

مجله بهزراعی نهال و بذر  
جلد ۲-۳۰، شماره ۱، سال ۱۳۹۳

بررسی عملکرد و تحلیل اقتصادی نظام‌های تناوب زراعی مبتنی بر گندم

## Investigation of Yield and Economic Analysis of Wheat- Based Crop Rotation Systems

شجاعت زارع<sup>۱</sup>، احمد زارع فیض آبادی<sup>۲</sup> و محمود صبوحي<sup>۳</sup>

۱ و ۲- به ترتیب مربی و دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد  
۳- دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۸

### چکیده

زارع، ش.، زارع فیض آبادی، ا. و صبوحي، م. ۱۳۹۳. بررسی عملکرد و تحلیل اقتصادی نظام‌های تناوب زراعی مبتنی بر گندم. مجله بهزراعی نهال و بذر ۲-۳۰(۱): ۱۹-۳۳.

به منظور بررسی تاثیر نظام‌های تناوب زراعی بر عملکرد گندم و تعیین ارزش اقتصادی تناوب‌های زراعی، هشت تیمار تناوبی که طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ در منطقه جلگه رخ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد، با استفاده از روش بودجه‌بندی جزئی و تحلیل نهایی مورد ارزیابی اقتصادی قرار گرفت. این تیمارها شامل هشت نظام تناوب زراعی ۱- کشت مداوم گندم، ۲- گندم- گندم- گندم- کلزا- گندم، ۳- گندم- چغندر قند- 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- کلزا- سیب زمینی- گندم، ۸- گندم- ذرت علوفه ای- گندم- چغندر قند- گندم، بود. نتایج نشان داد که نوع محصول زراعی و گیاه پیش کاشت در تناوب زراعی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم سال آخر (سال پنجم) دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه گندم کلیه تیمارهای تناوبی افزایش معنی‌داری (بین ۲۱ تا ۳۷ درصد) نسبت به کشت متوالی گندم داشت. تناوب زراعی ششم (گندم- چغندر قند- گندم- سیب زمینی- گندم)، از نظر اقتصادی با نرخ بازده نسبی ۹۰ درصد و درآمد خالص ۱۱۲/۹۹ میلیون ریال در هکتار، بالاترین نرخ بازده و سود را داشت و تیمار سوم (گندم- چغندر قند- گندم- چغندر قند- گندم)، با درآمد خالص ۱۰۴ میلیون ریال پس از آن قرار گرفت. اگر چه تغییر قیمت باعث تغییر تیمار مطلوب شد، اما تیمارهای مورد مطالعه در برابر تغییر قیمت‌ها دارای جایگزین‌های اقتصادی بوده و مدیر مزرعه با گزینه‌های انعطاف‌پذیری روبرو است.

واژه‌های کلیدی: نظام زراعی، ارزیابی اقتصادی، بودجه‌بندی جزئی، درآمد خالص.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: [shojaat\\_z@yahoo.com](mailto:shojaat_z@yahoo.com)

## مقدمه

شده تا ابعاد اقتصادی رعایت تناوب‌های زراعی نیز مورد توجه باشد. در این رابطه، تسای و همکاران (Tsai *et al.*, 1987) با استفاده از مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی شبکه، ترکیب بهینه کشت محصول را در فلوریدا تعیین کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که برای مزارع دیم، گندم زمستانه و یکی از گیاهان سویا، ذرت و یا بادام زمینی سودآورترین ترکیب کشت است که ترکیب گندم-بادام زمینی بهترین بود. در سیستم آبی، وجود بادام زمینی ضروری بوده و سیستم گندم-ذرت از نظر اقتصادی توصیه نمی‌شود. بلکه ذرت-سویا بهتر است. در مطالعه دیگری هنسن و کراس (Hansen and Krause, 1989) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی چند زمانه تناوب زراعی بهینه برای مزارع جنوب استرالیا را با توجه به نسبت غلات به علوفه تعیین کردند. با توجه به نتایج تجربی که بیانگر ارتباط پیچیده بین زراعت و دامداری منطقه است، مدل یک مجموعه از الگوهای متفاوت و ممکن را با توجه به قیمت‌ها و عملکردهای مختلف به دست آورد که حد بهینه آن نسبت سه به یک غلات به علوفه بود. زنتنر و همکاران (Zentner *et al.*, 1992) مطالعه ۱۲ ساله ای را روی سیستم‌های تناوب زراعی شامل آیش- گیاهان دانه روغنی- گندم و گیاهان دانه روغنی- گندم- گندم بر روی یک بافت متوسط خاک در منطقه اسکات ساسکاچوان کانادا انجام دادند. تحلیل اقتصادی که بر اساس

