مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۸، شماره ۳، سال ۱۳۹۱

اثر نظام‌های تناوب زراعی مختلف بر عملکرد گندم در اقلیم سرد خراسان رضوی

Effect of Different Crop Rotation Systems on Wheat Productivity in Cold Agro-Climatic Region of Khorasan-e-Razavi in Iran

احمد زارع فیض‌آبادی[۱] و مهدی عزیزی[۲]

۱- دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استاد خراسان رضوی، مشهد (نگارنده مسئول)
۲- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۱۷

چکیده

زارع فیض‌آبادی، ا. و عزیزی، م. ۱۳۹۱. اثر نظام‌های تناوب زراعی مختلف بر عملکرد گندم در اقلیم سرد خراسان رضوی. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۸ (۳):** ۲۷۵ - ۲۶۱.

به منظور بررسی نقش تناوب‌های زراعی مختلف در پایداری تولید گندم، این تحقیق با استفاده از طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت پنج سال زراعی (۸۹-۱۳۸۴) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه‌رخ در استان خراسان رضوی به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی شامل هشت نظام تناوب زراعی، شامل: ۱-کشت مداوم گندم، ۲-گندم- گندم- گندم- کلزا- گندم، ۳-گندم- چغندرقند- گندم- چغندر قند-گندم، ۴-گندم- سیب زمینی- گندم- سیب زمینی-گندم، ۵-گندم- سیب زمینی- گندم-کلزا-گندم، ۶-گندم- چغندر قند-گندم- سیب زمینی- گندم، ۷- گندم-ذرت علوفه ای-گندم- سیب زمینی - گندم، ۸- گندم- ذرت علوفه ای-گندم- چغندر قند - گندم بودند. پایین‌ترین عملکرد دانه در سال آخر درکشت مداوم گندم مشاهده شد وکلیه تیمارهای تناوبی از عملکرد دانه معنی‌دار و بالاتری نسبت به کشت متوالی گندم برخوردار بودند. افزایش ۲۱ تا ۳۷ درصدی عملکرد دانه، شاخص تناوب و بهره‌وری آب گندم و از طرفی کاهش ۵۱ تا ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌های هرزتناوب های زراعی نسبت به کشت مداوم گندم، حاکی ازتاثیر مثبت اعمال تناوب‌های زراعی مناسب می‌باشد. میانگین بهره‌وری آب بر حسب ماده خشک اقتصادی محصولات ذرت علوفه‌ای معادل۲/۳۳، چغندرقند ۱/۶۰، سیب‌زمینی۰/۸۷، کلزا ۰/۷۹ و میانگین بهره‌وری آب بر حسب ماده خشک اقتصادی گندم در سال اول ۰/۸۷، سال سوم ۱/۰۹ و سال پنجم۱/۵۶ در تناوب‌های زراعی مختلف بود. کلزا و سیب‌زمینی به عنوان محصول پیش کاشت نسبت به سایر محصولات، تاثیر مثبت بیشتری بر عملکرد گندم نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، چغندر قند، ذرت، سیب‌زمینی، شاخص تناوب، عملکرد دانه و کلزا.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: azarea.2002@yahoo.com

مقدمه

با بهبود تنوع زیستی- زراعی (Agrobiodiversity) از طریق رعایت تناوب زراعی، بوم نظام‌های زراعی به منابع درونی و قابل تجدید خود وابستگی بیشتری پیدا نموده و پایداری آنها افزایش می‌یابد. از طرفی با افزایش تنوع در بوم نظام‌های زراعی تحمل آن در مقابل تغییرات بیشتر شده و قدرت سیستم در بازسازی خود بعد از تخریب افزایش می‌یابد (Koocheki *et al*., 2004). تناوب زراعی از طریق تداوم پوشش گیاهی خاک، کارآیی بیشتر مصرف آب، حفظ عناصر غذایی خاک، افزایش مواد آلی خاک و ثبات خاکدانه‌ها، کاهش آفات و بیماری‌ها و کنترل بهتر علف‌های هرز باعث افزایش راندمان تولید و عملکرد می‌گردد (Aynehband, 2005).

بدون تردید درهرنظام تولیدی، کارآیی بهره‌برداری از نهاده‌ها، از اصول پایه می‌باشد و بالابردن کارآیی تولید هدف اساسی آن نظام محسوب می‌گردد. دراین رابطه نظام‌های زراعی پایدار کم نهاده، در مقایسه با نظام‌های رایج از کارآیی بالاتری برخوردارند که پژوهش‌های متعددی درسطح جهان، تائیدکننده این مطلب می‌باشد (Erdal *et al*., 2007; Zarea Feizabadi and Koocheki, 1999).

به گزارش دیکسون وهمکاران (Dixon *et al*., 2006) غلات، از منابع فیزیکی محیط در مقایسه با حبوبات یا دانه‌های روغنی به طور کارآمدتری استفاده می‌کنند و بهره‌وری زراعی و سودمندی اقتصادی در آن دسته از الگوهای تناوب زراعی که، دارای سهم بالایی از گیاهان غلات می‌باشند بالاتر می‌باشد، ولی کیفیت کل محصولات غذایی تولیدی در این گونه نظام‌های زراعی به علت پایین بودن سطح مطلوب پروتئین مناسب نخواهد بود. ایشان تاکید می‌نمایند ورود حبوبات و دانه‌های روغنی در تناوب، با غلات ضمن حفظ حاصلخیزی خاک و بهبود آن، میزان کارآیی کیفی نظام را نیز افزایش خواهد داد. جانزن و همکاران (Janzen *et al*., 2003) نیز معتقدند که ورود دانه‌های روغنی غیرتثبیت‌کننده نیتروژن مانند کلزا و آفتابگردان در تناوب با گندم می‌تواند، اثر مثبت و مفیدی بر عملکرد گندم داشته باشد. برای مثال بهبود عملکرد دانه گندم درتوالی پس از کلزا، دامنه‌ای بین ۲۴ تا ۳۰ درصد در مقایسه با شرایط تک کشتی گندم را به دنبال داشت.

