

# تأثیر سامانه‌های خاک‌ورزی و تناوب‌های زراعی مختلف بر عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)

امیر هوشنگ جلالی<sup>۱\*</sup> و حکمت اسفندیاری<sup>۲</sup>

\*۱- نویسنده مسئول: استادیار، بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان (jalali51@yahoo.com)

۲- مربی بخش گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۷

## چکیده

به منظور بررسی روند تغییرات عملکرد گندم در سه سامانه‌ی مختلف خاک‌ورزی و شش تناوب زراعی، پژوهشی در سه فصل زراعی (۹۱-۱۳۸۹) با استفاده از آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان اردستان انجام شد. سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم (گاواهن برگردان‌دار)، حداقل (کولتیواتور مزرعه) و بدون خاک‌ورزی، فاکتور اصلی و تناوب‌های (جو، ذرت و گندم)، (کلزا، آفتابگردان و گندم)، (آیش، چغندر قند و گندم)، (گندم، آیش و گندم)، (کلزا، آیش و گندم) و (کلزا، ذرت و گندم)، فاکتور فرعی آزمایش بودند. نتایج پژوهش نشان داد عملکرد گندم در روش‌های خاک‌ورزی مرسوم و حداقل به ترتیب ۴۵۳۱ و ۴۳۴۰ کیلوگرم در هکتار بود که ۳۳/۸ و ۲۸/۱ درصد بیش از روش بدون خاک‌ورزی بود. در روش خاک‌ورزی مرسوم عملکرد گندم در تناوب‌های (جو، ذرت و گندم) و (کلزا، ذرت و گندم) برابر ۴۱۲۹ و ۴۱۱۸ کیلوگرم در هکتار بود. در سامانه بدون خاک‌ورزی، وزن خشک علف هرز فالاریس با ۱۴۸۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به دو سامانه دیگر به طور معنی‌دار افزایش نشان داد. در بین تناوب‌ها، تناوب (کلزا، آفتابگردان و گندم) به ترتیب با شاخص بهره‌وری آب ۱/۰۵ کیلوگرم بر متر مکعب و کارایی استفاده از زمین ۵۲/۶ درصد یکی از بهترین تناوب‌ها بود. با توجه به شرایط آزمایش، در هر سه سامانه خاک‌ورزی چغندر قند و دانه‌های روغنی غیر تثبیت‌کننده نیتروژن، بهترین محصولات قبل از کشت گندم بودند. در تمام تناوب‌ها، با استفاده از سامانه کم خاک‌ورزی می‌توان عملکردی معادل سامانه خاک‌ورزی مرسوم تولید کرد.

**کلید واژه‌ها: بدون خاک‌ورزی، بهره‌وری آب، تناوب، گندم.**

## مقدمه

خاک‌ورزی حفاظتی به شیوه امروزی از اواخر دهه ۴۰ میلادی و پیدایش علف‌کش‌ها مرسوم شد و برخی از آن به عنوان انقلابی در کشاورزی نام می‌برند (Derpsch, 2004). در رابطه با تأثیر خاک‌ورزی‌های حفاظتی در شرایط مختلف، گزارش‌های متفاوتی شامل تأثیر مثبت؛ تأثیر منفی؛ و عدم تأثیر وجود دارد (Halvorson؛ Endale *et al.*, 2008؛ Archer and Reicosky, 2009؛ *et al.*, 2006).

به هر حال تأثیر این نوع سامانه‌ها به نوع محصول زراعی، شرایط اقلیمی و نوع خاک بستگی دارد (Wilhelm and Wortmann, 2004). برخی از پژوهشگران معتقدند با توجه به این‌که اکثر خاک‌های کشور رسی هستند، استفاده از گاواهن برگردان‌دار به صورت دوره‌ای نسبت به روش‌های بدون خاک‌ورزی با عملکرد بیشتر محصولاتی مثل گندم همراه خواهد بود، به همین دلیل استفاده یک سال در میان، از روش بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کامل، جهت افزایش

بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن ( $C/N > 20$ ) در بقایا می‌تواند تجزیه آن‌ها را با تأخیر مواجه کرده و در برخی از حالات با ایجاد کمبود نیتروژن موجب کاهش عملکرد برخی گیاهان در تناوب گردد (Lal, 2004). پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر سه نوع سامانه خاک‌ورزی (مرسوم، خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی) و شش نوع تناوب زراعی مختلف بر تغییرات عملکرد گندم به مدت سه سال زراعی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش به مدت سه سال زراعی (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱) با استفاده از آزمایش کرت‌های خرد شده و با طرح پایه بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در شهرستان اردستان (۳۳ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۲۰۹ متر) واقع در ۱۲۵ کیلومتری شمال شرق اصفهان انجام شد. بر اساس آمار ۲۰ ساله متوسط بارش منطقه ۸۸ میلی‌متر بود. برخی ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول (۱) نشان داده شده است.

#### جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر اساس آزمون خاک

Table 1. Some soil physical and chemical properties based on soil test

مقدار	خصوصیات فیزیکی و شیمیایی	Physical and chemical properties
Quantity		
لومی-رسی	Texture	بافت
Loamy- Clay		
33	Sand (%)	شن (%)
41	Silt (%)	سیلت (%)
26	Clay (%)	رس (%)
4.8	EC ( $dSm^{-1}$ )	شوری (دسی زیمنس بر متر)
7.6	pH	اسیدیته
0.32	OC (%)	مواد آلی (%)
19.4	P ( $mg\ kg^{-1}$ )	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)
460	K ( $mg\ kg^{-1}$ )	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)

عملکرد در خاک‌های لومی رسی پیشنهاد شده است (Salekzamani *et al.*, 2007). در مقایسه عملکرد کلزا در دو سامانه بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد (Omidi *et al.*, 2005)، در حالی که در پژوهش Daneshvarerad و همکاران (۲۰۰۸) عملکرد کلزا در سامانه خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی به ترتیب معادل ۲۶۶۳ و ۱۶۱۷ کیلوگرم در هکتار بود. در پژوهشی پنج ساله نشان داده شد که تجمع مواد غذایی منگنز، روی، فسفر، منیزیم و کلسیم در سامانه بدون خاک‌ورزی در سطح خاک بیشتر و تجمع پتاسیم کاهش یافت، درحالی که توزیع مواد غذایی در کشت مرسوم یکنواخت‌تر بود (Hargrave, 1982). Toliver و همکاران (۲۰۱۲) نتایج پژوهش‌های ۴۴۲ مطالعه را پایش نموده و ضمن تأکید بر تفاوت واکنش محصولات مختلف به سامانه‌های متفاوت خاک‌ورزی، خاک‌های لومی و شرایط گرم و مرطوب را از مهم‌ترین عوامل افزایش عملکرد سامانه‌های بدون خاک‌ورزی تشخیص دادند. محصولات مختلف در یک تناوب از نظر جذب مواد غذایی و آزادسازی این عناصر از طریق بقایای گیاهی، توانایی متفاوتی داشته و توالی قرار گرفتن آن‌ها در تناوب می‌تواند باعث ایجاد تعادل مناسب عناصر غذایی در خاک گردد. افزایش کربن آلی خاک، جلوگیری از فرسایش، جلوگیری از تراکم خاک، بهبود ساختمان خاک، کاهش آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک نیز از اثرات مفید تناوب‌های زراعی محسوب می‌شود (Lichtfouse, 2011). در رابطه با حضور بقایای گیاهی در تناوب، نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد به ازاء هر یک تن افزایش کربن آلی در محیط ریشه گیاه، عملکرد گندم، برنج، ذرت، لوبیا، ارزن و سویا به ترتیب ۲۰-۷۰، ۱۰-۵۰، ۳۰-۳۰۰، ۵۰-۶۰ و ۳۰-۲۰ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد (Lal, 2006)، اما