رعایت اصول کاشت و انتخاب زمین زراعی مناسب جهت کشت محصول و ترکیب کشت نقش مهمی در تولید و افزایش راندمان و استفاده بهینه از منابع و پایداری سیستم تولیدی دارد. در این ارتباط، رعایت تناوب زراعی می‌تواند منجر به افزایش عملکرد در هکتار، کاهش مصرف سموم و نهاده‌های تولید و پایداری کشاورزی شود (Najafinezhad *et al.*, 2009). ولی از آنجا که ارزش تولیدی محصولات مختلف با یکدیگر تفاوت دارد و کشاورزان در انتخاب ترکیب کشت به ارزش محصول تولیدی و هزینه‌های آن اهمیت زیادی می‌دهند، لذا در رعایت این توصیه زراعی باید محصولاتی را انتخاب کرد که علاوه بر حصول نتایج حاصل از تناوب، از نظر اقتصادی نیز بالاترین ارزش را داشته باشند. زیرا میزان درآمد زارعین در الگوهای مختلف می‌تواند بسیار متفاوت باشد. در این میان الگویی که درآمد بیشتری را ایجاد کند پذیرش بیشتری دارد. با توجه به این که تناوب زراعی یکی از عوامل تاثیرگذار بر الگوی کشت است، خود دارای اشکال مختلفی است (Gholami, 2003) لذا لازم است تا گزینه‌های اقتصادی قابل جایگزین جهت مدیران واحدهای کشاورزی معرفی شوند. نگاهی به پیشینه تحقیق نشان داد که انجام مطالعات در زمینه تناوب‌های زراعی سابقه طولانی دارد و در آن‌ها به صورت متناوب سعی

برای این منظور از مدل برنامه‌ریزی تصادفی پویا که درآمد چند ساله یک برنامه زراعی شامل تولید پنبه و بادام‌زمینی را حداکثر می‌کند استفاده کردند. سود انتظاری حاصل از این برنامه با برنامه کشت تک محصولی بادام‌زمینی و یا پنبه و سه تناوب ثابت و یک تناوب انعطاف‌پذیر مقایسه شد. نتایج نشان داد که مدل برنامه‌ریزی تصادفی پویا و مدل تناوب انعطاف‌پذیر از مدل‌های تک محصولی سودآورتر است. خان و همکاران (Khan *et al.*, 2010) نسبت منفعت به هزینه برای گندم، برنج و جو را در استرالیا بررسی کردند. نتایج مطالعه نشان داد در حالی که جو دارای بالاترین بهره‌وری مصرف آب بود، ولی بالاترین نسبت منفعت به هزینه متعلق به برنج (۳/۳۳) بود و بعد از آن گندم و جو با نرخ‌های ۲/۸۲ و ۲/۵ قرار داشت. چادهاری و همکاران (Chaudhary *et al.*, 2006) شش تناوب زراعی در مزرعه تحقیقاتی مودیپورام میروت (هند) طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۳ بررسی کردند. تناوب‌های زراعی شامل ۱- برنج- گندم، ۲- برنج- خردل- لویاسبز، ۳- برنج- نخودفرنگی- گندم- لویاسبز، ۴- ذرت- نخودفرنگی- گندم، ۵- لویاسبز سودانی- گندم و ۶- سویا- گندم بود. نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین منفعت خالص (در هکتار در سال) مربوط به سیستم شماره ۲ بود. زارع فیض‌آبادی (Zarea Feizabadi, 1998) بازده اقتصادی

قیمت‌های سال ۹۱-۱۹۹۰ انجام شده بود، نشان داد که میانگین درآمد ناخالص در سیستم گیاهان دانه روغنی- گندم- گندم، ۴۶ درصد بیشتر از آیش- گیاهان دانه روغنی- گندم بود و مدیریت خاک ورزی نیز آن را تغییر نداد. شفیق و همکاران (Shafiq *et al.*, 1993) به بررسی امکان جایگزینی آفتابگردان به جای گندم دیر کشت در تناوب گندم- پنبه پرداختند. نتایج ارزیابی اقتصادی که با استفاده از محاسبات هزینه و درآمد انجام شد، نشان داد که آفتابگردان با وجود هزینه‌های اضافی که بابت کشت پنبه بعد از آن می‌شود، به طور قابل ملاحظه‌ای توان جایگزینی با گندم دیر کشت را دارد. هوگس و همکاران (Hughes *et al.*, 1995) به بررسی فنی و اقتصادی سه مدل مربوط به عملیات کشاورزی در منطقه مفرق اردن پرداختند. این سه مدل شامل مدل بهره‌وری با تاکید بر فرسایش (EPIC)، مدل کل مزرعه و تحلیل بودجه‌ای بود. نتایج این مطالعه نشان داد ترکیبی از فن‌آوری‌ها مانند تناوب جو کود داده شده با خانواده بقولات به جای تناوب سنتی جو با آیش همراه با کود سبز علاوه بر این که تامین کننده درآمد زارعین است به پایداری کشاورزی نیز کمک می‌کند. تایلر و رودریگز کابانا (Taylor and Rodríguez-Kábana, 1999) به منظور مقابله با خسارات نماتد و زنگ‌ها و عدم استفاده از سموم در تولید بادام‌زمینی استفاده از پنبه در تناوب این محصول را بررسی کردند.



