴۷^{bc}	۵۷/۶۷^{cde}	۸۵/۴۷^{cd}
C_1N_2	۰/۴۳^{bcd}	۰/۶۹^{abc}	۱/۰۴^{bc}	۱/۵۹^{abc}	۶۷/۱۹^{bcd}	۹۲/۱۹^{bcd}
C_1N_3	۰/۵۱^{abc}	۰/۸۳^{a}	۱/۲۴^{ab}	۱/۷۲^{ab}	۷۵/۲۶^{bcd}	۱۰۲/۰۶^{bc}
C_1N_4	۰/۶۷^{a}	۰/۸۸^{a}	۱/۳۷^{a}	۱/۹۸^{a}	۱۰۲/۴۳^{a}	۱۱۹/۴۷^{a}
C_2N_1	۰/۳۹^{bcd}	۰/۵۹^{bc}	۰/۹۹^{bc}	۱/۲۹^{bcd}	۵۲/۰۴^{de}	۷۷/۱۳^{cde}
C_2N_2	۰/۴۴^{bcd}	۰/۶۹^{abc}	۱/۰۱^{bc}	۱/۵۷^{abc}	۶۴/۸۷^{cd}	۹۲/۷۳^{bcd}
C_2N_3	۰/۵۰^{abc}	۰/۷۴^{ab}	۱/۲۵^{ab}	۱/۶۶^{ab}	۷۲/۳۸^{bc}	۱۰۰/۴۷^{bc}
C_2N_4	۰/۵۳^{a}	۰/۸۷^{a}	۱/۳۵^{a}	۱/۹۱^{a}	۷۹/۵۱^{b}	۱۱۴/۳۶^{ab}
C_3N_1	۰/۳۹^{bcd}	۰/۵۵^{bc}	۰/۹۹^{bc}	۱/۱۸^{bcd}	۵۰/۲۵^{de}	۷۲/۵۵^{cde}
C_3N_2	۰/۴۴^{bcd}	۰/۶۴^{abc}	۱/۰۶^{bc}	۱/۴۶^{bc}	۵۸/۸۴^{cde}	۸۳/۷۳^{cd}
C_3N_3	۰/۴۷^{bc}	۰/۷۸^{ab}	۱/۱۴^{abc}	۱/۷۲^{ab}	۶۵/۴۶^{bcd}	۹۸/۹۰^{bc}
C_3N_4	۰/۵۷^{ab}	۰/۸۷^{a}	۱/۳۳^{a}	۱/۹۴^{a}	۸۲/۰۶^{b}	۱۰۶/۳۷^{abc}
C_4N_1	۰/۳۸^{cd}	۰/۵۰^{c}	۰/۸۸^{c}	۱/۴۹^{c}	۷۴/۰۱^{de}	۶۴/۲۳^{de}
C_4N_2	۰/۴۰^{bcd}	۰/۶۴^{abc}	۱/۰۱^{bc}	۱/۴۵^{bc}	۵۸/۶۹^{cde}	۸۱/۵۱^{cd}
C_4N_3	۰/۴۶^{bc}	۰/۷۶^{ab}	۱/۱۳^{abc}	۱/۶۳^{ab}	۶۱/۴۲^{bcd}	۹۷/۱۴^{bc}
C_4N_4	۰/۵۷^{ab}	۰/۸۷^{a}	۱/۲۸^{ab}	۱/۷۵^{ab}	۸۱/۵۵^{b}	۱۰۰/۸۰^{bc}
C_5N_1	۰/۳۷^{cd}	۰/۵۲^{c}	۰/۸۷^{c}	۱/۴۲^{c}	۴۶/۴۶^{de}	۷۳/۹۱^{cde}
C_5N_2	۰/۴۵^{bcd}	۰/۶۴^{abc}	۱/۰۵^{bc}	۱/۴۹^{bc}	۵۳/۶۱^{ced}	۷۸/۵۴^{cde}
C_5N_3	۰/۴۷^{bc}	۰/۶۴^{abc}	۱/۱۰^{abc}	۱/۶۲^{ab}	۶۳/۲۱^{cd}	۸۶/۲۳^{cd}
C_5N_4	۰/۵۰^{abc}	۰/۷۱^{ab}	۱/۲۹^{ab}	۱/۷۲^{ab}	۸۳/۸۳^{b}	۱۰۱/۸۵^{bc}
C_6N_1	۰/۳۲^{d}	۰/۴۵^{d}	۰/۸۲^{c}	۱/۰۴^{d}	۴۰/۴۷^{e}	۵۸/۱۳^{e}
C_6N_2	۰/۴۱^{bcd}	۰/۵۵^{bc}	۱/۰۵^{bc}	۱/۴۶^{bc}	۵۲/۵۴^{cde}	۷۵/۲۶^{cde}
C_6N_3	۰/۴۲^{bcd}	۰/۶۲^{abc}	۱/۱۷^{abc}	۱/۷۷^{ab}	۶۰/۶۳^{cd}	۹۳/۷۱^{bcd}
C_6N_4	۰/۵۲^{abc}	۰/۷۴^{ab}	۱/۲۱^{ab}	۱/۷۲^{ab}	۷۲/۳۳^{bc}	۱۰۱/۳۵^{bc}