خشک علف‌های هرز در سال آخر پژوهش و قبل از برداشت گندم انجام شد. برای محاسبه کارایی استفاده از زمین، مجموع تعداد روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب بر کل روزهای دوره تناوب (سه فصل زراعی) تقسیم شد (Tiwari and Tomar, 1990). بهره‌وری آب از تقسیم مجموع تولید گیاهان در تناوب تقسیم بر حجم آب مصرفی در هر تناوب زراعی به دست آمد (Jones and Popham, 1997). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار (MSTAT-C) انجام و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

#### تأثیر برهمکنش سامانه خاک‌ورزی مرسوم و تناوب بر عملکرد گندم

از داده‌های سال آخر برای ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد گندم استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس آزمایش در جدول (۳) نشان داده شده است. تأثیر برهمکنش روش خاک‌ورزی و تناوب بر عملکرد گندم، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته (در سطح ۱ درصد) از نظر آماری معنی‌دار بود.

#### مقایسه میانگین عملکرد در سه نوع سامانه خاک‌ورزی

میانگین عملکرد گندم در روش خاک‌ورزی مرسوم (استفاده از گاواهن برگردان‌دار) (۴۵۳۱ کیلوگرم در هکتار) و هم‌چنین روش خاک‌ورزی حداقل (استفاده از کولتیواتور مزرعه) (۴۳۴۰/۴ کیلوگرم در هکتار) نسبت به روش بدون خاک‌ورزی (۳۳۸۶/۸ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌دار بالاتر بود (جدول ۴). نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد گندم در سامانه‌های بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم با گاواهن توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (Hemat and Asadeikhooshoei, 1997; Khosravani et al., 2000).

سه سامانه خاک‌ورزی به‌عنوان کرت‌های اصلی در نظر گرفته شد که عبارت بودند از: ۱- استفاده از گاواهن برگردان‌دار با عمق شخم ۲۵ سانتی‌متر ۲- سامانه بدون خاک‌ورزی بدون برهم زدن خاک و ۳- استفاده از کولتیواتور مزرعه (حالت حد واسط و نوعی کم خاک‌ورزی) و شش تناوب نشان داده شده در جدول (۲) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند.

مساحت هر کرت فرعی ۲۵ متر مربع و مساحت هر تکرار حدود ۴۵۰ متر مربع بود، که با در نظر گرفتن فواصل بین تکرارها و هم‌چنین جوی‌های آبیاری قطعه زمینی به مساحت ۱۶۰۰ متر مربع انتخاب شد. کشت تمام محصولات به صورت دستی انجام شد. فواصل خطوط گندم و جو (۱۲/۵ سانتی‌متر مشابه خطی کار غلات) در نظر گرفته شد. تراکم ذرت علوفه‌ای (سینگل کراس ۷۰۴)، آفتابگردان (رقم قاسم)، کلزا (رقم هایولا) و چغندر قند (رقم زرقان) به ترتیب برابر با ۱۲، ۱۰، ۷۰ و ۸ بوته در هر متر مربع بود. بقایای گیاهی در روش بدون خاک‌ورزی کاملاً حفظ شده و در روش‌های خاک‌ورزی حداقل و خاک‌ورزی مرسوم با توجه به نوع ماشین‌آلات بکار گرفته شده (به ترتیب کولتیواتور مزرعه و گاواهن برگردان‌دار) بقایا با خاک مخلوط شد. بذر ارقام استفاده شده از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه، و آبیاری هر یک از محصولات کشت شده بر اساس تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق ریشه و با نصب تانسومتر انجام شد. برای اندازه‌گیری آب ورودی به کرت‌ها از پارشال فلوم استفاده گردید. مقایسه عملکرد گندم در تناوب‌های مختلف در سال آخر تناوب صورت پذیرفت. در هر کرت فرعی دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و اندازه‌گیری برای صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله از قسمت‌های باقی‌مانده انجام گرفت. اندازه‌گیری وزن

جدول ۲- انواع تناوب‌های استفاده شده در آزمایش و زمان‌بندی آن‌ها  
 Table 2. Different rotations and their scheduling in experiment

زمان‌بندی تناوب Timing of Rotation																				نوع تناوب Rotation Type	
سال سوم (3 <sup>rd</sup> Year)					سال دوم (2 <sup>nd</sup> Year)					سال اول (1 <sup>st</sup> Year)											
خرداد (June)	اردیبهشت (May)	فروردین (Apr)	اسفند (Mar)	بهمن (Feb)	دی (Jan)	آذر (Dec)	آبان (Nov)	مهر (Oct)	شهریور (Sep)	مرداد (Aug)	تیر (July)	خرداد (June)	اردیبهشت (May)	فروردین (Apr)	اسفند (Mar)	بهمن (Feb)	دی (Jan)	آذر (Dec)	آبان (Nov)	مهر (Oct)	
Wh	-	-	-	-	-	-	Wc	Ch	-	-	Cc	Bh	-	-	-	-	-	-	Bc	-	جو- ذرت- گندم B-C-W
Wh	-	-	-	-	-	-	Wc	SUh	-	-	SUc	Rh	-	-	-	-	-	-	-	Rc	کلزا- آفتابگردان- گندم R-SU-W
Wh	-	-	-	-	-	-	SUGh Wc	-	-	-	SUGc	F	F	F	F	F	F	F	F	F	آیش- چغندر قند- گندم F-SUG-W
Wh	-	-	-	-	-	-	Wc	F	F	F	F	Wh	-	-	-	-	-	-	Wc	-	گندم- آیش- گندم W-F-W
Wh	-	-	-	-	-	-	Wc	F	F	F	F	Rh	-	-	-	-	-	-	-	Rc	کلزا- آیش- گندم R-F-W
Wh	-	-	-	-	-	-	Ch Wc	-	-	-	Cc	Rh	-	-	-	-	-	-	-	Rc	کلزا- ذرت- گندم R-C-W

علامت‌های اختصاری عبارتند از: B (جو)، C (ذرت)، W (گندم)، R (کلزا)، SU (آفتابگردان)، F (آیش)، SUG (چغندر قند)، Bh (برداشت جو)، Cc (کشت ذرت)، Ch (برداشت ذرت)، Wc (کشت گندم)، Wh (برداشت گندم)، Rc (کشت کلزا)، Rh (برداشت کلزا)، SUc (کشت آفتابگردان)، SUh (برداشت آفتابگردان)، SUGc (کشت چغندر قند)، و SUGh (برداشت چغندر قند).