خالص کلیه تیمارهای باقی مانده ادامه می‌یابد تا با استفاده از معیار نرخ بازده، انتخاب نهائی انجام شود. بدیهی است با توجه به این که در ارزیابی‌های اقتصادی افزایش درآمد در ازای هزینه‌های انجام شده مد نظر است، لذا هزینه‌هایی که در تیمارها مشترک هستند حذف می‌شوند. برای محاسبه نرخ بازده نهائی ابتدا منافع خالص نهائی محاسبه می‌شود.

$$MNB_{ba} = NB_b - NB_a \quad (2)$$

در این رابطه  $MNB_{ba}$  بیانگر منافع خالص نهائی تیمار  $b$  نسبت به  $a$  بوده نشان دهنده افزایش منافع خالص ناشی از اجرای تیمار  $B$  به جای تیمار  $A$  است. نرخ بازده نهائی ( $MRR_b$ ) یک تیمار که بیانگر درصد منافع خالص یک تیمار در قبال مازاد هزینه اجرای آن نسبت به تیمار  $a$  است (بازده خالص سرمایه‌گذاری)، نیز از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$MRP_b = \frac{MNB_{ba}}{C_b - C_a} \quad (3)$$

در این مطالعه برای مقایسه تیمارها از دو قیمت جاری سال‌های اجرای پروژه (جهت بررسی نوسانات قیمت بر انتخاب زارعین) و قیمت‌های سال ۱۳۸۸ (جهت حذف تاثیر تغییر قیمت‌ها بر انتخاب تیمار برتر استفاده شد). قیمت‌های این سال به میانگین سال‌های مورد مطالعه بسیار نزدیک بوده است. با توجه به این که هزینه نهاده‌ها در مناطق روستایی دارای یک دامنه از قیمت بوده و در برخی موارد کوچکی و بزرگی قطعات و یا کیفیت کار (به خصوص آماده‌سازی) و هم چنین قدرت چانه‌زنی و سایر

آزمایشی غلات، کشت ذرت و چغندر قند با بذر کار پنوماتیک و سیب‌زمینی با بذر کار سیب‌زمینی انجام شد (Zarea Fiezabadi and Azizi, 2012). به منظور انجام بررسی اقتصادی نتایج آزمایش‌ها از روش بودجه بندی جزئی (Partial budgeting) و تحلیل نهایی (Marginal analysis) استفاده شد (Anonymous, 1988). در این بررسی، ابتدا هزینه‌ها و درآمدهای تیمارهای مختلف محاسبه شد. سپس منافع خالص، از تفاضل کل ارزش عملکرد و هزینه‌هایی که تیمارها در آن با هم اختلاف دارند، به دست آمد (بیانگر درآمد خالص در هکتار واقعی نیست). در مرحله سوم کل تیمارها بر اساس هزینه‌ها و از کم به زیاد مرتب شدند (مخرج کسر همواره مثبت است) و روابط زیر برای تک تک تیمارها محاسبه شد:

$$MGB_{ba} = \frac{GB_b - GB_a}{C_b - C_a} \quad (1)$$

در این رابطه،  $a$  و  $b$  تیمارهایی هستند که باید با هم مقایسه شوند.  $GB$  منافع ناخالص تیمار است که از حاصل ضرب تولید در هکتار و قیمت محصول محاسبه می‌شود.  $MGB_{ba}$ ، منافع ناخالص نهائی تیمار  $b$  نسبت به  $a$  بوده و بیانگر افزایش درآمد کل به ازای یک واحد افزایش در هزینه است، لذا اگر میزان منفعت نهائی کمتر از یک شود، تیمار  $b$  رد می‌شود. پس از حذف تیمارهای مردود شده از جدول، انجام مقایسات و محاسبات مجدداً با تیمارهای باقی مانده انجام می‌شود. این کار تا بزرگ‌تر از یک شدن منافع

سیب‌زمینی، در حد میانگین تولید منطقه بود. نتایج تجزیه آماری نشان داد نوع محصول زراعی و گیاه پیش‌کاشت در تناوب زراعی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم سال آخر (سال پنجم) ( $p \leq 0/01$ ) داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه گندم کلیه تیمارهای تناوبی از افزایش معنی‌داری نسبت به کشت ممتد گندم بر خوردار بودند (جدول ۱). این نتایج مبنی بر تأثیر مثبت و معنی‌دار تناوب زراعی بر عملکرد گندم و برتری الگوی کشت تناوبی نسبت به کشت ممتد گندم به طور مشابه توسط برخی محققین دیگر نیز گزارش شده است (Zare Feizabadi and Koocheki, 1999; Nooriniya et al., 2007; Lopez-Bellido and Lopez-Bellido, 2001). آندرسون (Anderson, 2008) گزارش کرده که گیاه پیش‌کاشت گندم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم داشت. بان‌دی و آندراسکی (Bundy and Andraski, 2005) نیز در آزمایش خود به این نتیجه رسیدند که اثر متقابل گیاه پیش‌کاشت و مقادیر مصرف کود نیتروژن در گیاه پیش‌کاشت بر عملکرد محصول کاشته شده بعدی در تناوب معنی‌دار بود. اختلاف در ویژگی‌های گیاهی این محصولات و گندم و نیازهای غذایی متفاوت آن‌ها و استفاده گندم از مزیت‌های تغذیه‌ای و زراعی که بعد از کشت کلزا، سیب‌زمینی و حتی چغندر قند کسب می‌کند مهم‌ترین عوامل موثر در برتری این

مسائل اجتماعی بر قیمت توافقی موثر است، لذا در این مطالعه قیمت‌ها به طور متوسط و بر اساس مطالعات میدانی و هم‌چنین اطلاعات استخراجی از سیستم هزینه و درآمد محصولات سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی همراه با تعدیلات لازم محاسبه و مواردی نیز از طریق مشاهدات میدانی برآورد شد.