براساس نتایج آزمایش‌های طولانی‌مدت لوپزبلیدو (Lopez-Bellido, 2001) عملکرد گندم در شرایط تک کشتی، اغلب کمتر از نظام‌های تناوبی است. نتایج میرآریچ و همکاران (Meyer-Aurich *et al*., 2009) نشان داد که عملکرد گندم بعد از سیب‌زمینی تغییر معنی‌داری نیافت اما بعد از ذرت کاهش داشت. شهبازیان وهمکاران (Shahbaziyan *et al*., 2007) وسانفورد و همکاران (Sanford *et al*., 1986) نیز مشاهده کردند که نوع گیاه پیش کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دارد و

تناوب گندم– گندم، ضعیف‌ترین نظام تناوبی مورد آزمایش بود. سارتوری و همکاران (Sartori *et al*., 2005) نیز بیان کردند که عملکرد گندم در کشت مداوم زمستانه ۳۰/۷ درصد کاهش یافت. چاندرا (Chandra, 1990) افزایش عملکرد و وزن خشک بخش‌های هوایی گندم کاشته شده را پس از کلزا، به دلیل افزایش معنی‌دار تعداد پنجه بارور (تعداد سنبله) در واحد سطح گزارش نمود.

سیبوتیس و همکاران (Seibatis *et al*., 2009) در بررسی تناوب‌های کلزا بهاره- جو بهاره- گندم زمستانه، گندم زمستانه- کلزای بهاره و کشت مداوم گندم زمستانه، گزارش کردند که بیشترین تعداد ساقه بارور، بیشترین ضریب باروری پنجه‌ها و بیشترین ارتفاع بوته از تناوب گندم- کلزا و کمترین آنها از کشت مداوم گندم حاصل شد. همچنین بیشترین تعداد دانه در سنبله نیز از تیمار گندم- کلزا بدست آمد.

زارع فیض‌آبادی وکوچکی (Zarea Feizabadi and Koocheki, 1999) نشان دادند که عملکرد دانه گندم در تناوب با چغندرقند و ذرت در مقایسه با کشت مداوم آن به ترتیب ۱۵ و ۴ درصد افزایش داشت. پوپوویسی و بوکوران (Popovici and Bucurean, 2009)، در بررسی تناوب‌های گندم- ذرت، گندم- ذرت- نخودفرنگی و کشت خالص گندم مشاهده کردند که قرار گرفتن ذرت در تناوب با گندم سبب افزایش حدود ۴۸ درصدی عملکرد گندم شد .

بسیاری از بیماری‌ها از جمله پاخوره، سپتوریوز، پوسیدگی طوقه و ریشه، در کشت مداوم گندم گسترش می‌یابد و عدم وجود نظام تناوب زراعی صحیح، ثبات تولید گندم را در تهدید خواهد کرد (Nourinia *et al*., 2007). استیونسون و ونکسل (Stevenson and Van Kessel, 1996) نیز بیان کردند عملکرد گندم بعد از نخود نسبت به کشت مداوم گندم ۴۳ درصد افزایش یافت و به عقیده ایشان بخش مهمی از سودمندی این تناوب به دلیل کاهش بیماری‌های گندم بوده است. معمولا معیارها و شاخص‌های زراعی متنوعی برای مقایسه تناوب‌ها در آزمایشات مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقایسه بین چند الگوی تناوب زراعی نشان داد که کشت ارزن – گندم کارایی استفاده از زمین کمتری نسبت به کشت سویا-گندم دارابود اما کارایی تولید آن بیشتر است (Tomar and Tiwar, 1990).

بدون شک در ایران نیز بررسی و بهینه‌سازی نظام‌های زراعی و حفظ پویایی و سلامت تولید از طریق یافتن تناوب‌های زراعی مناسب هر منطقه که علاوه بر افزایش تولید ، بر اساس حفظ منابع پایه بنا شده باشند از اهمیتی غیر قابل انکار برخوردار است. این تحقیق با اندیشه دستیابی به روش‌های افزایش عملکرد گندم در کشور با در نظر گرفتن حفظ منابع پایه تولید انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی پنج سال زراعی ۸۹- ۱۳۸۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه رخ خراسان رضوی واقع در فاصله ۷۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان تربت حیدریه و ۱۳۵ کیلومتری جنوب شرقی مشهد با مختصات ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی اجرا شد. خاک محل آزمایش با داشتن ۲۹/۷ درصد شن، ۵۳/۵ درصد سیلت و ۱۶/۸ درصد رس در کلاس بافت سیلتی- لوم جای دارد. در لایه صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش، وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۴۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب و pH آن ۸ بود. میزان نیتروژن کل خاک ۰/۰۵ درصد و مقادیر عناصر فسفر و پتاس قابل جذب خاک به ترتیب ۷/۷ و۱۳۸ قسمت در میلیون بود.

این تحقیق با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه‌رخ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل هشت نظام تناوب زراعی بود: ۱- کشت مداوم گندم، ۲- گندم- گندم- گندم- گندم-کلزا- گندم، ۳- گندم- چغندرقند- گندم- چغندرقند- گندم، ۴- گندم- سیب‌زمینی- گندم- سیب زمینی- گندم، ۵- گندم- سیب زمینی- گندم- کلزا- گندم، ۶- گندم- چغندرقند- گندم- سیب‌زمینی- گندم، ۷- گندم- ذرت- گندم- سیب‌زمینی- گندم و ۸ – گندم- ذرت- گندم- چغندرقند- گندم.