Abbreviations are: B (Barley), C (Corn), W (Wheat), R (Rapeseed), Su (Sunflower), F (Fallow), SUG (Sugar beet), Bc (Barley cultivation), Bh (Barley harvest), Cc (Corn cultivation), Ch (Corn harvest), Wc (Wheat cultivation), Wh (Wheat harvest), Rc (Rapeseed cultivation), Rh (Rapeseed harvest), SUc (Sunflower cultivation), SUh (Sunflower harvest), SUGc (Sugar beet cultivation), and SUGh (Sugar beet harvest).

جدول ۳ - تجزیه واریانس صفات مختلف در گندم  
 Table 3. Analysis of variance for different characteristics in wheat

میانگین مربعات Mean squares								
شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000 grain weight	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در سنبله Grain number/ear	تعداد سنبله بارور Fertile ear number	طول سنبله Ear length	عملکرد گندم Wheat yield	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of Variation
107.20 <sup>ns</sup>	217.00 <sup>ns</sup>	3879.9 <sup>ns</sup>	197.23 <sup>ns</sup>	146.08*	150.9 <sup>ns</sup>	111.09 <sup>ns</sup>	2	تکرار Replication (R)
89.15 <sup>ns</sup>	289.12 <sup>ns</sup>	10679.7**	207.46 <sup>ns</sup>	1971.47*	151.41 <sup>ns</sup>	1740.40*	2	روش خاک‌ورزی Cultivation methods (a)
631.1	1011.01	5432.20	571.04	789.07	170.00	1051.10	4	خطا Error (Ea)
124.10 <sup>ns</sup>	114.02 <sup>ns</sup>	394.8 <sup>ns</sup>	3956.02**	734.63**	431.30 <sup>ns</sup>	2016.2**	5	تناوب Rotation (b)
168.16*	110.01 <sup>ns</sup>	6590.30**	2897.1**	1896.3**	897.8 <sup>ns</sup>	12305.3**	10	روش خاک‌ورزی × تناوب (a)×(b)
150.11	200.16	1009.3	1200.4	358.13	1403.10	1280.17	30	خطا Error (Eb)
			565.9		134.2	854.5	10	RB
			890.7		1402.3	513.1	20	RAB
14.40	13.47	12.04	13.11	9.14	10.10	13.00		ضریب تغییرات CV (%)

ns, \* and \*\* show no significant differences, significant at the 5 and 1 % respectively.

ns, \* و \*\* به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱٪ را نشان می‌دهند.

جدول ۴- تأثیر برهمکنش روش‌های مختلف خاک‌ورزی و تناوب بر صفات آزمایشی مرتبط با عملکرد گندم

Table 4. Effect of different tillage methods and crop rotation interaction on trial characteristics associated with yield of wheat

وزن خشک علف‌های هرز	شاخص برداشت	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله بارور	عملکرد گندم (کیلوگرم در هکتار)	تناوب	خاک‌ورزی
Weed biomass (kg)	Harvest index (%)	Plant height (cm)	Grain number ear <sup>-1</sup>	Ear number	Wheat yield (Kg ha <sup>-1</sup> )	Rotation	Cultivation
3850 <sup>a</sup>	41.33 <sup>b</sup>	80.10 <sup>c</sup>	26.33 <sup>b</sup>	450.00 <sup>b</sup>	4129.00 <sup>b</sup>	B-C-W	جو-ذرت-گندم
1960 <sup>c</sup>	42.02 <sup>b</sup>	83.50 <sup>ab</sup>	27.00 <sup>b</sup>	471.20 <sup>a</sup>	4576.00 <sup>a</sup>	R-SU-W	کلزا-آفتابگردان-گندم
1990 <sup>c</sup>	43.67 <sup>a</sup>	85.20 <sup>a</sup>	29.74 <sup>a</sup>	466.35 <sup>a</sup>	4824.00 <sup>a</sup>	F-SUG-W	آیش-چغندرقد-گندم
3040 <sup>b</sup>	44.00 <sup>a</sup>	83.63 <sup>ab</sup>	28.00 <sup>ab</sup>	470.33 <sup>b</sup>	4712.00 <sup>a</sup>	W-F-W	گندم-آیش-گندم
2876 <sup>b</sup>	43.33 <sup>a</sup>	84.60 <sup>a</sup>	30.00 <sup>a</sup>	470.50 <sup>a</sup>	4827.00 <sup>a</sup>	R-F-W	کلزا-آیش-گندم
3690 <sup>a</sup>	40.03 <sup>c</sup>	82.66 <sup>b</sup>	25.30 <sup>c</sup>	460.33 <sup>ab</sup>	4118.00 <sup>b</sup>	R-C-W	کلزا-ذرت-گندم
2901B	42.60A	83.30A	27.70A	464.80A	4531.00A	Mean	میانگین
5340 <sup>a</sup>	38.50 <sup>b</sup>	76.33 <sup>b</sup>	26.10 <sup>a</sup>	327.00 <sup>b</sup>	2921.00 <sup>b</sup>	B-C-W	جو-ذرت-گندم
3560 <sup>d</sup>	41.23 <sup>a</sup>	77.66 <sup>a</sup>	26.63 <sup>a</sup>	462.20 <sup>a</sup>	4441.00 <sup>a</sup>	R-SU-W	کلزا-آفتابگردان-گندم
3690 <sup>d</sup>	40.80 <sup>a</sup>	79.00 <sup>a</sup>	26.60 <sup>a</sup>	448.66 <sup>a</sup>	4158.00 <sup>a</sup>	F-SUG-W	آیش-چغندرقد-گندم
4405 <sup>b</sup>	39.00 <sup>b</sup>	78.26 <sup>a</sup>	26.40 <sup>a</sup>	330.33 <sup>b</sup>	2827.00 <sup>b</sup>	W-F-W	گندم-آیش-گندم
4000 <sup>c</sup>	38.93 <sup>b</sup>	77.00 <sup>ab</sup>	26.60 <sup>a</sup>	326.00 <sup>b</sup>	2837.00 <sup>b</sup>	R-F-W	کلزا-آیش-گندم
5267 <sup>a</sup>	38.90 <sup>b</sup>	76.33 <sup>b</sup>	25.85 <sup>a</sup>	330.20 <sup>b</sup>	3037.00 <sup>b</sup>	R-C-W	کلزا-ذرت-گندم
4377A	39.60B	77.40B	26.40A	370.70B	3386.00B	Mean	میانگین
3490 <sup>a</sup>	38.33 <sup>b</sup>	81.00 <sup>b</sup>	24.66 <sup>b</sup>	443.00 <sup>c</sup>	4008.00 <sup>b</sup>	B-C-W	جو-ذرت-گندم
2020 <sup>c</sup>	41.34 <sup>a</sup>	82.30 <sup>b</sup>	26.25 <sup>a</sup>	480.00 <sup>a</sup>	4577.00 <sup>a</sup>	R-SU-W	کلزا-آفتابگردان-گندم
1953 <sup>c</sup>	41.07 <sup>a</sup>	85.00 <sup>a</sup>	26.30 <sup>a</sup>	472.20 <sup>a</sup>	4535.00 <sup>a</sup>	F-SUG-W	آیش-چغندرقد-گندم
2761 <sup>b</sup>	40.96 <sup>a</sup>	84.66 <sup>a</sup>	93.00 <sup>a</sup>	470.30 <sup>ab</sup>	4577.00 <sup>a</sup>	W-F-W	گندم-آیش-گندم
2530 <sup>b</sup>	39.74 <sup>ab</sup>	84.65 <sup>a</sup>	25.65 <sup>ab</sup>	465.66 <sup>b</sup>	4400.00 <sup>a</sup>	R-F-W	کلزا-آیش-گندم
3290 <sup>a</sup>	38.02 <sup>b</sup>	81.66 <sup>b</sup>	25.33 <sup>ab</sup>	440.60 <sup>c</sup>	4005.00 <sup>b</sup>	R-C-W	کلزا-ذرت-گندم
2674B	39.90B	83.20A	26.00A	461.9A	4350.4A	Mean	میانگین