### نتایج و بحث

عملکرد محصول اقتصادی محصولات مختلف تناوب‌های زراعی در طی پنج سال اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که در بین محصولات با توجه به خصوصیات رشدی، زراعی و هم‌چنین پتانسیل تولید هر محصول، بیشترین تولید ماده خشک اقتصادی مربوط به محصولات ذرت علوفه‌ای و چغندر قند بود. تناوب‌های زراعی ۷، ۳، ۸ و ۶ که بیشترین تولید ماده خشک اقتصادی را در مجموع پنج سال زراعی به ترتیب داشتند (۳۸۷۵۸، ۳۵۲۱۴، ۳۴۹۱۷ و ۳۲۱۴۲ کیلوگرم در هکتار)، تناوب‌هایی هستند که بیشتر محصولات تناوبی آن‌ها، همین دو محصول است. نتایج نیز نشان داد که با توجه به محصولات قرار گرفته در تناوب‌های مختلف زراعی و نتایج به دست آمده، عملکرد چغندر قند بعد از گندم با میانگین ۸۴/۴ تن در هکتار نسبت به میانگین و جزو بالاترین میانگین تولید منطقه، استان و کشور برتری شاخص‌تری داشت و تولید بقیه محصولات از جمله گندم، ذرت علوفه‌ای و

جدول ۱- عملکرد محصول اقتصادی ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) گیاهان زراعی مورد مطالعه در تناوب‌های زراعی مختلف در طی پنج سال

Table 1. Yield of economic production ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) of crops in different crop rotations during five years

شماره تیمار Treatment 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

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

میانگین‌ها با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت آماری معنی داری در سطح احتمال اماری پنج درصد ندارند.

Means followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability levels, using Duncan's multiple rang test.

شده است. در این جدول، تیمارهای مورد مطالعه بر اساس افزایش هزینه مرتب شده‌اند. پس از حذف تیمارهای غیر اقتصادی، محاسبات نرخ بازده، انجام شده، که نتایج آن در جدول ۳ ذکر شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تناوب زراعی (۳) نسبت به تناوب زراعی (۵)، دارای نرخ بازده ۵۶۴ درصد و تناوب زراعی (۶) نسبت به تناوب زراعی (۳) دارای نرخ بازده ۹۰ درصد بود، لذا تناوب زراعی (۶) برترین تیمار بود. لازم به ذکر است که مقایسه تیمارها به صورت نسبی است، لذا اعداد به صورت مطلق (در این جا ۵۶۴ و ۹۰) با هم مقایسه نمی‌شوند. از این رو اگر در بین تیمارهای اقتصادی، نرخ بازده آخرین تیمار در حد قابل قبولی باشد (در طرح‌های آزمایشی معمولاً ۴۰ درصد) بر دیگر تیمارها برتر است. که در

تناوب‌ها نسبت به کشت ممتد گندم و سایر تناوب‌ها مورد اجرای آزمایش است. رشد غده‌های سیب زمینی و چغندر قند در خاک عامل موثری در جهت کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، بهبود ساختمان خاک و قابلیت دسترسی بیشتر گیاه به آب و عناصر معدنی خاک است (Zare Feizabadi and Koocheki, 1999). ریدل و همکاران (Riedell *et al.*, 2009) نیز تاکید کردند اهمیت مصرف کود نیتروژن در تک کشتی ذرت به مراتب بیشتر از کشت‌های تناوبی است. این موضوع حاکی از آن است که در صورت انتخاب پیش کاشت مناسب برای گندم، عملکرد گندم کمتر تحت تاثیر مصرف نهاده‌هایی چون کود نیتروژن قرار می‌گیرد. نتایج محاسبات اقتصادی در جدول ۲ ذکر

جدول ۲- منافع و هزینه های تیمارهای مورد مطالعه (۱۰ ریال در هکتار) بر اساس قیمت های سال ۱۳۸۸  
Table 2. Costs and benefits of treatments (10 Rials per ha) based on the prices in 2009

شماره تیمار Treatment No.	تناوب های زراعی Crop rotation	کل هزینه Total cost	کل منفعت Total benefit	منفعت خالص Net benefit	منفعت ناخالص نهایی Marginal gross benefit
2	WWWRW	3806360	10758509	6952149	
1	WWWWW	3883232	10226341	6343109	-6.9
8	WMWSW	5330780	14057818	8727038	2.6
5	WPWRW	5756807	15389015	9632208	3.1
3	WSWSW	5894754	16304570	10409816	6.6
7	WMWPW	6301421	16258459	9957037	-0.1
6	WSWPW	6886645	18185914	11299269	3.3
4	WPWPW	7826866	18583885	10757019	0.4

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

جدول ۳- مقایسه نهایی تیمارهای اقتصادی مورد مطالعه (۱۰ ریال در هکتار) بر اساس قیمت های سال ۱۳۸۸

Table 3. Final compare of treatments (10 Rials per ha) based on the prices in 2009