ابعاد هر کرت آزمایشی ۳۰×۲۰ متر (۶۰۰ متر مربع) بودکه محصولات مختلف بر روی پشته‌هایی با عرض ۶۵ سانتیمتر کشت شدند. بین هر دو کرت آزمایشی نیز دو متر و بین بلوک‌ها پنج متر فاصله در نظر گرفته شد. به منظور رسیدن به تراکم مورد نظر برای هر محصول، تعداد ردیف‌های مناسب درروی هر پشته مشخص شد (برای محصولات گندم و کلزا سه ردیف و برای محصولات ذرت، چغندرقند و سیب‌زمینی یک ردیف) و کشت بر روی این ردیف‌ها و با فواصل مناسب بین بوته‌ها انجام شد.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر بود. جهت کنترل علف‌های هرز گندم، از مخلوط علف‌کش‌های گرانستار و تاپیک به میزان یک لیتر علف‌کش تاپیک و ۲۵ گرم علف‌کش گرانستار در هکتار و برای محصول کلزا از علف‌کش گالانت به میزان ۲ لیتر در هکتار استفاده شد. برای چغندرقند، سیب‌زمینی و ذرت نیز، از وجین دستی جهت کنترل علف‌های هرز استفاده شد و برای کنترل آفاتی از قبیل زنجره؛کارادرینا، شته و ... نیز از حشره‌کش‌های دیازینون، متاسیستوکس و طعمه مسموم به ترتیب به میزان ۲ و۱ لیتر و ۲۰ کیلوگرم درهکتار استفاده گردید. مقدار و زمان مصرف کودهای شیمیایی، برای هر کدام از محصولات باتوجه به نوع محصول و تجزیه خاک و بر اساس توصیه آزمایشگاه آب و

خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی انجام شد.

لاین‌ها و ارقام گندم، کلزا، سیب‌زمینی، چغندرقند و ذرت مورد کشت به ترتیب لاین C-81-4 و ارقام مودنا، سانته، رایزوفورت و دبل کراس ۳۷۰ بود. یادداشت‌برداری‌ها و اندازه‌گیری‌های در طول فصل رشد برای هر محصول شامل: درصد سبز، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد برابر استانداردهای مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند در زمان مناسب برای محصولات گندم، کلزا، چغندرقند، سیب‌زمینی و ذرت به صورت جداگانه انجام شد. محاسبه تعدادی از شاخص‌های پایداری بر اساس یاداشت‌برداری‌های مزرعه‌ای و مصرف نهاده‌ها بشرح ذیل انجام گرفت:

طول دوره تناوب= مجموع تعداد روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب (Jones and Popham, 1997).

کارایی استفاده از زمین= مجموع تعداد روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب تقسیم بر کل روزهای دوره تناوب زراعی (پنج سال) (Tomar and Tiwar, 1990).

کارآیی تولید= مجموع تولید گیاهان در تناوب تقسیم بر مجموع تعداد روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب زراعی (Tomar and Tiwar, 1990).

بهره‌وری آب= مجموع تولیدی گیاهان در تناوب تقسیم بر حجم آب مصرفی در هر تناوب زراعی (Peterson *et al*., 1993; Jones and Popham, 1997).

بهره‌وری انرژی= مجموع انرژی تولیدی گیاهان در تناوب تقسیم بر انرژی مصرفی در هر تناوب زراعی (Alam *et al*., 2005; Ghorbani *et al*., 2011).

بهره‌وری اقتصادی= مجموع درآمد تولیدی گیاهان در تناوب تقسیم بر هزینه‌ها در هر تناوب زراعی (Alam *et al*., 2005; Ghorbani *et al*., 2011).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم‌افزار Mstat-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها برای هر صفت با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری ۱٪ و ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد اقتصادی محصولات مختلف در تناوب‌های زراعی در طی پنج سال اجرای آزمایش در جدول ۱، ارائه شده است. نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد دانه گندم در سال پنجم با مقدار ۷۸۵۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به پیش کشت کلزا (تناوب زراعی ۲)، چغندرقند با ۸۶۸۵۰ کیلوگرم در هکتار غده و محصول ذرت علوفه‌ای با مقدار ۵۵۲۹۸ کیلوگرم در هکتار در سال دوم، سیب‌زمینی با ۲۶۷۲۰ کیلوگرم در هکتار غده و کلزا با عملکرد دانه ۳۶۸۱ کیلوگرم در هکتار

جدول ۱- عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) محصولات تناوب های زراعی مختلف در طی پنج سال (۸۹-۱۳۸۴)

Table 1. Economic yield (kg ha^{-1}) of crops in different crop rotations during five years (2005-10)

ردیف No.	تناوب زراعی Crop rotation	سال اول 1st year	سال دوم 2nd year	سال سوم 3rd year	سال چهارم 4th year	سال پنجم 5th year
1	WWWWW	4505	5977	3386.7	5607	5754.3d
2	WWWRW	3720	5875	3698.3	3681	7855.0a
3	WSWSW	3225	86850	4608.3	58269	7034.0bc
4	WPWPW	4325	23064	4546.7	25700	7808.0a
5	WPWRW	4337	24021	5800.0	3525	7701.0ab
6	WSWPW	4575	81944	3838.3	25510	6942.0c
7	WMWPW	4350	55298	4438.3	26720	7677.0ab
8	WMWSW	4225	49010	3908.3	72115	7405.0abc

میانگین‌هایی، در ستون آخر،که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly diffrent at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

W(Wheat) = گندم، R(Rapeseed) = کلزا، S(Sugar beet) = چغندر قند، P(Potato) = سیب زمینی و M(Maize) = ذرت علوفه‌ای

در سال چهارم تولید شد (جدول ۱).