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

بحث

طبق یافته‌ها مشاهده شد که اثرات مثبت پیش‌کاشت در سال دوم مشهودتر بود که منجر به افزایش تعداد پنجه و تعداد پنجه بارور در کپه در تمامی سطوح پیش‌کاشت در مقایسه با سال اول شد که نشان می‌دهد استفاده از گیاهان پیش‌کاشت در دراز مدت می‌تواند باعث بهبود وضعیت خاک و رشد مناسب گیاهان در تناوب شود.

به نظر می‌رسد در سال دوم آزمایش، گیاهان پیش‌کاشت با تأثیر بر ماده آلی خاک موجب بهبود شرایط فیزیکی خاک و افزایش فعالیت ریزجانداران خاک شده و عملکرد و اجزای عملکرد بعد از آن‌ها در مقایسه با سال اول افزایش معنی‌داری نشان داد. در میان گیاهان پیش‌کاشت، بیشترین عملکرد مربوط به پیش‌کاشت پرکو و بوکو و مصرف نیتروژن برابر توصیه کودی و کمترین عملکرد مربوط آیش و عدم مصرف نیتروژن بود. دیگر محققان نیز برتری ارقام

براسیکا به‌عنوان پیش کاشت را برای افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم تأیید کردند (Cherr et al., 2006; Collins et al., 2007; Lehrsch and Gallian, 2010). Rahimizade و همکاران (2012) گزارش کردند تناوب زراعی و مصرف نیتروژن در پیش‌کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم داشت. Akbari Moghaddam و همکاران (2011) دریافتند تناوب زراعی بر عملکرد گندم اثر معنی‌داری داشت و بالاترین عملکرد گندم در تناوب کلزا + گندم و با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد.

افزایش عملکرد غلات در صورت کاشت پس از بقولات نیز توسط دیگر محققان گزارش شده است، اگرچه میزان افزایش عملکرد بسته به نوع گیاه لگوم و شرایط آب و هوایی و خاک محل انجام آزمایش متفاوت بود. در همین راستا، گزارش شده است که عملکرد برنج در صورت کاشت آن پس از ماش و ماش سیاه بین ۶۰۰ تا ۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر از عملکرد برنج در صورت کاشت آن پس از آیش بود (Ahmad et al., 2001). با توجه به توانایی بقولات در تثبیت نیتروژن، افزایش عملکرد غلات در صورت کاشت پس از گیاهان خانواده بقولات می‌تواند به دلیل افزایش نیتروژن خاک باشد. همچنین، دیگر محققان گزارش کردند عواملی دیگری از قبیل شکستن چرخه زندگی آفات و بیماری‌ها در صورت تناوب غلات با بقولات، اثرات آللوپاتیک بقایای بقولات، افزایش سایر عناصر غذایی از قبیل فسفر و پتاسیم، آزاد شدن مواد تحریک کننده رشد در فرآیند تجزیه بقایای لگوم، کاهش آلودگی مزرعه غلات به علف‌های هرز می‌توانند سبب افزایش عملکرد غلات گردند (Fyson and Oaks, 1990; Peoples and Herridge, 1990). برخی محققان نیز اعلام کردند که حداکثر میزان ماده آلی خاک، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب در تناوب کاشت ذرت + شبدر برسیم + برنج حاصل شد (Tabrizi et al., 2015). دیگر پژوهش‌ها نیز نشان داد اکثر بقولات دانه‌ای توانایی تثبیت نیتروژن به میزان کافی را ندارند و در نتیجه افزودن کود شیمیایی نیتروژن برای دستیابی به حداکثر عمکرد دانه در غلات در صورت کشت آن‌ها پس از بقولات دانه‌ای ضروری است (Danga et al., 2009).

