

تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و زمان انجام پی‌آب بر عملکرد گندم آبی در سیستم کاشت روی پشته‌های عریض

علی اکبر صلح‌جو* و سیدابراهیم دهقانان**

*نگارنده مسئول: نشانی: فارس، زرقان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، دورنگار (۰۷۱۲)۴۲۲۲۴۷۱،

پایان‌نگار: solhjou@farsagres.ir

** به ترتیب: استادیار و مربی پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۱۸

چکیده

از عوامل مؤثر بر عملکرد گندم، استفاده بهینه از بقایای گیاهی و آب است. از این رو نیاز است تا روش‌های مدیریت بقایای گیاهی و زمان اجرای پی‌آب روی پشته‌های عریض بررسی و ارزیابی شود. این تحقیق در قالب طرح آماری اسپلیت بلوک و به مدت سه سال اجرا شد. تیمار اصلی، مدیریت بقایای گیاهی شامل: الف، سوزاندن بقایای گیاهی، ب، خارج کردن قسمت عمده‌ای از بقایای گیاهی + ساقه خردکردن و ج، خارج کردن قسمت عمده‌ای از بقایای گیاهی + ساقه خردکردن + شخم با گاواهن برگردان‌دار است. تیمار فرعی زمان اجرای پی‌آب شامل: الف، ۷ روز پس از کاشت، ب، ۱۴ روز پس از کاشت و ج، ۲۱ روز پس از کاشت در ۳ تکرار است. پارامترهای شاخص مخروطی خاک، درصد رطوبت خاک، درصد سبزی، درصد بقایای گیاهی مانده بر سطح خاک، میزان آب مصرفی و عملکرد گندم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاواهن برگردان‌دار، در مقایسه با سوزاندن بقایای گیاهی، باعث کاهش: شاخص مخروطی خاک به میزان ۱۸/۸ درصد، میزان سبزی شدن ۷ درصد، بقایای گیاهی مانده بر سطح خاک به میزان ۶۳ درصد و آب مصرفی به میزان ۵ درصد و نیز باعث افزایش ماده آلی خاک به میزان ۳/۵ درصد، عملکرد گندم به میزان ۵ درصد و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد گندم به میزان ۱۱/۳ درصد شده است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که زمان اجرای پی‌آب تأثیر خاصی بر عملکرد گندم ندارد و می‌توان آن را به مدت ۲۱ روز از تاریخ کاشت به تاخیر انداخت یا به عبارت دیگر آن را حذف کرد.

واژه‌های کلیدی

پشته‌های عریض، پی‌آب، کارایی مصرف آب، گندم آبی، مدیریت بقایای گیاهی

مقدمه

کاهش تبخیر از سطح خاک گزارش کرده‌اند (Jones et al., 1969; Unger, 1978). در آمریکا، سیستم خاک‌ورزی حفاظتی بین کشاورزان در حال افزایش است، به طوری که در سال ۱۹۸۹، ۵/۱ درصد و در سال ۱۹۹۸، ۱۶/۳ درصد از کشاورزان از سیستم خاک‌ورزی حفاظتی استفاده کرده‌اند (Parsch et al., 2001).

استفاده از بقایای گیاهی باعث افزایش عملکرد گندم نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، به میزان ۸ درصد در

رشد روزافزون جمعیت و نیاز به تولید محصولات غذایی بیشتر، اهمیت استفاده بهینه از منابع آب را هر روز بیشتر نمایان می‌سازد. برای افزایش سطح تولید محصولات کشاورزی باید راندمان مصرف آب آبیاری را افزایش داد. برخی از محققان گزارش داده‌اند که عملکرد گیاه در شرایط اعمال خاک‌ورزی حفاظتی افزایش می‌یابد و علت آن را افزایش رطوبت خاک در دوره فصل رشد و

روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت از طریق تغییر در شرایط فیزیکی بستر بذر، یعنی مشخصه‌های حرارتی، رطوبتی، تهویه‌ای و مقاومتی خاک می‌توانند بر نحوه سبز شدن بذر مؤثر باشند (Godwin, 1990). جوانه‌زنی و سبز شدن سریع و کامل بذر گندم، احتمال دستیابی به عملکرد خوب را بالا می‌برد (Hemmat, 1996). خاک‌ورزی به‌طور مستقیم بر روی خرد شدن و توزیع بقایای گیاهی در خاک و به‌طور غیر مستقیم روی شرایط محیطی تأثیر می‌گذارد که این اثر می‌تواند روی تجزیه بقایای گیاهی، جوانه زدن بذر و خروج دانه از سطح خاک مؤثر باشد. هنوز بحث درباره استفاده از روش‌های بدون خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در حال پیشرفت و بهبود است، زیرا برای همه موقعیت‌ها راه‌حل واحدی وجود ندارد. ترکیبات زیادی از روش‌های خاک‌ورزی برای آماده‌سازی بستر بذر، کنترل علف‌های هرز، مدیریت بقایای گیاهی و کنترل فرسایش وجود دارد که باید با توجه به ضرورت‌های منطقه‌ای (اقلیم، خاک، تکنیک‌ها و اجابره‌های اقتصادی - اجتماعی) انتخاب گردند (Guerif *et al.*, 2001).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از سیستم کاشت روی پشته‌های عریض تأثیری روی عملکرد گندم و ذرت نداشته است ولی باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌شود (Karrou *et al.*, 2012). نتایج بررسی دیگر محققان نشان می‌دهد که سیستم کاشت روی پشته‌های عریض، نسبت به روش کاشت مرسوم روی سطح صاف، باعث افزایش عملکرد گندم به میزان ۲۴/۵ درصد و کاهش آب مصرفی به میزان ۲۲/۵ درصد شده است (Ali *et al.*, 2012). گزارش شده است که قراردادن بقایای گیاهی در سطح خاک باعث کاهش حداکثر دمای خاک در منطقه بذر تا حدود ۳ درجه سلسیوس می‌شود. کارایی مصرف آب در روش کاشت روی پشته‌های عریض