در هر سامانه خاک‌ورزی اعداد با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوتی ندارند (دانش ۵٪). علامت‌های اختصاری عبارتند از: B (جو)، C (ذرت)، W (گندم)، R (کلزا)، SU (آفتابگردان)، F (آیش)، SUG (چغندرقد)

In each tillage system, the numbers in each column with the same letters are not statistically different (Duncan 5%). Abbreviations are: B (Barley), C (Corn), W (Wheat), R (Rapeseed), Su (Sunflower), F (Fallow), SUG (Sugar beet).

(Wilhelm and Wortmann, 2004). در رابطه با استفاده‌ی مداوم از شخم با گاوآهن برگردان‌دار باید به اثرات منفی این نوع خاک‌ورزی‌ها (تولید گازهای اکسید نیتروژن و دی‌اکسید کربن که از گازهای اصلی گلخانه‌ای هستند) و فرسایش خاک نیز توجه داشت (Lal, 1997).

### تناوب‌ها در سامانه خاک‌ورزی مرسوم (گاوآهن برگردان‌دار)

عملکرد گندم در تناوب‌های (جو، ذرت و گندم) و (کلزا، ذرت و گندم) به ترتیب برابر با ۴۱۲۹ و ۴۱۱۸ کیلوگرم در هکتار بود که از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند و هر دو نوع تناوب به‌طور معنی‌دار عملکرد کمتری از چهار تناوب (کلزا، آفتابگردان و گندم)، (آیش، چغندرقد و گندم)، (گندم، آیش و گندم) و (کلزا، آیش و گندم) داشتند. عملکرد گندم در چهار تناوب اخیر به ترتیب برابر با ۴۵۷۶، ۴۸۲۴، ۴۷۱۲ و ۴۸۲۷ کیلوگرم در هکتار بود و از نظر عملکرد در یک گروه آماری قرار گرفتند. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد قرار گرفتن محصول ذرت قبل از کشت گندم یکی از دلایل افت عملکرد گندم نسبت به سایر تناوب‌ها محسوب می‌شود. استفاده از دو گیاه هم خانواده (هر دو از خانواده گندمیان) می‌تواند به دلایل مختلف (افزایش علف‌های هرز، اثرات فیتوتوکسیتی و...) موجب افت عملکرد شده (Anderson, 2003) و حضور گیاه ذرت قبل از کشت گندم، می‌تواند به‌عنوان مثالی برای این کاهش عنوان گردد (Meyer-Aurich et al., 2009). از سوی دیگر تهیه زمین مناسب برای کشت گندم پس از کشت ذرت حتی با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار به دلیل ریشه‌های محکم و فراوان ذرت کار مشکلی است و فرصت زمانی برای تهیه زمین گندم نیز اندک است. به هر حال مسائل مختلفی من جمله برآوردهای اقتصادی و منابع در دسترس کشاورز از جمله عوامل تأثیرگذار بر انتخاب گیاه در تناوب محسوب می‌شود (Rounsevell et al., 2003). حضور

رسی بودن خاک‌ها، نیاز به خاک‌ورزی جهت تهویه مناسب (Salekzamani et al., 2007) و توزیع یکنواخت‌تر عناصر غذایی در خاک (Hargrave, 1982) از دلایل اصلی افزایش عملکرد در سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم است. مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک با استفاده از سامانه خاک‌ورزی مرسوم در برخی مناطق جهان به عنوان یک رویکرد جهت افزایش عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال در شمال چین در تناوب‌هایی از قبیل گندم، ذرت برای افزایش کربن آلی خاک به صورت سالانه در هر هکتار ۱۴-۱۲ تن بقایا (معادل ۵/۶-۴/۵ تن کربن در هکتار) با لایه بالایی خاک مخلوط می‌گردد که می‌تواند موجب افزایش عملکرد گردد (Zeng and Wang, 2002). متوسط سنبله بارور در هر متر مربع در روش خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی حداقل به ترتیب برابر با ۴۶۴/۸ و ۴۶۱/۹ عدد بود که نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی (۳۷۰/۷) از نظر آماری برتری معنی‌دار داشت (جدول ۴). متوسط ارتفاع بوته در روش بدون خاک‌ورزی ۷۷/۴ سانتی‌متر بود که نسبت به هر یک از دو روش خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی حداقل، ۷ درصد کمتر بود. خاک‌ورزی مرسوم با شاخص برداشتی معادل ۴۲/۶ درصد بالاترین شاخص برداشت را در بین روش‌های خاک‌ورزی به خود اختصاص داد.