شماره تیمار Treatment No.	تناوب های زراعی Crop rotation	منفعت خالص Net benefit	منفعت ناخالص نهایی Marginal gross benefit	منفعت خالص نهایی Marginal net benefit	نرخ بازده نهایی Marginal rate of return
2	WWWRW	6952149	-	-	-
8	WMWSW	8727038	2.16	1774889	116
5	WPWRW	9632208	3.12	905170	212
3	WSWSW	10409816	6.64	777608	564
6	WSWPW	11299269	1.90	889454	90

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

مشاهده شده است (Khan et al., 2010)؛  
(Tsai et al., 1987؛ Chaudhary et al., 2006).  
همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود  
ترتیب برتری تیمارها نه تنها از نظر نرخ بازده  
بلکه از نظر درآمد خالص نیز یکسان است. لذا

برخی موارد به صورت مطلق نیز بیش از سایر  
تیمارها است. این نتایج بیانگر وجود چندین  
تیمار اقتصادی در مدل است، اما  
برترین تیمار، تناوب زراعی (۶) بوده  
که این ویژگی در سایر تحقیقات نیز

صورتی که تنها محصولات قابل کشت همین سه محصول باشد، تیمار ۴ بر دو تیمار دیگر برتری دارد و گرنه، برحسب میزان دسترسی به آب در فصل تابستان، تیمارهای ۵ و ۲ به ترتیب در اولویت اول و دوم قرار دارند. مقایسه تیمار ۴ (WPWRW)، و ۶ (WPWRW)، نشان می‌دهد که در تیمار ۴ سیب زمینی جایگزین چغندر قند شده است این موضوع علاوه بر کاهش تنوع در محصول منجر به کاهش منفعت خالص شده است. اما در تناوب ۴ عملکرد گندم در سال سوم و پنجم نسبت به تناوب ۶ بیشتر است (جدول ۱)، که نشان از تاثیر بیشتر سیب زمینی بر عملکرد گندم به عنوان گیاه پیش کاشت نسبت به چغندر است. تاثیر مختلف محصولات بر عملکرد یک محصول در تناوب در تحقیقات پیشین نیز مورد تاکید قرار گرفته است (Anderson, 2008؛ Hughes *et al.*, 1995). لذا در این دو تیمار در شرایطی که درآمد خالص سیب زمینی بیش از چغندر باشد، اثر اقتصادی و بیولوژیکی تناوب در یک راستا قرار می‌گیرند. به طوری که هم عملکرد گندم بهبود می‌یابد و هم درآمد زارع رو به افزایش دارد. تاثیر سیب زمینی در تیمارهای ۷ (WPWRW)، و ۸ (WPWRW)، به صورت معکوس است. در این دو تیمار نسبت به تیمارهای ۴ و ۶ ذرت وارد تناوب با سیب زمینی و چغندر قند شده است. ارزیابی اقتصادی این دو تیمار نشان از برتری تیمار ۷ بر ۸ دارد که این برتری به خاطر وجود سیب زمینی در الگوی تناوبی تیمار ۷ به

از این نظر نیز برتری تیمار (۶) نسبت به سایر تیمارها حفظ شده است.

این برتری در واقع جمع شاخص‌های اقتصادی (هزینه و درآمد) و شاخص‌های عملکردی (تاثیر تناوب بر افزایش عملکرد محصولات که خود منجر به افزایش درآمد می‌شود) را نشان می‌دهد. اما در مدیریت مزرعه رعایت فنون به زراعی مانند تناوب، همواره با محدودیت‌هایی روبرو است. نگاهی به جدول ۳ نشان می‌دهد که ورود کلزا به تناوب زراعی نسبت به تیمار شماره ۱ که کشت مداوم گندم است، منجر به افزایش منفعت خالص شده است که دلیل آن تاثیر کلزا بر عملکرد گندم در سال بعد (جدول ۱) و همچنین کاهش هزینه‌های تولید از ۳۸۸۳۲۳۲ به ۳۸۰۶۳۶۰ (۲ درصد) بوده است. تاثیر کلزا بر افزایش عملکرد گندم در تیمار ۵ (WPWRW) نیز مشاهده می‌شود، اما در این تیمار به علت متنوع تر شدن محصولات و ورود سیب زمینی به الگوی کشت، منفعت خالص بیش از تیمار ۲ است. مقایسه تیمار ۵ (WPWRW)، و ۴ (WPWRW)، که اختلاف‌شان در حذف کلزا و جایگزینی سیب زمینی به جای آن است، نشان می‌دهد که از نظر اقتصادی تیمار ۴ بر ۵ برتری دارد. اما با توجه به رقیب بودن گندم و کلزا، و کم بودن محصولات رقیب در کشت زمستانه، اهمیت کلزا به عنوان یک محصول جایگزین به قوت خود باقی است. در واقع می‌توان نتیجه گرفت در مناطقی که آب فراوان و زمین کم است، در