بنگلادش، ۹ درصد در سودان و ۶ درصد در مکزیک شده است (Badaruddin *et al.*, 1999). نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، وجود بقایای گیاهی گندم در سطح خاک تأثیر معنی‌داری روی عملکرد پنبه ندارد ولی رطوبت خاک را در لایه ۲۰ سانتی‌متری سطح خاک در سراسر فصل رشد، و نفوذپذیری آب را در خاک افزایش می‌دهد. در سال‌های خشک، وجود بقایای گیاهی تأثیر معنی‌داری در افزایش رطوبت خاک دارد (Mukergi & Uerma, 1994). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که دستگاه ساقه خردکن ذرت، در مقایسه با دیسک و روتیواتور، تأثیر بهتری در خرد کردن ساقه‌های ذرت دارد. همچنین معلوم شده که بعد از گذشت حدود ۱۸ ماه، در کرت‌هایی که بقایای ذرت به خاک برگردانده شده‌اند، کربن آلی خاک حدود ۷/۲ درصد افزایش یافته، در حالی‌که در کرت‌هایی که بقایای ذرت بیرون برده شدند، کربن آلی خاک تغییری پیدا نکرده است (Heidari, 2004). صلح جو و همکاران (Solhjou *et al.*, 2001) در تحقیقات خود نشان دادند که شخم زدن با گاواهن برگردان دار و در رطوبت ۱۳ تا ۱۵ درصد، در حدود ۹۴ درصد بقایای گیاهی را به داخل خاک برمی‌گرداند. بوخاری و همکاران (Bukhari *et al.*, 1988) میزان برگرداندن بقایای گیاهی به خاک را با گاواهن برگردان دار، ۹۵ درصد گزارش داده‌اند. یک گاواهن برگردان دار با عمق کار حداکثر ۲۷ تا ۳۰ سانتی‌متر، حداقل ۷۵ درصد بقایای گیاهی را در عمق زیر ۱۵ سانتی‌متر قرار می‌دهد در صورتی‌که یک گاواهن قلمی (چیزل) یا دیسک با عمق تقریبی کمتر از ۱۵ سانتی‌متر، بقایای گیاهی را تا عمق کمتر از ۱۰ سانتی‌متر مخلوط می‌کند (Staricka *et al.*, 1991). به‌دلیل منع قانونی جلوگیری از خروج مستقیم گاز CO₂، مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک از طریق شخم زدن یا چیزل بهتر است تا سوزاندن آنها (Cannell & Hawes, 1994).

سطح صاف می‌کارند، ۸ درصد افزایش عملکرد و ۲۵ درصد کاهش هزینه عملیاتی داشته‌اند (Sayre, 2000). مزایای سیستم کاشت روی پشته‌های عریض عبارت‌اند از: کاهش عملیات خاک‌ورزی، کنترل علف‌های هرز در زمان کاشت به‌طور مکانیکی، کاهش سموم مصرفی، زودتر سبز شدن محصول و یکنواختی آن، جذب بهتر کود اوره، فراهم شدن خاک نرم و مناسب در قسمت پشته‌ها، کاهش هزینه تولید، افزایش راندمان آبیاری و افزایش فاصله آبیاری بین خاک آب و پی‌آب (Solhjou, 2003; Amin et al., 2004; Solhjou, 2007). هدف از این مقاله بررسی تأثیر مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی و زمان انجام پی‌آب بر عملکرد گندم آبی در سیستم کاشت روی پشته‌های عریض است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان اجرا شد. زرقان در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی واقع شده است، ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۱۵ متر و میانگین بارندگی سالانه آن ۳۴۲ میلی‌متر است. مشخصات خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول ۱ داده شده است.

برای دو محصول ذرت و گندم نیز در مقایسه با کاشت در سطح صاف، به‌ترتیب ۷۸ و ۲۲/۷ درصد افزایش داشته است (Ram et al., 2012). تحقیقات در پنج منطقه کشور چین نشان می‌دهد که روش کاشت روی پشته‌های عریض، نسبت به روش کاشت بر سطح صاف، عملکرد گندم را بین ۶/۶ تا ۱۳ درصد افزایش داده است (Wang et al., 2011). نتایج آزمایش‌های انجام شده روی ۳ واریته گندم و ۲ زمان پی‌آب، یکی ۴۰ روز بعد از کاشت و در دیگری بدون پی‌آب بعد از کاشت، نشان می‌دهد که انجام پی‌آب باعث افزایش عملکرد گندم می‌شود (Kumar et al., 1995). در هند، تأثیر ۳ زمان پی‌آب روی عملکرد پنبه بررسی شده و نتایج حاصل از تیمارهای پی‌آب شامل: الف- ۲۵-۲۰ روز بعد از خاک آب، ب- ۳۵-۳۰ روز بعد از خاک آب و ج- ۴۵-۴۰ روز بعد از خاک آب نشان داد که تیمارهای آبیاری فوق، تأثیر معنی‌داری روی عملکرد و کیفیت پنبه ندارد (Mukergi & Uerma, 1994).