Salekzamani و همکاران (۲۰۰۷) نیز کاهش تعداد سنبله بارور و ارتفاع بوته در سامانه بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم را گزارش نمودند و این کاهش‌ها به استقرار کمتر گیاه و رشد کمتر ریشه‌ها نسبت دادند. افزایش شاخص برداشت به دلیل افزایش بیشتر جزء عملکرد اقتصادی نسبت به عملکرد بیولوژیک در سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم نسبت به سامانه‌های بدون خاک‌ورزی مورد تأکید برخی پژوهشگران است (Rabiee et al., 2011). به هر حال تأثیر نوع سامانه‌های خاک‌ورزی به نوع محصول زراعی، شرایط اقلیمی و نوع خاک بستگی دارد

کشت و کاربرد بقایای آفتابگردان در تناوب‌ها در کنترل علف‌های هرز عمومی مزارع گندم نیز می‌تواند از دلایل دیگر افزایش عملکرد گندم محسوب شود (Anjum and Bajwa, 2008). در برخی از پژوهش‌ها به نقش برخی از گیاهان به عنوان محصول قبل از کشت گندم در جذب مواد غذایی توجه شده است. به‌عنوان مثال حفظ بقایای سیب‌زمینی قبل از کشت با بهبود دسترسی نیتروژن در خاک موجب افزایش ۱۱ تا ۲۰ درصدی عملکرد ذرت شده است (Bundy and Andraski, 2005). در سامانه بدون خاک‌ورزی، استفاده از گیاه ذرت قبل از کشت گندم (صرف‌نظر از این که گیاه اول تناوب کلزا یا جو باشد) با کاهش عملکرد گندم (نسبت به تناوب‌هایی با حضور چغندرقد و آفتابگردان) همراه بود. در سامانه‌های بدون خاک‌ورزی، علاوه بر بقایای ساقه‌ها، حضور ریشه‌های حجیم و انبوه ذرت در خاک می‌تواند استقرار اولیه گیاه بعد از ذرت را کاهش داده و موجب کاهش عملکرد گردد. انبوهی بقایای گیاهی و کاهش عملکرد ناشی از آن به‌عنوان یک مشکل عمومی در سامانه‌های بدون خاک‌ورزی همواره مورد توجه بوده است (Jat et al., 2012).

در سامانه بدون خاک‌ورزی، وجود آیش یک ساله (بنا به ضرورت و عدم تأمین آب، مشابه مناطقی از استان اصفهان که وابسته به آب زاینده‌رود هستند) در تناوب گندم، آیش و گندم و همچنین آیش تابستانه در تناوب کلزا، آیش و گندم هیچ کدام تأثیر مثبتی در عملکرد گندم نداشتند. اساساً تأثیر مثبت آیش در سامانه‌های بدون خاک‌ورزی ممکن است در زراعت‌های دیم (به دلیل ذخیره رطوبت) و همچنین کنترل فرسایش‌های آبی و بادی مهم باشد (Higginbotham, 2011) اما در کشت آبی معمولاً عوامل نامساعدی مثل عدم تأمین آب و تأخیر در تاریخ کشت از جمله مواردی هستند که آیش ناخواسته را به کشاورزان تحمیل می‌کنند.

#### **تناوب‌ها در سامانه کم خاک‌ورزی (استفاده از کولتیواتور مزرعه)**

استفاده از سامانه کم خاک‌ورزی (کولتیواتور

محصولات زراعی همچون کلزا، آفتابگردان، چغندرقد و آیش در تناوب‌های زراعی بررسی شده با عملکرد بالاتر گندم همراه بود.

Zarefeizabadi and Azizi (۲۰۱۲) در مطالعه خود متوجه شدند از میان تناوب‌های زراعی مختلف، قرار گرفتن محصولاتی مثل چغندرقد و سیب‌زمینی قبل از کشت گندم، بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد داشت. وجود گیاهان روغنی مثل کلزا و آفتابگردان قبل از گندم با اثرات مثبت خود بر شرایط خاک می‌تواند باعث افزایش عملکرد گندم گردد (Janzen et al., 2003). در پژوهشی در خراسان، قرار گرفتن محصول سیب‌زمینی قبل از کشت گندم، کارایی استفاده از نیتروژن را نسبت به تناوب (گندم و گندم) ۲۴ درصد افزایش داد (Rahimzadeh et al., 2010). اصولاً گیاهان غیر هم‌خانواده در تناوب با شکستن سیکل آفات و بیماری‌ها و امکان مدیریت بهتر علف‌های هرز تابستانه در محصولات زمستانه و بالعکس شرایط را برای افزایش عملکرد محصولات یک تناوب فراهم می‌کنند (Halvorson et al., 1999).

#### **تناوب‌ها در سامانه بدون خاک‌ورزی**

در سامانه بدون خاک‌ورزی، دو تناوب (کلزا، آفتابگردان و گندم) و (آیش، چغندرقد و گندم) به ترتیب با عملکردهای گندم ۴۴۴۱ و ۴۱۵۸ کیلوگرم در هکتار به طور معنی دار عملکردهای بیشتری نسبت به سایر تناوب‌ها تولید نمودند (جدول ۴). دلیل اصلی افزایش عملکرد این دو تناوب را می‌توان به حضور آفتابگردان و چغندرقد قبل از گندم نسبت داد. در شرایط بدون خاک‌ورزی، محصولی مثل چغندرقد با بقایایی با نسبت کربن به نیتروژن کمتر از ۲۰ و قدرت نفوذ بالای ریشه و محصولی مثل آفتابگردان با ریشه‌های مستقیم و ایجاد شرایط مناسب در عمق نفوذ ریشه در خاک، زمینه را برای استقرار مناسب‌تر گندم فراهم می‌آورد (Zarefeizabadi and Azizi, 2012). افزایش تعداد سنبله بارور در این دو تناوب نیز بیانگر استقرار اولیه مناسب‌تر گیاهان بوده است. تأثیر مثبت