با توجه به محصولات قرار گرفته در تناوب‌های زراعی مختلف و نتایج بدست آمده، عملکرد چغندرقند در تناوب با گندم دارای میانگین معادل ۸۴/۴ تن در هکتاربود که این عملکرد نسبت به میانگین منطقه، استان و کشور برتری قابل ملاحظه‌ای دارد. عملکرد بقیه محصولات از جمله گندم، ذرت علوفه‌ای و سیب‌زمینی، در حد میانگین منطقه بود. میانگین عملکرد دانه کلزا در تناوب‌های زراعی ۲ و ۵ به مقدار ۳۶۰۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱). عملکرد غده چغندرقند در شرایط تناوب زراعی چغندرقند- گندم- چغندر قند، به مقدار ۵۸۲۶۹ و در شرایط تناوب ذرت- گندم- چغندر قند به مقدار ۷۲۱۱۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول ۱).

میانگین عملکرد سیب‌زمینی در تناوب‌های ۴، ۶ و۷ به مقدار ۲۲۰۴۹ کیلوگرم در هکتار بود. میزان عملکرد غده سیب‌زمینی نیز همانند چغندرقند در شرایط تناوبی محصولات مختلف نسبت به کشت گندم- سیب‌زمینی افزایش داشت. به طوری که عملکرد غده سیب‌زمینی در شرایط پیش کاشت چغندرقند و ذرت به ترتیب ۱۵ و ۱۱ درصد نسبت به کشت سیب‌زمینی- گندم بیشتر بود (جدول ۱). این افزایش عملکرد در شرایط تناوب زراعی مطلوب همانند گندم ناشی از برتری تاثیر ترتیب تناوب زراعی مناسب بر خصوصیات خاک، کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و ... می‌باشد.

افزایش تنوع در تناوب زراعی ازطریق کاشت گیاهان متنوع می‌تواند آثار مثبت تناوب

در کارآیی تولید را نسبت به کشت‌های مضاعف بهبود بخشد. درتائید این موضوع مطالعات انجام شده توسط آندرسون (Anderson, 2008) درکمربند ذرت آمریکا نشان داد که عملکرد ذرت درتناوب گندم- ذرت- سویا، درمقایسه با ذرت- سویا ۴۰٪ بیشتر بود، که این موضوع احتمالا ناشی از آن است که گندم زمستانه توانست ساختمان خاک را بهبود بخشیده و همچنین درکنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها موثر باشد.

مقایسه میانگین عملکرد دانه گندم سال آخر (سال پنجم) نشان داد کلیه تیمارهای تناوب زراعی از برتری معنی‌داری نسبت به کشت مداوم گندم بر خوردار بودند و عملکرد تک کشتی گندم، کمتر از عملکرد گندم در شرایط تناوبی آن بود، به طوری که عملکرد دانه گندم سال آخر در تناوب‌های زراعی۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ در منطقه سرد جلگه رخ به ترتیب ۳۷، ۲۲، ۳۶، ۳۴، ۲۱، ۳۳ و ۲۹ درصد افزایش در مقایسه با کشت مداوم گندم داشت (جدول ۱). این نتایج مبنی بر تاثیر مثبت و معنی‌دار تناوب زراعی بر عملکرد گندم و برتری ترتیب مناسب محصولات در تناوب زراعی نسبت به کشت مداوم گندم توسط برخی محققان دیگر نیز گزارش شده است (Nourinia *et al*., 2007; Zarea Feizabadi and Koocheki, 1999; Lopez-Bellido, 2001).

آندرسون (Anderson, 2008) نیز گزارش نموده است گیاه پیش کاشت گندم تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد گندم داشت. نتایج بسیاری از مطالعات نشان داده است که بکارگیری تناوب زراعی مناسب تأثیر بسزایی بر رشد و عملکرد گیاه بعدی دارد (Hadadchi and Gerivani, 2009; Jalili *et al*., 2007). نتایج این پژوهش نیز نشان داد که کاشت گندم قبل از گندم و به صورت مداوم پایین‌ترین عملکرد گندم را داشت و کاشت گندم در تناوب با سایر گیاهان زراعی منجر به افزایش عملکرد دانه گندم گردید.

کاشت کلزا به عنوان گیاه پیش کاشت گندم بدلیل بهبود شرایط رشدی از جمله کاهش جمعیت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و در نتیجه کاهش خسارت آنها تحت تأثیر خاصیت آللوپاتیک این گیاه زراعی، بیشترین تأثیر را بر خصوصیات رشدی و زایشی گندم داشت. به طوریکه بیشترین عملکرد دانه گندم برای پیش کاشت کلزا در تناوب زراعی ۲ به مقدار ۷۸۵۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه نیز در کشت ممتد گندم به مقدار ۵۷۵۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۱). محصولات سیب‌زمینی و چغندر قند نیز در تناوب با گندم بدلیل استفاده بیشتر از منابع موجود در خاک و خصوصیات رشدی به ویژه اندام‌های زیرزمینی توانستند بستر بهتری را برای رشد گندم فراهم آورند.

عملکرد ماده خشک اقتصادی (دانه، غده و علوفه) محصولات و جمع آن در طی پنج سال برای هر تناوب زراعی در جدول ۲ ارائه شده

جدول ۲- عملکرد ماده خشک اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) تناوب‌های زراعی مختلف در طی پنج سال (۸۹-۱۳۸۴)

Table 2. Economic dry matter yield kg ha^{-1} of different crop rotations during five years (2005-10)

ردیف No.	تناوب زراعی Crop rotation	سال اول 1^{st} year	سال دوم 2^{nd} year	سال سوم 3^{rd} year	سال چهارم 4^{th} year	سال پنجم 5^{th} year	جمع پنج سال Total
1	WWWWW	3964.4	5259.8	2980.3	4934.2	5063.8	22202.5
2	WWWRW	3273.6	5170.0	3254.5	3312.9	6912.4	21923.4
3	WSWSW	2838.0	13245.0	4055.3	8886.3	6189.9	35214.5
4	WPWPW	3801.8	5218.7	4001.1	5815.2	6871.0	25707.5
5	WPWRW	3816.6	5393.3	5104.0	3172.5	6776.9	24263.4
6	WSWPW	4026.0	12857.0	3377.7	5772.2	6109.0	32141.9
7	WMWPW	3960.0	14352.0	3905.7	5944.2	6755.7	34917.7
8	WMWSW	3718.0	13770.0	3439.3	11314.8	6516.4	38758.5