اکثر کشاورزان منطقه یاکی‌والی ایالت سونارا در کشور مکزیک برای کاشت گندم از پشته‌های عریض به فاصله‌های ۰/۷۵ متر که روی آنها ۲ یا ۳ ردیف گندم کاشته می‌شود استفاده می‌کنند (Limon-Ortega et al., 2000). کشاورزانی که در این منطقه گندم را روی پشته‌های عریض کشت می‌کنند، نسبت به کشاورزانی که گندم را به‌صورت سنتی بر روی

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه مورد آزمایش در زرقان فارس

| بافت خاک | شن (درصد) | سیلت (درصد) | رس (درصد) | کربن آلی (درصد) | اسیدیته گل اشباع | عمق نمونه‌گیری (سانتی‌متر) |
|------------------|-----------|-------------|-----------|-----------------|------------------|----------------------------|
| لوم رسی سیلت‌دار | ۱۲/۷ | ۵۰/۰ | ۳۷/۳ | ۰/۸۰ | ۸/۰ | ۰-۱۰ |
| لوم رسی سیلت‌دار | ۱۰/۷ | ۴۸/۰ | ۴۱/۳ | ۰/۷۵ | ۸/۰ | ۱۰-۲۰ |
| لوم رسی سیلت‌دار | ۱۲/۷ | ۵۰/۰ | ۳۷/۳ | ۰/۷۲ | ۸/۰ | ۲۰-۳۰ |

قسمت عمده بقایای گیاهی + ساقه خرد کردن (R)، ج، خارج کردن قسمت عمده بقایای گیاهی + ساقه خرد کردن و شخم با گاواهن برگردان‌دار (RP) و تیمار

این تحقیق در قالب طرح آماری اسپلیت بلوک (طرح نواری) اجرا شد. تیمار اصلی مدیریت بقایای گیاهی شامل: الف، سوزاندن بقایای گیاهی (B)، ب، خارج کردن

شکل‌دهی مجدد پشته‌ها از دستگاه خاک‌ورزی مرکب ساخته شده استفاده گردید. قبل از شخم زدن با گاوآهن برگردان‌دار و خاک‌ورز مرکب از دستگاه ساقه خردکن استفاده شد. برای کاشت بذر در این طرح از دستگاه خطی‌کار و تراکتور چرخ باریک استفاده شد. برای خاک‌ورزی ثانویه در تیمار ساقه خردکن + شخم با گاوآهن برگردان‌دار از دیسک (۴ بار عبور) و لولر (۲ بار) استفاده شد (مشخصات فنی ماشین‌های مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است).

میزان کود مصرفی K, P, N به ترتیب ۱۲۴، ۱۰ و ۲۰/۸ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد که کودهای فسفر (فسفات آمونیوم) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) در زمان کاشت و نیمی از کود نیتروژن (اوره) به صورت سرک به خاک اضافه شد. از گندم رقم مرودشت به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هر هکتار استفاده و زمان کاشت در آبان‌ماه انتخاب شد. در هر تیمار پارامترهای شاخص مخروطی خاک، درصد رطوبت خاک، درصد سبزه، درصد بقایای گیاهی مانده بر سطح خاک، میزان آب مصرفی و عملکرد گندم اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید.

فرعی زمان انجام پی‌آب شامل: الف، ۷ روز پس از کاشت (I₇)، ب، ۱۴ روز پس از کاشت (I₁₄) و ج، ۲۱ روز پس از کاشت (I₂₁) در ۳ تکرار است که به مدت ۳ سال اجرا گردید. فاصله جویچه‌ها از یکدیگر ۷۵ سانتی‌متر و ابعاد هر تیمار ۲۰ × ۵ متر در نظر گرفته شد. برای خارج کردن قسمت عمده بقایای گیاهی گندم، بقایای گیاهی خارج شده از پشت کمباین به خارج از مزرعه مورد آزمایش انتقال داده شد.

کلیه تیمارها قبل از کاشت آبیاری شدند. گندم به صورت نم‌کار کشت شده و برای تشکیل بستر بذر در سال اول آزمایش زمین، کلیه تیمارها شخم و دیسک زده شد. پس از ایجاد جویچه‌هایی به فاصله‌های ۷۵ سانتی‌متر، تیمارهای مورد نظر اعمال گردید. در سال‌های بعد، پس از اعمال تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی، زمین آبیاری شد و پس از اجرای عملیات کولتیواتور و شکل‌دهی مجدد پشته‌ها، عملیات کاشت گندم انجام شد. برای تیمار سوم بقایای گیاهی، پس از استفاده از ساقه خردکن، زمین با گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و پس از دیسک زدن، جویچه‌ها به فاصله‌های ۷۵ سانتی‌متر احداث گردید. پس از آبیاری، کولتیواتورزنی، و شکل‌دهی، همانند دیگر تیمارها، عملیات کاشت شروع شد. برای کولتیواتور زدن و