در تناوب پیش‌کاشت پرکو و بوکو به دلیل تولید بالای این دو گیاه نسبت به سایر پیش‌کاشت‌ها، بقایای بیشتری به خاک افزوده شده و با عنایت به درصد نیتروژن بالای این بقایا و بهبود ماده آلی خاک، در عمل برنج از نیتروژن اضافه شده توسط بقایا به خاک نسبت به سایر تناوب‌ها استفاده بیشتری داشته و در نتیجه غلظت و جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم و عملکرد پروتئین افزایش یافت که اثر آن در سال دوم بالاتر بود. به همین دلیل در تیمار آیش یا نکاشت به دلیل عدم افزایش بقایا به خاک، گیاه برنج قسمت اعظم نیتروژن مورد استفاده را از کود مصرفی تأمین کرده و به ازای هر واحد کود مصرفی عملکرد بیشتری تولید کرد. این نتیجه موید آن است که در این تناوب به دلیل کاهش حاصلخیزی خاک و وجود عوامل محدودکننده تولید، واکنش به جذب نیتروژن بیشتر است. در همین رابطه دیگر محققان نیز گزارش کردند که اثرمتقابل تناوب زراعی و کود نیتروژن باعث افزایش جذب عناصر در گیاه شد (Abbasi et al., 2005; Lopez-Bellido et al., 2005; Rahimizadeh et al., 2012; Thuy et al., 2008). Hirel و همکاران (2007) گزارش کردند تناوب زراعی با تأثیر بر کارآیی جذب و بهره‌وری نیتروژن، بر کارآیی مصرف نیتروژن اثرگذار است. در مطالعه ای دیگر دو عامل اساسی در جذب نیتروژن شامل جذب نیتروژن کافی از خاک تا قبل از گلدهی گیاه و همچنین افزایش نیتروژن در طی مراحل انتهایی رشد بیان شد (Montemuro et al., 2006). Lopez-Bellido و Lopez-Bellido (2001)

دریافتند بهره‌وری نیتروژن در تناوب‌های مختلف بسته به مقادیر کود نیتروژنه مصرفی متفاوت بود و با افزایش مصرف نیتروژن بیش از حد مطلوب کاهش یافت. در دیگر پژوهش‌ها گزارش شد که نیتروژن دانه گندم در صورت کاشت پس از ماش و ماش‌سیاه به میزان ٥٤ درصد نسبت به حالت تک‌کشتی افزایش یافت (Ahmad et al., 2001). با افزایش مصرف مقدار نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ درصد از مقدار نیتروژن توصیه شده، افزایش معنی‌داری در درصد نیتروژن دانه مشاهده شد، در حالی که مصرف بیشتر نیتروژن (۱۰۰ درصد از مقدار توصیه شده) سبب افزایش معنی‌دار درصد نیتروژن دانه نگردید (Lopez-Bellido et al., 2004).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد که در صورت تناوب برنج با لگوم‌ها، تأثیر شبدر برسیم در افزایش عملکرد برنج به طور چشمگیری بیشتر از باقلا بود. ضمن اینکه با افزایش مقدار مصرف نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ درصد از مقدار توصیه شده در هکتار، عملکرد دانه برنج به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف نیتروژن بالاتر از توصیه کودی منجر به مصرف لوکس شده که اثر منفی بر عملکرد کمی و کیفی داشت. بر اساس نتایج این تحقیق، کشت شبدر برسیم قبل از برنج به همراه مصرف ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار جهت دستیابی به حداکثر عملکرد توصیه می‌شود.

References

Abbasi, M.K., Kazmi, M., and Hussan, F. (2005). Nitrogen use efficiency and herbage production of an established grass sward in relation to moisture and nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition. 28: 1693-1708. (In Persian)

Ahmad, T., Hafeez, F.Y., Mahmood, T., and Malik, K.A. (2001). Residual effect of nitrogen fixed by mungbean (*Vigna radiata*) and blackgram (*Vigna mungo*) on subsequent rice and wheat crops. Australian Journal of Experimental Agriculture. 41: 245-248. (In Persian)

Akbari Moghaddam, H., Ramroudi, M., Koohkan, Sh.A., Fanaei, H.R., Akbari Moghaddam, A.R. (2011). Effects of crop rotation systems and nitrogen levels on wheat yield, some soil properties and weed population, International Journal of Agricultural Science. 1(3): 651-613. (In Persian)

Ayenehband, A. (2005). Crop rotation. Publisher of academic center of education culture and research, Mashhad Branch, 407 pp.

Baldwin, K.R., and Creamer, N.G. (2006). Cover Crops for Organic Farms. North Carolina Cooperative Extension Service Publications Available on-line at:http:// www. Cefs. Ncsu.Edu/PDFs/Updated /Cover crops FINAL Pdf Jan 2009.pdf.

Benintend, M.C., Sterren, M.A., and Battista, J.J.D. (2008). Soil microbiological indicators of soil quality in four rice rotation system. Ecological Indicators. 8(5): 704-708.

Bindra, A.D., Kalia, B.D., and Kumar, S. (2000). Effect of N-Levels and dates of transplanting on growth, yield and yield attributes of scented rice. Advances in Agricultural Research in India. 10: 45-48

Cherr, C.M., Scholberg, J.M.S., and Mc Sorley, R. (2006). Green manure approaches to crop production: A synthesis. Agronomy Journal. 98: 302-319.