W(Wheat) = گندم، R(Rapeseed) = کلزا، S(Sugar beet) = چغندر قند، P(Potato) = سیب زمینی و M(Maize) = ذرت علوفه‌ای

است. نتایج نشان می‌دهد که در بین محصولات مختلف با توجه به خصوصیات رشدی، زراعی و همچنین پتانسیل تولید هرمحصول، بیشترین عملکرد ماده خشک اقتصادی مربوط به محصولات ذرت علوفه‌ای و چغندرقند بود. تناوب‌های زراعی ۳، ۶، ۷ و ۸ که بیشترین عملکرد ماده خشک اقتصادی را به ترتیب با مقادیر ۳۸۷۵۸، ۳۵۲۱۴، ۳۴۹۱۷ و ۳۲۱۴۲ کیلوگرم در هکتار داشتند، تناوب‌هایی‌هستند که بیشتر محصولات تناوبی آنها همین دو محصول (ذرت علوفه‌ای و چغندرقند) بود (جدول ۲). برای نمونه در این تناوب‌ها، گیاه زراعی کلزا هرچند که اثر کمتری نسبت به دیگر تناوب‌ها در کل تولید دوره تناوب داشت اما حضور کلزا به عنوان پیش کاشت موجب شد که عملکرد گندم در تناوب گندم- کلزا بیشتر از شرایط تک‌کشتی گندم و حتی دیگر تناوب‌های زراعی باشد و می تواند به عنوان یکی از بهترین گیاهان تناوبی در افزایش و پایداری عملکرد گندم در این مناطق باشد. هرچند که گیاهان گندم و ذرت به لحاظ گیاه شناسی و خصوصیات زراعی شباهت‌هایی دارند ولی کشت ذرت در تناوب نیز اثر مثبت از جمله افزایش عملکرد ماده خشک و دانه گندم را داشت (جداول ۱ و ۲). بخشی از این بهبود به پویایی بهتر جوامع بیولوژیک خاک نسبت داده شده که نقش موثری در بروز پدیده اثر تناوب ایفا می‌کنند (Anderson, 2008). اثر ترتیب قرار گرفتن گیاهان در تناوب نیز نکته جالب توجه دیگری بود.

نتایج این تحقیق و اطلاعات فراوانی که تاکنون از نتایج پژوهش‌های مختلف ارایه شده است، همگی برتاثیر تناوب صحه گذارده اما توصیف این آثار قدری متفاوت است (Hadadchi and Gerivani, 2009; Jalili *et al*., 2007).

شـاید یـک دلیـل آن وجـود اثـر متقابـل گوناگونی باشد که تحت تاثیر عوامل متعـدد بـه صـورت تفـاوت‌هـای بیولوژیـک، فیزیکـی و شیمیایی و بـه شـکل مثبـت یـا منفـی وارد عمـل می‌شوند.

در رابطه با وضعیت غـلات در یـک الگـوی تناوبی، بهتر است گیاهان غـلات بـا دو گـروه از گیاهان زراعی کاشته شوند. اول گیاهان بقولات به دلیل تثبیت بیولوژیک نیتروژن و دوم گیاهـان موسوم به گیاهان قطع‌کننده همچون سیب‌زمینی، چغندرقند و کلزا کـه حتـی حـضور یـک یـا دو سـاله آنـان پـس از یـک دوره طـولانی کاشـت غلات، اثر مفید زیادی از خود نشان خواهد داد. این گیاهـان (چغندرقنـد وکلـزا) اگرچـه بقایـای گیاهی زیادی به خاک اضـافه نمـی‌کننـد امـا بـه خاطر ریشه‌های عمیق، تلفـات عناصـر غـذایی را از خاک کـاهش داده و همچنـین شـیوع برخـی بیمـاری‌هـای شـایع در کـشت مـداوم غـلات همچـون پـاخوره غـلات، لکـه چـشمی و نماتـد سیستی را کاهش خواهند داد.

واقعیت این است که شرایط اقلیمی همچـون بارندگی، ارتفـاع، طـول دوره رشـد و تاریخچـه زراعی از عوامل مهم و تعیین‌کننـده نـوع تنـاوب مطلـوب هـر منطقـه مـی‌باشـد. پوپوویـسی و بوکـوران (Popovici and Bucurean, 2009) در بررسـی تنـاوب‌هـای گنـدم- ذرت، گنـدم- ذرت- نخـود فرنگـی و کـشت خـالص گنـدم مشاهده کردند که قرار گـرفتن ذرت در تنـاوب بـا گنـدم سـبب افـزایش حـدود ۴۸ درصـدی عملکرد گندم شد. به نظر این محققان مـشکلات کمتر علـف‌هـای هـرز و آفـات و بیمـاری‌هـا در نظـام‌هـای کـشت تنـاوبی و نیـز بهبـود وضـعیت میکروارگانیزم‌های خـاک و تـاثیر مثبـت آن بـر شـرایط رشـد ریـشه از جملـه مهمتـرین دلایـل افزایش عملکرد گندم در نظام‌های کشت تناوبی مـی‌باشـد. در تنـاوب ذرت- گنـدم موجـودی نیتروژن و فسفر خاک کاهش مـی‌یابـد، بنـابراین در استفاده از این تناوب‌ها بایـد بـه حاصـلخیزی خاک توجه داشت.