بردن دستورات مدیریتی، این برتری نتوانسته است عملاً در سطح مزارع به طور کامل خود را نشان دهد. در این مطالعه کلزا هم از نظر اقتصادی و هم زراعی تاثیر مثبتی بر تناوب داشته است. عملکرد گندم در سال پنجم علاوه بر کلزا تحت تاثیر سایر محصولات که در تیمارهای دیگر قرار داشته‌اند نیز قرار گرفت، اما تاثیر مشخص کلزا از مقایسه تیمار ۱ و ۲ کاملاً ملموس است. لذا در سطح مزارع زارعین نیز در صورت آموزش صحیح و تسهیل در دسترسی به خدمات فنی مورد نیاز زارعین می‌توان از این ویژگی کلزا به همراه سایر خصوصیات (از جمله افزایش تنوع گیاهان جایگزین در کشت پاییزه و کمک به خودکفایی در تامین روغن کشور) بهره برد. این نکته را نیز باید در نظر داشت که اگر چه در اکثر مناطق استان خراسان رضوی زمین بیش از آب در دسترس بوده و عملاً زارعین از طریق آیش می‌توانند این نقیصه را جبران کرده و از کشت مداوم گندم خودداری کنند، اما با توجه به کشت پاییزه کلزا و بهره‌گیری از شرایط بارش‌ها در فصول زمستان و بهار، کشت کلزا در این رابطه می‌تواند در آمد زارعین را افزایش دهد. در این رابطه نتایج سایر پژوهش‌ها در مورد برتری کشت محصول زراعی بر آیش موید این نکته است (Zentner *et al.*, 1992). در رابطه با محصولات صیفی، سیب زمینی دارای نرخ بازده کمتری نسبت به سایر محصولات است. سیب زمینی کشتی هزینه‌بر بوده و نوسانات قیمتی

جای چغندر قند است. در واقع این دو تیمار از نظر تنوع به هم شبیه هستند (سه محصول) و تنها اختلاف‌شان در جایگزینی سیب‌زمینی به جای چغندر قند در تناوب است، اما در مقایسه با دو تیمار قبل از نظر اقتصادی، حضور ذرت در الگو منجر به تغییر تاثیر سودآوری سیب زمینی (از اثر منفی به اثر مثبت) شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تنوع محصولات در تناوب می‌تواند اثر اقتصادی یک محصول را تغییر دهد. چنانچه جدول ۳ نشان می‌دهد اگر چه به طور مطلق و صرف نظر از مباحث تناوب، میانگین درآمد سیب‌زمینی کمتر از چغندر قند است، اما این اختلاف کم بوده و برتری این دو با حضور محصولات دیگر مانند ذرت) جابه‌جا می‌شود. با توجه به تاثیر سیب زمینی و ذرت بر برتری تناوب‌ها، سوالی که مطرح می‌شود این است که سایر محصولات مورد مطالعه از نظر اقتصادی تا چه اندازه بر هم برتری دارند و آیا این برتری در حدی است که اثر افزایش عملکرد ناشی از قرار گرفتن در چرخه تیمار را خنثی کند و بر رفتار زارعین تاثیرگذار باشد. جدول ۴ نتایج ارزیابی اقتصادی محصولات را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در محصولات پاییزه کلزا بر گندم برتری دارد، اما کلزا گیاهی مدیریت پذیر بوده و عملکرد آن تحت تاثیر مدیریت زارعین است که با توجه به عدم آشنایی کافی اکثر زارعین با مدیریت محصول و خرده مالک بودن آن‌ها از یک طرف و پایین بودن سطح سواد و توانایی به کار

جدول ۴- ارزیابی اقتصادی محصولات مورد مطالعه (۱۰ ریال در هکتار) بر اساس قیمت‌های سال ۱۳۸۸  
Table 4. Economic evaluation (10 Rials per ha) of crops based on the prices in 2009

محصولات Crops	درآمد Revenue	هزینه Cost	منفعت خالص Net benefit	نسبت منفعت به هزینه Benefit cost ratio
W	2116204	788554	1327650	2.68
R	2388789	675259	1713531	3.54
S	5279029	1765782	3513247	2.99
P	6094965	2726869	3368096	2.24
M	3129240	1173952	1955288	2.67

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

(Zarea Fiezabadi and Azizi, 2012). بنابراین تیمار ۶ اگر چه تیمار برتری از نظر اقتصادی است ولیکن نوسانات بیشتر قیمت دو محصول سیب زمینی و چغندر و همچنین اشغال طولانی تر زمین، مزایای این تیمار را کاهش می دهد.

#### بررسی اقتصادی تناوب‌ها با قیمت‌های جاری

شاید یکی از دلایلی که برخی زارعین متمایل به رعایت تناوب زراعی نباشند، تغییرات قیمت و هزینه‌های تولید و در نتیجه تغییر موقعیت نسبی برخی محصولات در الگوی کشت باشد. به طوری که بهبود نسبی موقعیت یک محصول باعث ورود آن به الگو می شود، هر چند که با الگوی تناوب در تضاد بوده و یا هماهنگ نباشد. در این قسمت ارزیابی اقتصادی محصولات بر اساس قیمت‌های جاری انجام شده است که نتایج نهایی در جدول ۵ ذکر شده است. همان‌طور که ملاحظه می شود تغییر

بالاتری دارد و نرخ بازده آن تحت تاثیر قیمت آن است. چغندر قند نیز در سال‌های اخیر با تنش‌های قیمتی مواجه بوده است. در حالی که افزایش قیمت علوفه در سال‌های اخیر و نیاز بالای کشور به علوفه باعث اقبال بیشتر زارعین به کشت ذرت علوفه‌ای شده است. علاوه بر این، مصرف کمتر آب و کوتاه بودن دوره داشت ذرت باعث شده تا عملاً نسبت به چغندر قند و سیب زمینی مقبولیت بیشتری بین زارعین پیدا کند. ضمن این که وجود برخی مشکلات مانند فواصل زمانی بین برداشت چغندر قند و سیب زمینی و کاشت گندم و نگرانی از تاخیر در کاشت به موقع گندم (پس از برداشت چغندر قند و سیب زمینی) و یا تاخیر در استقرار گیاه چغندر قند و سیب زمینی در تناوب باعث بروز برخی مشکلات همچون طولانی شدن دوره رشد و حضور گیاه زراعی قبلی به دلیل شرایط نامطلوب آب و هوایی می شود

می‌کند، ترمیم کند.