Cho, Y.S., Hidaka, K., and Mineta, T. (2003). Evaluation of white clover and rye grown in rotation with no-tilled rice. Field Crop Research. 83(3/15): 237-250

Collins, H.P., Delgado, J.A., Alva, A.K., and Follett, R.F. (2007). Use of nitrogen-15isotopic techniques to estimate nitrogen cycling from a mustard cover crop to potatoes. Agronomy Journal. 99(1): 27-35.

Danga, B.O., Ouma, J.P., Wakindiki, I.I.C., and Bar-Tal, A. (2009). Legume– wheat rotation effects on residual soil moisture, nitrogen and wheat yield in tropical regions. Advances in Agronomy. 101: 315-349.

Dobermann, A. (2005). Nitrogen Use Efficiency - State of the Art. IFA International Workshop on Enhanced - Efficiency Fertilizers Frankfurt, Germany, 28-30 June.

Draper, P. (2006). Cool season pulse suitable for rotation with rice. Rural industries Research and Development Corporation of Australian.

Fyson, A., and Oaks, A. (1990). Growth promotion of maize by legume in soils. Plant and Soil. 122: 259–266.

Hirel, B., Le Gouis, J., Ney, B., and Gallais, A. (2007). The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: toward a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. Journal of Experimental Botant. 58(9): 2369-2387.

Lehrsch, G.A., and Gallian, J.J. (2010). Oilseed Radish Effects on Soil Structure and Soil Water Relations. Journal of Sugar Beet Research. 47(1/2): 1-21.

Lifang, H., Fan, S., Zongsheng, Z., and Libo, F. (2000). A systematic approach to balancing soil in Broad bean-Rice rotation in Yunnan. Better Crops International Plant Nutrition Institute. 14(2): 55-71.

Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R.J., and Redondo, R. (2005). Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. Field Crops Research. 92(94): 86-97.

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 Crops Research. 71: 31-64.

Lopez-Bellido, R.J., Lopez-Bellido, L., Castillo, J.E., and Lopez-Bellido, F.J. (2004). Chickpea response to tillage and soil residual nitrogen in a continuous rotation with wheat II. Soil nitrate, N uptake and influence on wheat yield. Field Crops Research. 88: 201–210.

Martre, P., Porter, J.R., Jamieson, P.D., and Triboi, E. (2003). Modeling Grain Nitrogen Accumulation and Protein Composition to Understand the Sink/Source Regulations of Nitrogen Remobilization for Wheat. Plant Physiology. 133: 1959-1967.

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 Crops Research. 99: 114-124.

Peoples, M.B., and Herridge, D.F. (1990). Nitrogen fixation by legumes in tropical and sub-tropical agriculture. Advances in Agronomy. 44: 155-223.

Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare-Feizabadi, A., Koocheki, A.R., ad Nassiri-Mahallati, M. (2012). Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. Australian Journal of Crop Science. 4(5): 363-368. (In Persian)

Samonte, S.O., Wilson, L.T., Medley, J.C., Pinson, S.R.M., McClung, A.M., and Lales, J.S. (2006). Nitrogen Utilization Efficiency: Relationships with grain yield, grain protein, and yield-related traits in rice. Agronomy Journal. 98: 168-176.

Shalikar, O.H., Ayoubi, S., Khormali, F., and Ghorbani Nasrabadi, R. (2009). Assessment of soil quality indicators in different rice rotation systems in Dasht-Sar district, Amol, Mazandaran Province. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resource. 15(6):1-12. (In Persian)

Shoghi Kalkhoran, S., Ghalavand, A., and Modares Sanavi, S.A.M. (2012). Effects of Bio Fertilizer and Green Manure (Winter Wheat) in Combination with Integrated Nitrogen Sources (Chemical-Farmyard Manure) on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Environmental Sciences. 9(2): 35-52. (In Persian)

Tabrizi, A.A., Nour Mohammadi, G., and Mobasser, H.R. (2015). Effects of Different Cropping Systems on Fertility of Paddy Soil. Journal of Crop Ecophysiology. 9(2): 191-202. (In Persian)

Thuy, N.H., Shan, Y., Singh, B., Wang, K., Cai, Z., Singh, Y., and Buresh, R.J. (2008). Nitrogen supply in rice-based cropping systems as affected by crop residue management. Soil Science Society of American Journal. 72: 514-523

Zeng, X.B., Shenge, G., Wang, B., and Fang, L. (2007). Effect of cropping system change for paddy field with double harvest rice on the crop growth and soil nutrient. Agricultural Science in China. 6(9): 1115-1123.