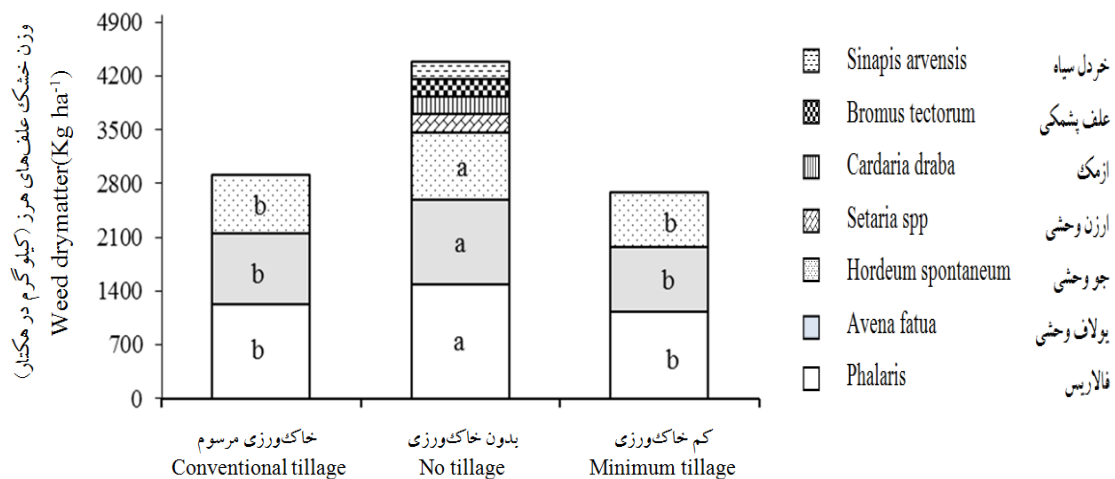


خاک‌ورزی مرسوم و کم خاک‌ورزی به ترتیب ۵۱ و ۶۴ درصد بیشتر بود. تنوع علف‌های هرز در سامانه بدون خاک‌ورزی نیز نسبت به دو سامانه دیگر افزایش یافت و چهار گونه ارزن وحشی، ازمک، جو وحشی و خردل وحشی نیز به علف‌های هرز اضافه شد. در مورد حضور علف‌های هرز یک ساله، برخی پژوهشگران معتقد به افزایش بوده (Roberts and Feast, 1973)؛ درحالی که برخی از محققین دیگر معتقد به کاهش تعداد علف‌های هرز در سامانه‌های کم خاک‌ورزی هستند (Mohler and Callaway, 1992). Murphy و همکاران (۲۰۰۶) در کانادا، تأثیر تناوب زراعی و سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی (گاواهن برگردان‌دار، بدون خاک‌ورزی و گاواهن قلمی) بر تراکم و تنوع علف‌های هرز در ۶ سال و ۳۶ مزرعه را بررسی و نشان دادند که تنوع گونه‌های علف‌های هرز در سامانه بدون خاک‌ورزی حداکثر، در حالت استفاده از گاواهن قلمی حالت بینابین و در حالت گاواهن برگردان‌دار حداقل بود. همان‌گونه که در جدول (۴) مشاهده می‌شود تناوب‌های (کلزا، آفتابگردان و گندم) و (آیش، چغندر قند و گندم) که دارای بالاترین عملکردهای گندم در هر سه سامانه خاک‌ورزی بودند، کمترین مقادیر وزن خشک علف‌های هرز را داشتند. در هر سه سامانه خاک‌ورزی تناوب‌هایی که گیاه هم‌خانواده گندم بلافاصله قبل آن وجود داشت (مثل جو، ذرت و گندم و یا کلزا، ذرت و گندم) کمترین مقادیر عملکرد و بیشترین مقادیر علف‌های هرز را دارا بودند. شیوه‌های مختلف عملیات زراعی، کاربرد علف‌کش‌های مختلف در محصولات مختلف و استفاده از قابلیت رقابت گونه‌های زراعی مختلف از دلایل کنترل جمعیت علف‌های هرز در تناوب‌های صحیح بوده، درحالی‌که تناوب‌های نامناسب و قرار دادن دو گیاه هم‌خانواده (مثلاً گندم و ارزن) به‌ویژه برای زمان‌های طولانی با افزایش چشم‌گیر علف‌های هرز همراه خواهد بود (Anderson, 2003).

مزرعه) در تناوب‌های مختلف تأثیر مشابه با سامانه خاک‌ورزی مرسوم از نظر عملکرد گندم داشت (جدول ۴). دو تناوب (جو، ذرت و گندم) و (کلزا، ذرت و گندم) که در آن‌ها ذرت قبل از گندم قرار گرفته بود، کمترین عملکردهای گندم را داشتند. کاهش معنی‌دار تعداد سنبله در متر مربع و ارتفاع کمتر ساقه در این دو تناوب بیانگر نامناسب بودن بستر فراهم شده برای کشت گندم پس از محصول ذرت است. تأثیر معنی‌دار نوع گیاه پیش از کاشت در سایر پژوهش‌ها نیز مورد تأکید است (Janzen et al., 2003)؛ اما نکته‌ای (Zarefeizabadi and Azizi, 2012). اما نکته‌ای که باید بیشتر به آن توجه کرد، تولید عملکردهای مشابه سامانه خاک‌ورزی مرسوم با سامانه بدون خاک‌ورزی است. به‌طور مشابه در مطالعه‌ای سه ساله در اسلونی تأثیر سه سامانه خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاواهن برگردان‌دار و دیسک)، بدون خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی (گاواهن قلمی و تیلر) بر عملکرد گیاهان زراعی یک تناوب بررسی شد و نتایج نشان داد عملکرد ذرت، گندم و سویا در حالت کم خاک‌ورزی به‌طور معنی‌دار بیش از حالت بدون خاک‌ورزی بود و در مورد کشت گندم، عملکرد معادل سامانه مرسوم بود (Kosutic et al., 2005).

### مقایسه وزن خشک علف‌های هرز در سه نوع سامانه خاک‌ورزی

تأثیر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بر مقدار و تنوع علف‌های هرز در شکل (۱) نشان داده شده است. سه نوع علف هرز فالاریس، یولاف و جو وحشی در هر سه سامانه خاک‌ورزی مرسوم، بدون خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی موجود بودند. وزن خشک فالاریس، یولاف وحشی و جو وحشی در سامانه بدون خاک‌ورزی به ترتیب برابر بود با ۱۴۸۵، ۱۰۰۲ و ۸۷۰ کیلوگرم در هکتار که نسبت به دو سامانه خاک‌ورزی مرسوم و کم خاک‌ورزی به‌طور معنی‌دار بیشتر بود. وزن خشک علف‌های هرز موجود در سامانه بدون خاک‌ورزی برابر با ۴۳۷۷ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به سامانه‌های



شکل ۱- مقایسه وزن خشک و تنوع گونه‌های مختلف علف هرز در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی

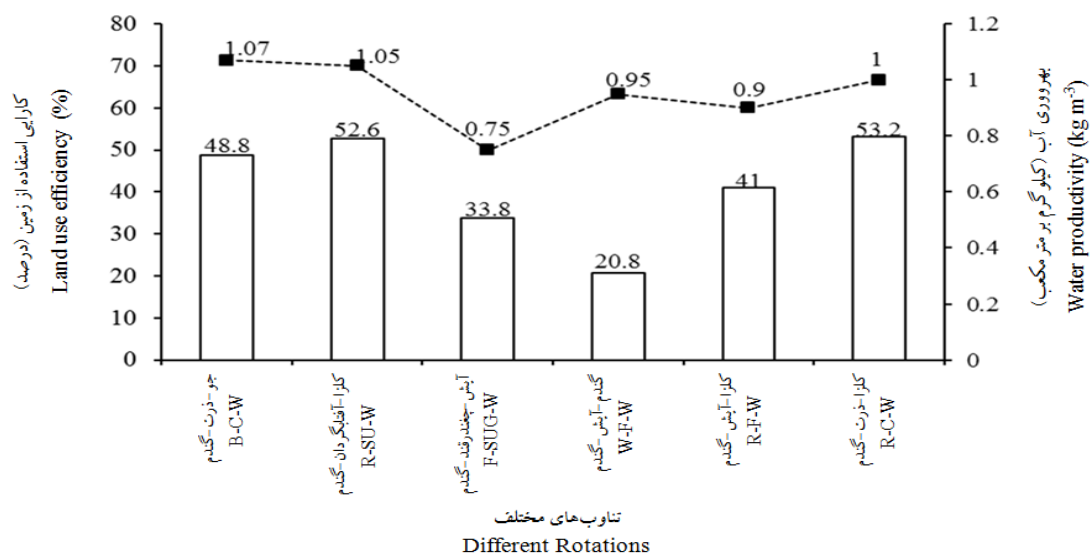
حروف مشترک برای ستون‌های با رنگ مشابه در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