در مجموع، این مطالعه نشان داد که نوع محصول زراعی و گیاه پیش کاشت در تناوب زراعی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم سال آخر (سال پنجم) دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه گندم تیمارهای تناوبی از افزایش معنی‌داری (بین ۲۱ تا ۳۷ درصد) نسبت به کشت متوالی گندم بر خوردار بودند. همچنین تناوب زراعی ششم (گندم-چغندر قند- گندم- سیب زمینی- گندم)، از نظر اقتصادی با نرخ بازده نسبی ۹۰ درصد و درآمد خالص ۱۱۲/۹۹ میلیون ریال در هکتار، دارای بالاترین نرخ بازده و سود بود و تیمار سوم (گندم- چغندر قند- گندم- چغندر قند- گندم)، با درآمد خالص ۱۰۴ میلیون ریال پس از آن قرار داشت. اگر چه تغییر قیمت باعث تغییر تیمار مطلوب شد، اما تیمارهای مورد مطالعه در برابر تغییر قیمت‌ها دارای جایگزین‌های اقتصادی بوده و مدیر مزرعه با گزینه‌های انعطاف‌پذیری روبرو است. بر این اساس تنوع محصولات و نوع محصول در تناوب زراعی منجر به افزایش عملکرد محصولات و همچنین افزایش ارزش اقتصادی تناوب می‌شود، بنابراین لازم است در مدیریت مزرعه و در بخش اصول به‌زراعی، به تناوب زراعی توجه خاص شود. در این رابطه در شرایط فعلی کشور محصولاتی مانند ذرت علوفه‌ای و کلزا هم به نظر تأثیر زراعی و هم اقتصادی جایگزین‌های مناسبی هستند. همچنین با توجه به تنوع شرایط زیست

قیمت‌ها تأثیری بر انتخاب و رتبه دو تیمار اول (۲ و ۸) نداشته است و دو تیمار بعد (۳ و ۵) نیز جابه‌جا شده‌اند. اما تیمار برتر (۶) در این جا حذف و تیمار ۴ جایگزین شده است. تفاوت این دو تیمار در محصول سیب زمینی و چغندر قند است. با توجه به این که این دو محصول از نظر جایگزینی در تناوب قابل جابه‌جاشدن هستند، لذا از این نظر این دو تناوب می‌تواند با توجه به قیمت بازار جایگزین یک‌دیگر شده و خللی در رعایت تناوب ایجاد نمی‌کنند. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که تعریف چندین تناوب قابل جایگزین، قدرت مدیر مزرعه را در مواجهه با تغییرات قیمت افزایش می‌دهد. از مقایسه تیمارها معلوم می‌شود که وجود تنوع در کشت محصولات هم از نظر عملکرد و هم از نظر اقتصادی دارای توجیه قابل قبولی است. اما با توجه به این که رعایت تناوب به این شکل انعطاف کمی دارد و مدیران واحدهای زراعی با توجه به تغییرات در بازار تقاضای تولید محصولات کشاورزی و تغییر در سیاست‌گذاری‌ها، باید دارای برنامه‌های متعددی بوده و قدرت انتخاب بالاتری داشته باشند لذا در این رابطه استفاده از ابزارهای قوی‌تری جهت برنامه‌ریزی و انتخاب الگوی کشت توصیه می‌شود. در واقع با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی و تعیین الگوی کشت از طریق تلفیق اهداف مختلف می‌توان به ترکیب کشت بهینه‌ای دست یافت که ضعف‌های یک بعدی و یا روش‌هایی که ابعاد محدودی را دنبال

جدول ۵- مقایسه اقتصادی (۱۰ ریال در هکتار) تیمارهای مورد مطالعه با قیمت‌های جاری  
Table 5. Economic compare (10 Rials per ha) of treatments in current prices

شماره تیمار	تناوب‌های زراعی	کل هزینه	کل منفعت	منفعت خالص	منفعت ناخالص نهایی	منفعت خالص نهایی	نرخ بازده نهایی
Treatment No .	Crop rotation	Total cost	Total benefit	Net benefit	Marginal gross benefit	Marginal net benefit	Marginal rate of return
2	WWWRW	3518166	9979169	6461003	-	-	-
8	WMWSW	4739196	12477062	7737866	2.05	1276863	105
3	WSWSW	4993991	14750098	9756107	8.92	2018241	792
5	WPWRW	5248319	15830244	10581925	4.25	825818	325
4	WPWPW	7208944	18952799	11743855	1.59	1161929	59

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

مزرعه بر اساس قیمت‌های جاری مجدداً انجام شود. از آن‌جا که زارعین در انتخاب محصولات در درجه اول به مباحث اقتصادی آن توجه می‌کنند، لازم است مدیران و تصمیم‌گیران در حوزه کشاورزی با تلفیق کلیه اهداف اعم از زیست محیطی، کشاورزی پایدار، اهداف استراتژیک و امنیت غذایی، تامین نیازمندیهای مصرف کنندگان و غیره، زمینه را در قالب سیاست‌های حمایتی- قیمتی، طوری تغییر دهند که زارعین بر اساس علائم دریافت شده از سیستم بازار، به سمت ترکیبات مورد نظر سوق پیدا کنند.