جدول ۲- مشخصات فنی ماشین‌های مورد استفاده در طرح

| مشخصات | عرض کار (متر) | نوع ماشین | ردیف |
|---|---------------|--------------------|------|
| سوارشونده، سه خیشه، ساخت شرکت فارس کاوه-ایران. | ۰/۹ | گاوآهن برگردان‌دار | ۱ |
| کششی، دوزانبویی دو ردیفه با ۳۶ عدد بشقاب، قطر بشقاب‌ها ۵۵ سانتی‌متر، بشقاب‌های ردیف جلو لبه کنگره‌ای و ردیف عقب لبه صاف، ساخت شرکت جان‌دیر آمریکا. | ۴/۰ | هرس بشقابی | ۲ |
| سوارشونده، دارای ۶۰ عدد تیغه، تیغه‌ها از نوع انحنادار، شافت ۶ خار (۵۴۰ دور در دقیقه)، ساخت شرکت‌های ایران. | ۲/۲۰ | ساقه خردکن | ۳ |
| سوارشونده، ۴ عدد تیغه پنجه‌غازی در جلو و ۵ عدد تیغه فاروئر در عقب به همراه یک عدد غلتک صاف، قابلیت جایگزینی تیغه‌های پنجه‌غازی به جای فاروئر و قابلیت تغییر عرضی و ارتفاع تیغه‌ها، ساخت صلح‌جو - ایران. | ۳/۰ | خاک‌ورز مرکب | ۴ |
| سوارشونده، دارای موزع شیاردار، شیار بازکن کفشکی، دارای ۲ عدد چرخ، ۶ عدد فاروئر، ساخت شرکت ماشین برزگر همدان - ایران. | ۳/۰ | خطی‌کار | ۵ |

تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و زمان انجام پی‌آب...

$$(2) \quad 100 \times \frac{\text{تعداد بذرهاى سبز شده}}{\text{درصد خلوص بذر} \times \text{قوه نامیه بذر} \times \text{تعداد بذرهاى کاشته شده}} = \text{درصد سبز شدن}$$

هم‌زمان با اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک، درصد رطوبت خاک نیز در اعماق صفر تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای بررسی تأثیر این سیستم در حفظ رطوبت خاک در شرایط کم‌آبیاری، یک روز قبل از آبیاری در ۴ عمق صفر تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰، ۶۰ تا ۹۰ و ۹۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متری رطوبت خاک در مرکز هر پشته اندازه‌گیری شد. با اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از آبیاری، محدوده جذب رطوبت به توسط ریشه و توسعه موثر ریشه بررسی شد. رطوبت به روش وزنی و با قرار دادن نمونه‌های تهیه شده در آن به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد.

برای تعیین عمق آب آبیاری، از مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت خاک استفاده شد. بدین منظور، در هر آبیاری، رطوبت خاک در محدوده عمق ریشه به حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. برای تعیین عمق آب آبیاری با احتساب راندمان آبیاری ۷۰ درصد، از رابطه ۳ استفاده گردید:

$$(3) \quad d = \frac{(\theta_{fc} - \theta_i)D}{0.7} \times BD$$

که در آن،

θ_i, θ_{fc} به ترتیب = رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه؛ و رطوبت وزنی خاک در هنگام آبیاری (مترمکعب بر مترمکعب)؛ D = عمق توسعه ریشه (متر)؛ و BD = جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب).

حجم آب ورودی به هر کرت از حاصل ضرب عمق آب آبیاری در مساحت هر پلات حاصل شد که توسط لوله به ابتدای هر کرت انتقال داده شد. حجم آب مورد نیاز توسط کنترل حجمی و اسنجی شده اعمال گردید.

شاخص مخروطی خاک مزرعه مورد نظر با دستگاه نفوذسنج مخروطی اندازه‌گیری شد. برای اجرای آزمایش با دستگاه نفوذسنج، از یک مخروط با زاویه ۳۰ درجه و قطر ۱۲/۸۳ میلی‌متر، برابر استاندارد انجمن مهندسی کشاورزی آمریکا (Anon, 1995)، استفاده شد. چون شاخص مخروطی خاک به عنوان شاخص مقاومت مکانیکی خاک مزرعه ارزیابی می‌شود، لذا در ۱۰ نقطه از هر کرت و در روی پشته‌ها بعد از اولین آبیاری و در هر نقطه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و در محدوده رطوبتی ۱۹-۲۱ درصد (میانگین رطوبت از عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متر) شاخص مخروطی خاک اندازه‌گیری شد (Perumpral, 1987; Solhjou & Loghavi, 2000; Solhjou & Niazi, 2001).

قبل از اجرای تحقیق در سال اول و پس از پایان اجرای تحقیق، نمونه‌های خاک از عمق‌های صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰، و ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر گرفته شد و برای تعیین درصد ماده آلی خاک در هر تیمار به آزمایشگاه ارسال گردید.

قبل و بعد از عملیات خاک‌ورزی، در چهار نقطه از هر کرت به‌طور تصادفی، بقایای گیاهی موجود در کادری به ابعاد ۰/۵ × ۰/۵ متر جمع‌آوری، و توزین گردید. با استفاده از رابطه ۱، درصد بقایای گیاهی مانده بر سطح خاک (F) محاسبه شد:

$$(1) \quad F = \frac{W_a}{W_b} \times 100$$

که در آن،

W_a = وزن خشک علف‌های هرز و بقایای گیاهی موجود بعد از اجرای عملیات (کیلوگرم)؛ و W_b = وزن خشک علف‌های هرز و بقایای گیاهی موجود قبل از اجرای عملیات (کیلوگرم).