علاوه بر تفاوت‌های فیزیولوژیـک کـه بـرای گیاهان مختلف نسبت به نظام‌های تناوب زراعی بیان گردید، یک رابطه قوی بین تنـاوب، محـیط و تعـداد سـال‌هـای تـک کـشتی و تنـاوب نیـز مـشاهده مـی‌شـود. در بـسیاری از منـابع علمـی دیـده شـده اسـت کـه دانـشمندان اثـر تنـاوب زراعـــی را یـــک پدیـــده یکـــسان و ثابـــت جهانی ندانسته، بلکه ازآن بـه عنـوان پدیـده‌ایـی متغیـر نـام مـی‌برنـد (Lopez-Bellido, 2001; Aynehband, 2005).

بنـابراین انتظـار مـی‌رود بـا انتخـاب مناسـب عوامل زراعی- غیر زراعی در یک نظـام تنـاوبی (گیاه- سال) اثر تناوب بـه صـورت مثبـت بـروز کـرده یـا آثـار نـامطلوب قبلـی را کـاهش دهـد (Krookston *et al*., 1991). البته گزارش‌هـایی حاکی از مشاهده نتایج غیر قابـل انتظـار، وجـود دارد. نتـــایج میـــرآریچ و همکـــاران (Meyer-Aurich *et al*., 2009) نـشان داد کـه عملکـرد گنـدم بعـد از سـیب‌زمینـی تغییـر

معنی‌داری نیافت اما بعد از ذرت کاهش داشت. بنابراین تحت شرایط متفاوت است که در بعضی مواقع اثر تناوب خیلی مثبت و در بعضی دیگر تقریباً بدون تاثیر ظهور می‌یابد.

بایستی پذیرفت که دانسته‌های ما در این خصوص کمتر از ندانسته‌های ما است. شرایط محیطی احتمالاً نقش موثری در بروز تفاوت در عملکرد دانه گندم در شرایط تک کشتی و تناوبی در سال‌های مختلف این آزمایش داشت بطور مثال: میزان بارش در سال اول و سوم به ترتیب ۳۵٪ و۵۷٪ کمتر از میانگین دوره آماری و در دیگر سال‌ها اجرای آزمایش کمی بیشتر از دوره آماری بود. به طوری که شرایط آب و هوایی خاص بوجود آمده در سال سوم آزمایش عامل موثری در کاهش میانگین عملکرد دانه گندم آن سال بود و در شرایط مطلوب محیطی (سال آخر) اختلاف عملکرد دانه گندم بین نظام‌های تک کشتی و تناوبی زیاد شد ولی در همین شرایط مطلوب اختلاف عملکرد دانه گندم بین تناوب‌های زراعی مختلف کمتربود (جداول ۱ و ۲).

کمترین عملکرد دانه، شاخص تناوب و بهره‌وری آب گندم در کشت متوالی گندم مشاهده شد (جداول ۱ و ۳). کلزا و سیب‌زمینی به عنوان محصول پیش کاشت نسبت به سایر محصولات مورد آزمایش اثر مثبت بیشتری بر عملکرد گندم داشتند. به طوری که نظام‌های تناوب زراعی ۲ و ۴، بیشترین شاخص تناوب (به ترتیب ۱/۳۷ و ۱/۳۶) و بهره‌وری آب (۱/۹۲ و ۱/۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب) گندم را داشتند. کشت ممتد گندم از بیشترین وزن تر و خشک علف هرزبه ترتیب با مقدار ۱۹۳/۷ و ۷۶/۸ گرم در متر مربع در بین تیمارهای تناوبی برخودار بود که می‌تواند یکی از علت‌های کاهش عملکرد گندم در کشت متوالی باشد (جدول ۳). افزایش ۲۱ تا ۳۷ درصدی شاخص تناوب (لازم به ذکر است که شاخص اثر تناوب از اختلاف عملکرد گندم در شرایط تناوبی با تک کشتی حاصل می‌شود) و بهره‌وری آب گندم و از طرفی کاهش ۵۱ تا ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌های هرز تناوب‌های زراعی مختلف نسبت به کشت مداوم گندم نشان از تاثیر مثبت رعایت کشت‌های تناوبی مناسب دارد (جدول ۳).

با بررسی ویژگی‌های نظام های تک کشتی و تناوبی و مقایسه بین آنان مشهود است که در یک نظام تک کشتی ساختار اجزای نظام زراعی ضعیف و در بسیاری موارد فاقد روابط تکمیلی بوده و ساده‌سازی نظام علاوه بر عدم چرخه‌ای کردن پویایی نهاده‌های اصلی، منجر به ناپایداری عملکرد و مستعد شدن آن برای غلبه علف‌های هرز، آفات و امراض نیز خواهد شد.

نتایج نشان داد که در بین محصولات مختلف با توجه به ویژگی‌های رشد، زراعی و پتانسیل تولید هرمحصول، بیشترین طول دوره تناوب (۱۲۵۸ روز) و کارایی استفاده از زمین (۶۸/۹ درصد) و از طرفی کمترین کارایی تولید (۱۷/۴۳ کیلوگرم در هکتار در روز) را تناوب

جدول۳- مقایسه شاخص تناوب، بهره‌وری آب و خصوصیات مرتبط با علف‌های هرز گندم در سال آخر در تناوب‌های زراعی مختلف

Table 3. Comparison of rotation index, water productivity and traits related to weeds for wheat in the final year of different crop rotations

ردیف	تناوب زراعی	شاخص تناوب	بهره وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	تعداد علف هرز (درمتر مربع)	وزن تر علف هرز (گرم بر متر مربع)	وزن خشک علف هرز (گرم بر متر مربع)
No.	Crop rotation	Rotation index	Water productivity ($kg\ m^{-3}$)	Weed number (m^{-2})	Fresh weight of weed ($g\ m^{-2}$)	Dry matter ($g\ m^{-2}$)
1	WWWWW	1.00	1.40	102.4bcd	193.7a	76.8a
2	WWWRW	1.37	1.92	81.2cd	55.2e	14.8de
3	WSWSW	1.22	1.77	71.6d	116.7c	28.4bc
4	WPWPW	1.36	1.90	95.6bcd	70.2de	17.3cde
5	WPWRW	1.34	1.88	113.2bc	24.2f	7.4e
6	WSWPW	1.21	1.69	132.8abc	155.9b	37.8b
7	WMWSW	1.33	1.87	154.4a	108.7c	26.7bcd
8	WMWSW	1.29	1.81	106.0bcd	98.2cd	22.6cd