محیطی در کشور و تاثیر محصولات در چرخه تناوب زراعی بر یکدیگر، لازم است تا این آثار، در مناطق مختلف بررسی و از نتایج آن‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت مزرعه به صورت شاخص استفاده شود. به طور مثال در ارزش‌گذاری کلزا در الگوی کشت، علاوه بر میزان درآمد کلزا، تاثیر کلزا بر خاک زراعی که منجر به افزایش عملکرد گندم در سال آینده می‌شود نیز در نظر گرفته و میزان آن به صورت ریالی ارزش‌گذاری شود. با توجه به تاثیر تغییر قیمت‌های نسبی محصولات بر الگوی کشت و بر برتری تیمارهای تناوبی، لازم است تا ارزیابی تناوب‌ها در زمان استفاده عملی در مدیریت

## References

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

- Anonymous. 1988.** From agronomic data to farmer recommendations: An Economics Training Manual. Completely revised edition. CIMMYT, Mexico, D.F. Available online at [http://www.fao.org/sd/erp/toolkit/BOOKS/fromAgronomic\\_manual.pdf](http://www.fao.org/sd/erp/toolkit/BOOKS/fromAgronomic_manual.pdf).
- Bundy, L. G., and Andraski, T. W. 2005.** Recovery of fertilizer nitrogen in crop residues and cover crop on an irrigated sandy soil. *Soil Science Society of America Journal* 69: 640-648.
- Chaudhary, V. P., Gangwar, B., and Pandey, D. K. 2006.** Auditing of energy use and output of different cropping systems in India. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, 8: 1-13. Available online at: <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/658/652>.
- Gholami, M. R. 2003.** Determining optimal crop rotation using linear programming (case study: a 110- hectar farm in Bojnourd ). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 10(1): 17-26 (in Persian).
- Hansen, B. R., and Krause, M. A. 1989.** Impact of agronomic and economic factors on farm profitability. *Agricultural Systems* 30(4): 369-390.
- Hughes, D., Butcher, W., Jaradat, A., and Penaranda, W. 1995.** Economic analysis of the long-term consequences of farming practices in the barley cropping area of Jordan. *Agricultural Systems* 47(1): 39-58.
- Khan, S., Khan, M., and Latif, N. 2010.** Energy requirements and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. *Soil and Environment* 29(1): 61-98.
- 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.
- Najafinezhad, H., Javaheri, M. A., Ravari, S. Z., and Shahraki, F. A. 2009.** Effect of crop rotation and wheat residue management on grain yield of maize cv. KSC704 and some soil properties. *Seed and Plant Production Journal* 25-2 (3): 245-258 (in Persian).
- Nooriniya, A. A., Salehi, M., Foghani, A., and Gorzin, A. R., Nazari, A., and Mirkarimi, A. 2007.** Effect of rotation systems on som growth parameters, variability index and yield of wheat in climatic conditions of Gorgan. *Proceedings*

of the Second National Ecological Agriculture in Iran, Golestan, Gorgan. pp. 2421-2429 (in Persian).

- Riedell, W. E., Pikul, J. L., Jaradat, A. A., and Schumacher, T. E. 2009.** Crop rotation and nitrogen input effects on soil fertility, maize mineral nutrition, yield and seed composition. *Agronomy Journal* 101: 870-879.
- Shafiq, M., Azim, M., and Longmire, J. 1993.** Diagnosing alternatives in conventional crop rotations: Sunflowers as an alternative to wheat in the cotton-based cropping systems of Pakistan's Punjab. *Agricultural Systems* 42(3): 245-264.
- Taylor, C. R., and Rodríguez-Kábana, R. 1999.** Optimal rotation of peanuts and cotton to manage soil-borne organisms. *Agricultural Systems* 61(1): 57-68.
- Tsai, Y. J., Mishoe, J. W., and Jones, J. W. 1987.** Optimizing multiple cropping systems: Simulation studies. *Agricultural Systems* 25(3): 165-176.
- Zarea Feizabadi, A. 1998.** Energy and economic efficiency of some different conventional and ecological cropping systems in different rotations wheat. Ph. D. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 180pp. (in Persian).
- Zarea Fiezabadi, A., and Azizi, M. 2012.** Effect of different crop rotation systems on wheat productivity in cold agro-climatic region of Khorasan-e-Razavi in Iran. *Seed and Plant Production Journal* 28-2 (3): 261-275 (in Persian).
- 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).
- Zentner, R. P., Brandt, S. A., Kirkland, K. J., Campbell, C. A., and Sonntag, G. J. 1992.** Economics of rotation and tillage systems for the Dark Brown soil zone of the Canadian Prairies. *Soil and Tillage Research* 24(3): 271-284.