تعداد بذرهاى سبز شده در فاصله طولی یک متر به ازای هر پلات اندازه‌گیری و سپس با توجه به رابطه ۲، درصد سبز شدن گندم محاسبه گردید:

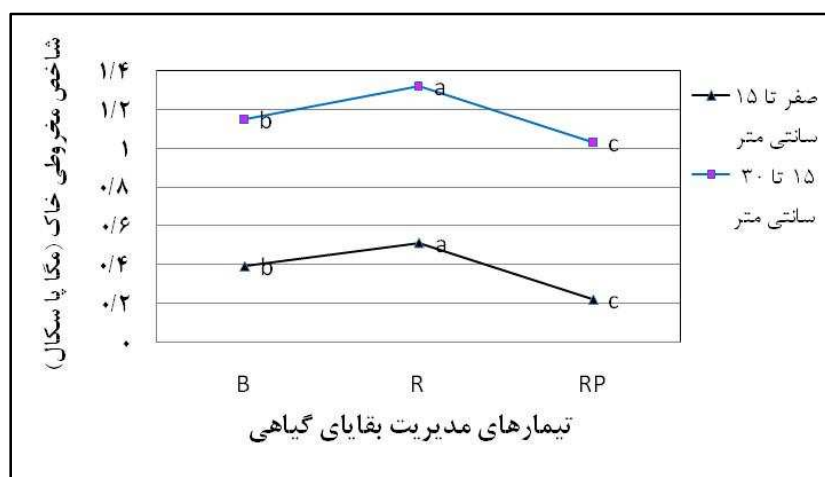
میزان شاخص مخروطی خاک در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر با میانگین ۱/۰۳ مگاپاسکال مربوط به تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاوآهن برگردان‌دار و بیشترین آن با میانگین ۱/۳۲ مگاپاسکال مربوط به تیمار استفاده از ساقه خردکن است (شکل ۱). با توجه به اینکه در تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاوآهن برگردان‌دار از گاوآهن برگردان‌دار و به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر استفاده شده ولی در تیمارهای سوزاندن بقایای گیاهی (B) و استفاده از ساقه خردکن از خاک‌ورز مرکب و در عمق ۱۲ سانتی‌متر استفاده شده است، بنابراین میزان شاخص مخروطی خاک در تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاوآهن برگردان‌دار نسبت به تیمارهای سوزاندن بقایای گیاهی و استفاده از ساقه خردکن کاهش بیشتری داشته است. در تحقیقات دیگر نیز نشان داده شده که با افزایش عمق خاک‌ورزی، شاخص مخروطی خاک کاهش می‌یابد (Solhjou *et al.*, 2001; Solhjou & Niazi, 2001; Limon-Ortega *et al.*, 2002).

برای تعیین عملکرد گندم در هر تیمار، حاشیه‌های هر پلات حذف و به فاصله طولی ۱۰ متر عملیات برداشت انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص مخروطی خاک

ارتباط شاخص مخروطی خاک با عمق در تیمارهای مختلف بقایای گیاهی در شکل ۱ نشان داده شده است. به‌طور میانگین، تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاوآهن برگردان‌دار (RP)، نسبت به تیمار سوزاندن بقایای گیاهی + خاک‌ورزی مرکب، باعث کاهش ۱۸/۸ درصدی شاخص مخروطی خاک در عمق‌های صفر تا ۳۰ سانتی‌متر شده است. کمترین میزان شاخص مخروطی خاک در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر با میانگین ۰/۲۲ مگاپاسکال مربوط به تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاوآهن برگردان‌دار و بیشترین آن با میانگین ۰/۵۱ مگاپاسکال مربوط به تیمار استفاده از ساقه خردکن (R) است (شکل ۱). کمترین



شکل ۱- میانگین شاخص مخروطی خاک با عمق در تیمارهای مختلف بقایای گیاهی

میانگین ۶۰/۴۷ درصد مربوط به تیمار استفاده از ساقه خردکن است (جدول ۳). از دلایل افزایش درصد سبز در تیمار سوزاندن بقایای گیاهی، نبود مزاحمت از جانب

درصد سبز شدن
بیشترین درصد سبز گندم با میانگین ۷۰/۰۳ درصد
مربوط به تیمار سوزاندن بقایای گیاهی و کمترین آن با

(آللوپاتیک) است. بیشترین درصد سبز گندم مربوط به تیمار آبیاری ۷ روز پس از کاشت با میزان ۶۷/۸۹ درصد و کمترین آن با میانگین ۶۲/۰۱ درصد مربوط به تیمار آبیاری ۲۱ روز پس از کاشت است، هر سه تیمار در یک گروه آماری قرار می‌گیرند و اختلاف خاصی بین آنها مشاهده نمی‌شود.

بقایای گیاهی در زمان کاشت و تماس مناسب‌تر بذر با خاک است (Chaudhuri, 2001; Guerif *et al.*, 2001). همچنین عمق شخم کم روتوتیلر باعث مخلوط شدن بقایای گیاهی با خاک سطحی شده است که می‌تواند از تماس مناسب بذر با خاک جلوگیری کند. از طرف دیگر، وجود بقایای گیاهی گندم در منطقه بذر می‌تواند باعث کاهش سبز شدن بذر شود که ناشی از اثر دگرآسیبی

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های درصد سبز و درصد بقایای گیاهی مانده بر سطح خاک و درصد ماده آلی خاک در تیمارهای مختلف مدیریت بقایای گیاهی

| تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی | سبز شدن (درصد) | بقایای گیاهی مانده بر سطح خاک (درصد) | ماده آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر (درصد) |
|--|----------------|--------------------------------------|--|
| سوزاندن بقایای گیاهی | ۷۰/۰۳a | ۵/۳۰b | ۰/۸۶a |
| استفاده از ساقه خردکن | ۶۰/۴۷b | ۱۱/۰۷a | ۰/۸۵a |
| استفاده از ساقه خردکن + گاواهن برگردان‌دار | ۶۵/۳۹a | ۱/۹۴c | ۰/۸۹a |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

(Bukhari *et al.*, 1988; Guerif *et al.*, 2001; Solhjou *et al.*, 2001)