Fig. 1. Compares the weed dry matter and different weed diversity in various tillage systems. Similar letters for the columns of with the same color in different tillage systems indicates the no significant difference.

چغندر قند و گندم) (جدول ۴). تناوب‌های دیگر مثل (جو، ذرت و گندم)، (کلزا، آفتابگردان و گندم) و (کلزا، ذرت و گندم) هم از شاخص بهره‌وری آبی معادل ۱ کیلوگرم بر متر مکعب و یا بیشتر برخوردار بوده و هم کارایی استفاده از زمین قابل قبول‌تری دارند. شاید به دلیل همین بازده اقتصادی مجموع گیاهان تناوب است که علی‌رغم کاهش عملکرد گندم در تناوب‌هایی که ذرت قبل از گندم قرار گرفته است (جدول ۴)، باز هم کشاورزان به حضور گیاه ذرت قبل از گندم علاقمند هستند. در پژوهشی که در ۵ سال زراعی در استان خراسان رضوی انجام شد از میان تناوب‌های مختلف، تناوب (گندم، ذرت، گندم، کلزا و گندم) با شاخص بهره‌وری آبی معادل ۱/۵۳ کیلوگرم بر متر مکعب بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری آبی را داشت (Zarefeizabadi and Azizi, 2012). استفاده از گیاهان روغنی غیر تثبیت‌کننده نیتروژن مانند کلزا و آفتابگردان در جهت افزایش عملکرد گندم در تناوب و افزایش کارایی تناوب مورد تأکید برخی از پژوهشگران است (Janzen et al., 2003).

#### مقایسه بهره‌وری آب و کارایی استفاده از زمین در تناوب‌های مختلف

صرف‌نظر از نوع سامانه‌های زراعی بکار رفته، بررسی تناوب‌ها از نظر کارایی استفاده از دو عامل زمین و آب می‌تواند قابل توجه باشد (شکل ۲). در میان تناوب‌ها، تناوب‌های دارای آیش از کمترین مقادیر بهره‌وری استفاده از آب و کمترین کارایی استفاده از زمین برخوردار بودند. به عنوان مثال شاخص بهره‌وری آب و کارایی استفاده از زمین در تناوب گندم، آیش و گندم به ترتیب برابر بود با ۰/۹۵ کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب و ۲۰/۸ درصد بود. البته باید به این نکته هم توجه داشت که وجود آیش در زراعت فاریاب در نواحی خشک و نیمه‌خشک معمولاً در شرایط اضطرار و به دلیل کمبود منابع آب به کشاورزان تحمیل می‌شود. درست به همین دلیل، با وجود گیاهانی مثل چغندر قند در تناوب که غالباً محصول خوبی به‌عنوان یک گیاه قبل از کشت گندم محسوب شده و عملکردهای خوب گندم پس از آن معمول است (Zarefeizabadi and Koocheki, 1998)، تناوب از کارایی لازم جهت استفاده از آب و زمین برخوردار نیست (به‌عنوان مثال تناوب آیش،



شکل ۲- مقایسه روند تغییرات میزان بهره‌وری آب و درصد کارایی استفاده از زمین در تناوب‌های مختلف. علامت‌های اختصاری عبارتند از: B (جو)، C (ذرت)، W (گندم)، R (کلزا)، SU (آفتابگردان)، F (آیش)، SUG (چغندرقد).  
**Fig. 2. Comparison of changes in water productivity, and land use efficiency at different rotations. Abbreviations are: B (Barley), C (Corn), W (Wheat), R (Rapeseed), Su (Sunflower), F (Fallow), SUG (Sugar beet).**

برگردان دار و حداقل) در تناوب‌های مختلف قابل توصیه نبوده و از میان تناوب‌های مورد بررسی تناوب کلزا، آفتابگردان و گندم کارآمدترین تناوب از نظر کارایی استفاده از آب و زمین تشخیص داده شد. این تناوب در سامانه بدون خاک‌ورزی که دارای عملکرد میانگین کمتری نسبت به دو سامانه دیگر است نیز از عملکرد قابل قبولی برخوردار بود. در شرایط این آزمایش (کوتاه مدت ۲ تا ۳ ساله) سامانه‌های بدون خاک‌ورزی نسبت به سامانه‌های مرسوم (گاواهن برگردان دار) افت عملکرد نسبتاً زیادی داشته و تراکم علف‌های هرز زیادتری نیز دارند. به نظر می‌رسد در این مواقع سامانه‌های خاک‌ورزی حداقل مناسب‌تر باشند.

### سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان و مدیریت حفظ نباتات سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان برای حمایت‌های مالی که از اجرای این تحقیق نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

گیاهانی مثل آفتابگردان با داشتن ریشه‌های عمیق و جذب آب از مناطقی از خاک که معمولاً قابل دسترس برای غلاتی مثل گندم و جو نیست باعث بهبود کارایی استفاده از آب در تناوب می‌شوند (Halvorson *et al.*, 1999). اگرچه بهره‌وری آب در تناوب‌های مختلف در این پژوهش دامنه‌ای از ۰/۹۵ تا ۱/۰۷ کیلوگرم بر متر مکعب داشت و با مقدار بهره‌وری در اراضی آبی کشور (۰/۷ کیلوگرم بر متر مکعب) (Abdolahi, 1997) مطابقت نسبی دارد، اما در مقایسه با کشورهای پیشرفته که این عدد معمولاً به بیش از ۱/۵ کیلوگرم می‌رسد، فاصله زیادی داشته و لزوم توجه بیشتر به بهره‌وری آب در تناوب‌های زراعی را خاطر نشان می‌سازد.