میانگین‌هایی، در هر ستون،که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال آماری پنج درصد ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly diffrent at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

(Wheat) = گندم، R(Rapeseed) = کلزا، S(Sugar beet) = چغندر قند، P(Potato) = سیب‌زمینی و M(Maize) = ذرت علوفه‌ای

جدول ۴- عملکرد ماده خشک، بهره‌وری اقتصادی، انرژی و آب، کارآیی استفاده از زمین، طول دوره تناوب برای تناوب‌های زراعی مختلف در پنج سال ۸۹-۱۳۸۴

Table 4. Dry matter yield, economic, energy and water productivity, land use efficiency and rotation duration for different crop rotation systems in five years (2005-10)

ردیف	تناوب زراعی	بهره‌وری اقتصادی	بهره‌وری انرژی	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	کارایی تولید (کیلوگرم برهکتاردر روز)	کارایی استفاده از زمین (درصد)	طول دوره تناوب (روز)	عملکرد ماده خشک کل تناوب
No.	Crop rotation	Economic productivity	Energy productivity	Water productivity ($kg\ m^{-3}$)	Production efficiency ($kg\ ha^{-1}day^{-1}$)	Land use efficiency (%)	Rotation duration (day)	Total dry matter in rotation ($kg\ ha^{-1}$)
1	WWWWW	2.56	1.60	1.18	17.71	68.7	1254	22202.5
2	WWWRW	2.78	1.70	1.13	17.43	68.9	1258	21923.4
3	WSWSW	2.67	2.40	1.34	34.63	55.7	1017	35214.5
4	WPWPW	2.61	1.61	1.04	26.26	53.6	979	25707.5
5	WPWRW	2.82	1.70	1.08	21.36	62.3	1136	24263.4
6	WSWPW	3.14	2.10	1.27	32.21	54.7	998	32141.9
7	WMWSW	3.24	2.50	1.44	36.72	52.1	951	34917.7
8	WMWSW	3.16	2.90	1.53	39.96	53.2	970	38758.5

(Wheat) = گندم، R(Rapeseed) = کلزا، S(Sugar beet) = چغندر قند، P(Potato) = سیب‌زمینی و M(Maize) = ذرت علوفه‌ای

زراعی ۲ داشت (جدول ۴)، حال آنکه تناوب زراعی۷ کمترین طول دوره تناوب (۹۵۱ روز) و کارایی استفاده از زمین (۵۲/۱ درصد) و از طرفی بیشترین کارایی تولید

(۳۶/۷۲ و ۳۹/۹۶ کیلوگرم بر هکتار در روز)، بهره‌وری اقتصادی (۳/۲۴) را داشت (جدول ۴). به نظر می‌آید با توجه به کارایی تولید و بهره‌وری انرژی، اقتصادی و آب تناوب گندم با سیب‌زمینی، چغندرقند و حتی ذرت علوفه‌ای مناسب‌تر باشد. کاشت کلزا نیز به عنوان گیاه پیش کاشت گندم، نیز نتایج مطلوبی در بر خواهد داشت.

با اینکه بهره‌وری زراعی و سودمندی اقتصادی آن دسته از نظام‌های تناوبی که دارای سهم بالایی از غلات می‌باشند بیشتر است ولی محققان بر حضور حبوبات و دانه‌های روغنی در تناوب با گیاهان غلات برای ارتقاء حاصلخیزی خاک و کیفیت محصولات حاضر در تناوب نیز تاکید دارند (Dixon *et al*., 2006; Janzen *et al*., 2003).

در مجموع می‌توان گفت که عوامل گوناگونی بر عملکرد گندم در نظام تناوب زراعی موثر می‌باشند ولی مشکلاتی نیز وجود دارد. برخی از این مشکلات که عمدتاً محدود به فواصل زمانی بین برداشت چغندرقند و سیب‌زمینی و کاشت گندم می‌باشند، شامل نگرانی از تاخیر در کاشت به موقع گندم (پس از برداشت چغندرقند و سیب‌زمینی) و شرایط خاک است. طبیعی است که تاخیر در استقرار گیاه چغندر قند و سیب‌زمینی در تناوب باعث بروز برخی مشکلات همچون طولانی شدن دوره رشد و حضور گیاه زراعی قبلی به دلیل شرایط نامطلوب آب و هوایی می‌شود. از سوی دیگر استفاده از ارقام با طول دوره رشد زیاد افزایش مدت زمان آماده‌سازی زمین پس از برداشت چغندرقند و سیب زمینی را جهت کاشت گندم به همراه شروع باران‌های فصلی در پی خواهد داشت. بنابراین برداشت دیر هنگام چغندرقند در تناوب زراعی و کاشت گندم، و همچنین کشت زودهنگام چغندر قند و برخورد آبیاری‌های آخر گندم با چغندرقند و سیب‌زمینی که در نهایت عامل کاهش عملکرد گندم در این تناوب‌های زراعی می باشند. بنابراین ضرورت دارد که در این زمینه و اصلاح و معرفی ارقام سازگار و مناسب این محصولات زراعی در مناطق سرد بررسی بیشتری انجام پذیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد افزایش تنوع محصول و رعایت تناوب زراعی نقش اساسی در افزایش عملکرد دانه در سال آخر گندم داشت. کلیه تیمارهای تناوبی از عملکرد دانه بالاتر و معنی‌دار نسبت به کشت متوالی گندم در سال آخر گندم برخوردار بودند. افزایش ۲۱ تا ۳۷ درصدی عملکرد دانه، شاخص تناوب و بهره‌وری آب گندم و از طرفی کاهش ۵۱ تا ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌های هرزتناوب‌های زراعی نسبت به کشت مداوم گندم حاکی از تاثیر مثبت اعمال تناوب های زراعی مناسب دارد.کلزا و سیب‌زمینی به عنوان محصول پیش کاشت نسبت به سایر محصولات تاثیر مثبت

بیشتری بر عملکرد گندم نشان داد.