درصد ماده آلی خاک

جدول ۳ نشان می‌دهد که هرچند از لحاظ آماری تفاوت خاصی بین تیمارها نیست ولی بیشترین میزان درصد ماده آلی خاک در میانگین عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر مربوط به تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاواهن برگردان‌دار است که نسبت به تیمار سوزاندن بقایای گیاهی، افزایش ۳/۵ درصدی را نشان می‌دهد. دیگر محققان نیز نشان داده‌اند که مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک باعث افزایش ماده آلی خاک می‌شود و با خودداری از سوزاندن بقایای گیاهی، به کاهش آلودگی‌های محیط زیست کمک خواهد شد (Godwin, 1990; Guerif *et al.*, 2001; Limon-Ortega *et al.*, 2002)

درصد بقایای گیاهی مانده بر سطح خاک

استفاده از ساقه خردکن، باعث باقی ماندن بیشترین درصد بقایای گیاهی در سطح خاک با میانگین ۱۱/۰۷ درصد شده است و کمترین آن با میانگین ۱/۹۴ درصد مربوط به تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاواهن برگردان‌دار است (جدول ۳). خردکن بقایای گیاهی بعد از برداشت و قبل از خاک‌ورزی، بر ابعاد و نحوه توزیع آنها در خاک تأثیر می‌گذارد. از طرف دیگر، عملیات خاک‌ورزی و به‌ویژه شخم زدن با گاواهن برگردان‌دار بقایای گیاهی بیشتری را به داخل خاک می‌فرستد. عوامل فوق باعث شده است تا درصد بقایای گیاهی مانده بر سطح خاک در تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاواهن برگردان‌دار کمتر از دیگر تیمارها شود. در تحقیقات دیگر نیز نشان داده شده که با استفاده از گاواهن برگردان‌دار درصد کمی از بقایای گیاهی در سطح خاک باقی می‌ماند

عملکرد محصول

استفاده کرد (Mukergi & Uerma, 1994; Sayre, 2000; Solhjou, 2003).

کارایی مصرف آب

بیشترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد گندم با میانگین ۱/۴۴ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مربوط به تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاوآهن برگردان دار و کمترین آن (با میانگین های ۱/۳۱ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب) مربوط به تیمار سوزاندن بقایای گیاهی است. کارایی مصرف آب در تیمار ساقه خردکن برابر ۱/۳۹ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب است (جدول ۴). میانگین کاربرد ساقه خردکن + گاوآهن برگردان دار، نسبت به تیمار سوزاندن بقایای گیاهی، باعث افزایش ۱۰ درصدی کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد گندم شده است.

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از ساقه خردکن + گاوآهن برگردان دار باعث افزایش عملکرد گندم و کاهش آب مصرفی می‌شود و در مجموع کارایی مصرف آب را بر اساس عملکرد گندم بالا می‌برد. دیگر محققان نیز اعلام کرده‌اند که استفاده از سیستم کاشت روی پشته‌های عریض به همراه بقایای گیاهی کارایی مصرف آب را بر اساس عملکرد محصول افزایش می‌دهد (Yoo et al., 1989; Kumar & Bangarwa, 1995; Limon-Ortega et al., 2002; Fahong et al., 2004).

بیشترین عملکرد گندم با میانگین ۵/۵۹ تن در هکتار مربوط به تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاوآهن برگردان دار و کمترین آن (۵/۳۳ تن در هکتار) مربوط به تیمار سوزاندن بقایای گیاهی است. میانگین عملکرد گندم در تیمار استفاده از ساقه خردکن ۵/۳۴ است (جدول ۴). استفاده از ساقه خردکن + گاوآهن برگردان دار باعث افزایش ۴/۹ درصدی عملکرد گندم نسبت به تیمار سوزاندن بقایای گیاهی شده است. به نظر می‌رسد که در تیمار استفاده از ساقه خردکن + گاوآهن برگردان دار عملیات خاک‌ورزی مناسب‌تر است و بقایای گیاهی پس از خرد شدن با ساقه خردکن به نحو مناسب‌تری در عمق خاک قرار گرفته است به طوری که کمترین شاخص مخروطی خاک و بیشترین درصد ماده آلی خاک مربوط به این تیمار است که در مجموع باعث افزایش عملکرد گندم در تیمار استفاده از ساقه خردکن شده است.

زمان اعمال پی‌آب تأثیر خاصی بر عملکرد گندم ندارد و همه تیمارهای آن در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند (جدول ۵). نتایج نشان می‌دهد که می‌توان پی‌آب را به مدت ۲۱ روز از تاریخ کاشت به تأخیر انداخت و به عبارت دیگر پی‌آب را در سیستم کاشت روی پشته‌های عریض حذف کرد. تحقیقات دیگر نیز نشان می‌دهد که می‌توان برای کاشت گندم از روش نم‌کاری و حذف پی‌آب

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد گندم و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد گندم در تیمارهای مختلف بقایای گیاهی

| تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی | عملکرد گندم (تن در هکتار) | میانگین کل آب استفاده شده (مترمکعب در هکتار) | کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد گندم (کیلوگرم به ازای مترمکعب) |
|---------------------------------------|---------------------------|--|--|
| سوزاندن بقایای گیاهی | ۵/۳۳ b | ۴۰۷۴ | ۱/۳۱ b |
| استفاده از ساقه خردکن استفاده از ساقه | ۵/۳۴ b | ۳۸۳۹ | ۱/۳۹ b |
| خردکن + گاوآهن برگردان دار | ۵/۵۹ a | ۳۸۷۷ | ۱/۴۴ a |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و زمان انجام پی‌آب...