### نتیجه‌گیری

به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت استفاده از آیش به دلیل کارایی کم استفاده از زمین و آب مصرفی (علی‌رغم عملکردهای مناسب در سامانه‌های خاک‌ورزی

## References

1. Abdolahi, M. 1997. A comparative study of land utilization and performance evaluation system to determine the types and characteristics, optimum utilization and appropriate systems in Iran. Department of Agriculture, Department of Farming Systems, Tehran, 98 p. [In Farsi]
2. Anderson, R.L. 2003. An ecological approach to strengthen weed management in the semiarid Great Plains. *Advances in Agronomy*, 80: 33-62.
3. Anjum, T. and Bajwa, R. 2008. Screening of sunflower varieties for their herbicidal potential against common weeds of wheat. *Journal of Sustainable Agriculture*, 32 (2): 213-229.
4. Archer, D.W. and Reicosky, D.C. 2009. Economic performance of alternative systems in the northern Corn Belt. *Agronomy Journal*, 101: 296-304.
5. 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 American Journal*, 69: 640-648.
6. Daneshvarerad, Z., Esfahani, M., Peyman, M., Rabiee, M., and Sameizadeh, H. 2008. Effect of seedbed preparation methods on early yield, yield components and growth parameters of canola as a second crop in paddy fields. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12: 189-202. [In Farsi]
7. Derpsch, R. 2004. History of crop production, with and without tillage. *Leading Edge*, 3: 150-154.
8. Endale, D.M., Schomberg, H.H., Fisher, D.S., Jenkins, M.B., Sharpe, R.R., and Cabreta, M.L. 2008. No tillage corn productivity in a southeastern United States Ultisol amended with poultry litter. *Agronomy Journal*, 100: 1401-1408.
9. Halvorson, A.D., Black, A.L., Krupinsky, J.M., Merrill, S.T., and Tanaka, D.L. 1999. Sunflower response to tillage and nitrogen fertilization under intensive cropping in a wheat rotation. *Agronomy Journal*, 91: 637-642.
10. Halvorson, A.D., Mosier, A.R., Reule, C.R., and Bausch, W.C. 2006. Nitrogen and tillage effects on irrigated continuous corn yields. *Agronomy Journal*, 98: 63-71.
11. Hargrave, W.L. 1982. Influence of tillage practices on the fertility status of acid soil double-cropped to wheat and soybean. *Agronomy Journal*, 74: 684-687.
12. Hemat, A. and Asadeikhoshooei, A. 1997. The effects of cultivation systems, no-tillage and conventional tillage on yield wheat. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*, 28: 19-33. [In Farsi]
13. Higginbotham, R.W. 2011. Adaptability of wheat cultivars to a late-planted no-till fallow production system. *Sustainability*, 3: 1224-1233.
14. 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.
15. Jat, R.A., Wani, S.P., and Sahrawat, K.L. 2012. Conservation agriculture in the semi-arid tropics: prospects and problems. *Advances in Agronomy*, 117: 191-241.
  16. Jones, O.R. and Popham T. 1997. Cropping and tillage systems for dryland grain production. *Agronomy Journal*, 89: 222-232.
  17. Khosravani, A., Zareyan, S., and Afzali, S. 2000. Effect of different tillage methods on wheat grain yield. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 31: 269-277. [In Farsi]
  18. Kosutic, S., Filipovic, D., Gospodaric, Z., Husnjak, S., Kovacev, I., and Copec, K. 2005. Effects of different soil tillage systems on yield of maize, winter wheat and soybean on Albic Luvisol in north-west Slavonia. *Central European Agriculture Journal*, 3: 241-248.
  19. Lal, R. 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigation greenhouse effect by CO<sub>2</sub>. *Enrichment Soil Tillage Research*, 43: 81-107.
  20. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304: 1623-1627.
  21. Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation Development*, 17: 197-209.
  22. Lichtfouse, E. 2011. Alternative farming systems, biotechnology, drought stress and ecological fertilization. Springer Dorecht Heidelberg London New York, 354 pp.
  23. 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- wheat rotation. *Agronomy Journal*, 101: 1538-1547.
  24. Mohler, C.L. and Callaway, M.B. 1992. Effects of tillage and mulch on the emergence and survival of weeds in sweet corn. *Journal of Applied Ecology*, 29: 21-34.
  25. Murphy, S.D., Clements, D.R., Belaoussoff, S., Kevan, P.G., and Swanton, C.J. 2006. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation. *Weed Science*, 54: 69-77.
  26. Omid, H., Tahmasbi, Z., and Modaresi, A.M. 2005. Effect of tillage system and row spacing on seed yield and oil content of two rapeseed. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 7: 97-110. [In Farsi]
  27. Rabiee, M., Alizadeh, M.A., Rajabian, M.A. 2011. The effect of tillage and rice residue management system on grain rapeseed yield and its components in as second culture in paddy fields. *Journal of Seed and Plant Improvement*, 27: 127-164. [In Farsi]

28. Rahimzadeh, M., Kashani, A., Zare-Feizabadi, A., Koocheki, A., and Nassiri-Mahallati, M., 2010. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. *Australian Journal of Crop Science*, 4: 363-368.
29. Roberts, H.A. and Feast, P.M. 1973. Changes in the numbers of viable weed seeds in soil under different regimes. *Weed Research*, 13: 298-303.
30. Rounsevell, M.D.A., Annetts, J.E., Audsley, E., Mayr, T., and Reginster, I. 2003. Modeling the spatial distribution of agricultural land use at the regional scale. *Agricultural Ecosystem and Environment*, 95: 465-479.
31. Salekzamani, A., Anaeimilani, A., and Zaboletani, M. 2007. Effect of various seedbed preparations on yield and yield components of wheat Alvand in East Azerbaijan. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 9: 90-98. [In Farsi]
32. Toliver, D.T., Larson, J.A., Roberts, R.K., English, B.C., Ugarte, D.G., and West, T.O. 2012. Effects of no-till on yields as influenced by crop and environmental factors. *Agronomy Journal*, 104: 211-220.
33. Tomar, S. and Tiwar A. 1990. Production potential and economics of different crop sequences. *Indian Journal Agronomy*, 32: 30-35.
34. Wilhelm, W.W. and Wortmann, C.S. 2004. Tillage and rotation interactions for corn and soybean grain yield as affected by precipitation and air temperature. *Agronomy Journal*, 96: 425-432.
35. Zarefeizabadi, A. and Azizi. M. 2012. Effect of different crop rotation systems on wheat yield in cold regions of Razavi Khorasan Province. *Journal of Seed and Plant Improvement* 28: 261-275. [In Farsi]
36. Zarefeizabadi, A. and Koocheki, A. 1998. Investigation of yield and conventional farming systems, and ecologic for two wheat cultivars of Bezostaya and Alamut in different rotations. *Journal of Agricultural Science*, 3: 55-63. [In Farsi]
37. Zeng, M.X. and Wang R.F. 2002. Summary of returning straw into field of main agriculture areas in China. *China Journal of Soil Science*, 33: 336-339.