میانگین بهره‌وری آب ماده خشک اقتصادی محصولات ذرت علوفه‌ای ۲/۳۳، چغندرقند ۱/۶۰، سیب‌زمینی۰/۸۷، کلزا ۰/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب و میانگین بهره‌وری آب ماده خشک اقتصادی گندم در سال اول ۰/۸۷، سال سوم ۱/۰۹ و سال پنجم۱/۵۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود. کمترین طول دوره تناوب و کارایی استفاده از زمین و از طرفی بیشترین کارایی تولید، بهره‌وری انرژی، اقتصادی و آب را تناوب‌های زراعی ۷ داشت. با توجه به بهره‌وری بالاتر انرژی، اقتصادی و آب، پیشنهاد می‌شود گندم در تناوب با ذرت علوفه‌ای و سیب‌زمینی یا چغندرقند قرار گیرد و کلزا نیز به عنوان گیاه پیش کاشت گندم مناسب است.

References

Alam, M. S., Alam, M. R., and Islam, K. K. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American Journal of Environmental Sciences 1: 213–220.

Anderson, R. I. 2008. Growth and yield of winter wheat as affected by preceding crop and crop management. Agronomy Journal 100: 977-980.

Aynehband, A. 2005. Crop rotation. Jihad-e- Daneshgahi Publication of Mashhad. Mashhad Iran. 407 pp. (In Persian).

Chandra, G. 1990. Fundamentals of agronomy. Oxford & IBH Publishing. 293 pp.

Dixon, J., Nally, L., Aquino, P., Kosina, P., la Rovere, R., and Hellin, J. 2006. Centenary review: Adoption and economic impact of improved wheat varieties in developing countries. Journal of Agricultural Science 144: 489-502.

Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teymouri, M. S., Sanjani, S., Anvarkhah, S., and Aghel, H. 2011. Energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems in North Khorasan province of Iran. Applied Energy 88: 283-288.

Haddadchi, G. R., and Gerivani, Z. 2009. Effects of phenolic extracts of canola (*Brassica napus* L.) on germination and physiological responses of soybean (*Glycine max* L.) seedlings. International Journal of Plant Production 3(1): 63-74.

Jalili, A., Abbassi, F., and Bazubandi, M. 2007. Allelopathic influence of canola

(*Brassica napus* L. *cv.* PF) on germination of five weeds of canola fields. International Workshop on Allelopathy. Current Trends and Future Applications. Faisalabad, Pakistan.

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. Nutrient Cycling in Agroecosystems 67: 85-102.

Jones, O. R., and T. Popham. 1997. Cropping and tillage systems for dryland grain production. Agronomy Journal 89: 222-232.

Koocheki, A., Nasiri Mohalati, M., Zarea Feizabadi, A., and Jahanbin, G. 2004. Evaluation of variability in different cropping systems of Iran. Pajouhesh-va-Sazandegi 63: 70-81. (In Persian).

Krookston, R., Kurle, J., Copeland, P., Fond, J., and Lueschen, W. 1991. Potential cropping sequence affects yield of corn and soybean. Agronomy Journal 83: 108-113.

Lopez-Bellido, R. J., and Lopez-Bellido, L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: Effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crops Research 71: 31-64.

Meyer-Aurich, A., Gandorfer, M., Gerl, G., and Kainz, M. 2009. Tillage and fertilizer effects on yield, profitability, and risk in a corn-wheat-potato-wheatrotation. Agronomy Journal 101: 1538- 1547.

Nourinia, A. A., Salehi, M., Faghani, A., Gorzin, R., Nazari, A., and Karimi, A. 2007. Effect of rotation systems on some growth parameters, variability index and yield of wheat in climatic conditions of Gorgan, Pp. 2421-2429. In: Proceedings of the Second National Ecological Agriculture in Iran. Golestan, Gorgan. (In Persian).

Peterson, G., West Fall, D., and Cole C. 1993. Agroecosystem approach to soil and crop management research. Soil Science Society of American Journal 57: 1354-1360.

Popovici, M., and Bucurean, E. 2009. The influence of crop rotation over the yield and the quality of the seeds for the Dropia autumn wheat cultivar. Research Journal of Agricultural Science 41 (1): 99-102.

Sanford, J., Eddleman, B., and Hariston, Y. 1986. Evaluating ten cropping

alternative for the mid-south. Agronomy Journal 78: 875-880.

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-Eeast Italy. Biosystem Engineering 91: 245–256.

Seibutis, W., Deveikytė, I., and Feiza, V. 2009. Effects of short crop rotation and soil tillage on winter wheat development in central Lithuania. Agronomy Research 7: 471–476.

Shahbazian, N., Allahdady, A., and Iran Nejad, H. 2007. Response of winter wheat yield to perevious cropping and application of manure in Qazvin area. Journal of Agricultural Science 13(1): 125-135.

Stevenson, F. C., and C. Van Kessel. **1996.** The nitrogen and non-nitrogen rotation benefits of pea to succeeding crop. Canadian Journal of Plant Science 76:735-745.

Tomar, S., and A. Tiwar. 1990. Production potential and economics of different crop sequences. Indian Journal Agronomy 32: 30-35.

Zarea Feizabadi, A., and Koocheki, A. 1999. Evaluation of yield and yield components of two wheat cultivars, cv. Alamout and Bezostaya in conventional and ecologic cropping systems and different rotations. Iranian Journal of Crop Sciences 1(3): 55-63. (In Persian).