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های عملکرد گندم و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد گندم در تیمارهای مختلف زمان انجام پی‌آب

| تیمارهای زمان انجام پی‌آب (روز) | عملکرد گندم (تن در هکتار) | میانگین کل آب استفاده شده (مترمکعب در هکتار) | کارایی مصرف آب براساس عملکرد گندم (کیلوگرم به ازای مترمکعب) |
|------------------------------------|------------------------------|---|--|
| ۷ | ۵/۳۵ a | ۳۷۹۸ | ۱/۴۱ a |
| ۱۴ | ۵/۴۶ a | ۴۰۹۱ | ۱/۳۳ b |
| ۲۱ | ۵/۴۵ a | ۳۹۰۰ | ۱/۴۰ a |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

تیمارهای RPI_{21} ، RPI_7 و RPI_{14} و کمترین آن با میانگین $1/28$ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مربوط به تیمار BI_{14} است.

نتایج فوق نشان می‌دهد که در مجموع، حفظ بقایای گیاهی در خاک باعث حفظ رطوبت خاک و کاهش آب مصرفی می‌شود و در نهایت به افزایش کارایی مصرف آب منجر می‌گردد (Godwin, 1990; Kumar et al., 1995; Guerif et al., 2001; Limon-Ortega et al., 2002).

بیشترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد گندم با میانگین‌های $1/41$ و $1/40$ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مربوط به تیمارهای آبیاری ۷ روز پس از کاشت و آبیاری ۲۱ روز پس از کاشت و کمترین آن با میانگین $1/33$ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مربوط به تیمار آبیاری ۱۴ روز پس از کاشت است (جدول ۵).
جدول ۶ نشان می‌دهد که بیشترین کارایی‌های مصرف آب براساس عملکرد گندم با میانگین‌های $1/49$ ، $1/47$ و $1/45$ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مربوط به

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های عملکرد گندم و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد گندم حاصل

از تأثیر متقابل تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی و زمان انجام پی‌آب

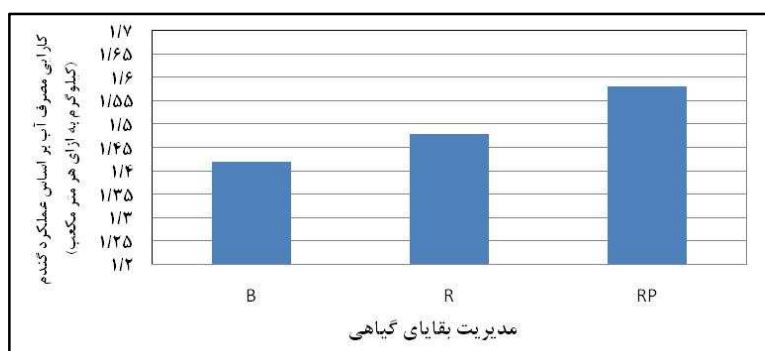
| تیمارها | عملکرد گندم (تن در هکتار) | کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد گندم (کیلوگرم به ازای مترمکعب) |
|------------|------------------------------|---|
| BI_7 | ۵/۳۶ ab | ۱/۴۱ abc |
| BI_{14} | ۵/۳۰ b | ۱/۲۸ c |
| BI_{21} | ۵/۳۲ ab | ۱/۳۱ bc |
| RI_7 | ۵/۲۶ b | ۱/۴۳ ab |
| RI_{14} | ۵/۳۳ ab | ۱/۳۶ abc |
| RI_{21} | ۵/۴۲ ab | ۱/۳۷ abc |
| RPI_7 | ۵/۴۲ ab | ۱/۴۷ a |
| RPI_{14} | ۵/۷۵ a | ۱/۴۵ a |
| RPI_{21} | ۵/۶۰ ab | ۱/۴۹ a |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
B = سوزاندن بقایای گیاهی، R = استفاده از ساقه خردکن، RP = استفاده از ساقه خردکن + گاواهن برگردان‌دار،
 I_7 = آبیاری، ۷ روز پس از کاشت، I_{14} = آبیاری، ۱۴ روز پس از کاشت و I_{21} = آبیاری، ۲۱ روز پس از کاشت

منطقه منطبق خواهد شد و بنابراین می‌توان آبیاری پی‌آب را حذف کرد. با حذف آبیاری روز بیست و یکم پس از

در سیستم کاشت روی پشته‌های عریض اگر پی‌آب ۲۱ روز پس از تاریخ کاشت اجرا شود، عملاً با بارندگی‌های

کاشت، کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. به‌طور میانگین، کاربرد ساقه خردکن + گاوآهن برگردان‌دار، نسبت به تیمار سوزاندن بقایای گیاهی، باعث افزایش ۱۱/۳ درصدی کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد گندم می‌شود (شکل ۴). در کشور مکزیک نیز با حذف آبیاری پی‌آب، کارایی مصرف آب افزایش پیدا کرده است (Sayre, 2000; Solhjou, 2003).



شکل ۴- تأثیر مدیریت بقایای گیاهی بر کارایی مصرف آب (با فرض حذف آب آبیاری روز بیست و یکم پس از کاشت)

جلوگیری از آتش‌زدن بقایای گیاهی، می‌توان به عملکرد مناسب دست یافت و آبیاری پی‌آب را نیز حذف کرد و سرانجام کارایی مصرف آب را افزایش داد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که می‌توان از روش نم‌کاری در سیستم کاشت روی پشته‌های عریض برای تولید گندم استفاده کرد. همچنین با حفظ بقایای گیاهی و

مراجع

- Ali, M., Ali, L., Waqar, M. Q. and Ali, M. A. 2012. Bed planting: a new crop establishment method for wheat (*Triticum aestivum* L.) in cotton-wheat cropping system of southern Punjab. Int. J. Agric. Appl. Sci. 4, 8-14.
- Amin, H., Jamali, M., Khoogar, Z., Dastfal, M. and Solhjou, A. A. 2004. Principles of planting, crop management and harvest of irrigated wheat. Agricultural Research and Education Organization. Educational Technology Services Bureau. (in Farsi)
- Anon. 1995. Soil Cone Penetrometer. ASAE standard S313.2. Agricultural Engineering Year Book. American Society of Agricultural Engineers. Michigan.
- Badaruddin, M., Reynolds, M. P. and Ageeb, O. A. A. 1999. Wheat management in warm environments: effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency, and mulching. Agron. J. 91, 975-983.
- Bukhari, S., Bhattu, M. A., Baloch, J. M. and Mirani, A. N. 1988. Performance of selected tillage implements. Agric. Mech. Asia Africa Latin America (A. M. A.). 19(4): 9-14.
- Cannell, R. Q. and Hawes, J. D. 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. Soil Till. Res. 30, 245-282.
- Chaudhuri, D. 2001. Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills-a review. J. Agric. Eng. Res. 79, 125-137.
- Fahong, W., Xuqing, W. and Sayre, K. 2004. Comparison of conventional, flood irrigation, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. Field Crop Res. 87, 35-42.
- Godwin, J. R. 1990. Agricultural Engineering in Development: Tillage for Crop Production Areas of Low Rainfall. FAO Agricultural Services Bulletin 83. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome.

- Guerif, J., Richard, G., Durr, C., Machet, J. M., Recous, S. and Roger-Estrade, J. 2001. A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seeding establishment. *Soil Till. Res.* 61, 13-32.
- Heidari, A. 2004. The effect of crop residue management and tillage depth on wheat yield and soil organic matter in corn-wheat rotation. *Iranian J. Agric. Eng. Res.* 5, 81-94. (in Farsi)
- Hemmat, A. 1996. Effects of seedbed preparation and planting methods on emergence of irrigated winter wheat. *Iranian J. Agric. Sci.* 27, 55-67. (in Farsi)
- Jones, J. N., Moody, J. R. and Lillard, J. H. 1969. Effect of tillage, no tillage and mulch on soil water and plant growth. *Agron. J.* 61, 719-721.
- Karrou, M., Oweis, T., Enein, R. A. E. and Sherif, M. 2012. Yield and water productivity of maize and wheat under deficit and raised bed irrigation practices in Egypt. *Afr. J. Agric. Res.* 7, 1755-1760.
- Kumar, P., Bangarwa, A. S. and Pannu, R. K. 1995. Effect of irrigation and nitrogen application on yield and yield attributes of Brassica genotypes. *Ann. Biol. (Ludhiana).* 11, 215-219.
- Limon-Ortega, A., Sayre, K. D. and Francis, C. A. 2000. Wheat and maize yields in response to straw management and nitrogen under a bed planting system. *Agron. J.* 92, 295-302.
- Limon-Ortega, A., Sayre, K. D. and Drijber, R. A. 2002. Soil attributes in a furrow- irrigated bed planting system in northwest Mexico. *Soil Till. Res.* 63, 123-132.
- Mukergi, N. and Uerma, B. L. 1994. Effect of time lay of first post-sowing irrigation on yield and technological quantities of solid and legume inter-cropped cotton. *Madras Agric. J.* 81, 338-340.
- Parsch, L. D., Keisling, T. C., Sauer, P. A., Oliver, L. R. and Crabtree, N. S. 2001. Economic analysis of conservation and conventional tillage cropping systems on clayey soil in eastern Arkansas. *Agron. J.* 93, 1296-1304.
- Perumpral, J. V. 1987. Cone penetrometer applications: a review. *T. ASAE.* 30(4): 939-944.
- Ram, H., Singh, Y., Salini, K. S. and Kler, D. S. 2012. Agronomic and economic evaluation of permanent raised beds, no tillage and straw mulching for an irrigated maize-wheat system in northwest India. *Expl. Agric.* 48, 21-38.
- Sayre, K. D. 2000. Effect of tillage, crop residue retention and nitrogen management on the performance of bed- planted, furrow irrigated spring wheat in northwest Mexico. *Proceeding of the 15th Conference of the International Soil Tillage Research Organization.* July 2-7. Texas. USA.
- Solhjou, A. A. 2003. Raised bed planting for irrigated wheat production systems. Technical Report. Iranian Agricultural Engineering Research Institute. (in Farsi)
- Solhjou, A. A. 2007. The effect of tillage and planting methods in raised bed planting system on irrigated wheat. Research Report. No. 1103. Iranian Agricultural Engineering Research Institute. (in Farsi)
- Solhjou, A. A. and Loghavi, M. 2000. Optimum moisture content for determination of cone index, with cone penetrometer. *Iranian J. Agric. Eng. Res.* 17, 43-50. (in Farsi)
- Solhjou, A. A. and Niazi, J. 2001. Effect of subsoiling on soil physical properties and irrigation wheat yield. *Iranian J. Agric. Eng. Res.* 7, 65-78. (in Farsi)
- Solhjou, A. A., Loghavi, M., Ahmadi, H. and Roozbeh, M. 2001. The effect of moisture content and plowing depth on soil pulverization and reduction of secondary tillage. *J. Agric. Eng. Res.* 6, 1-12.
- Staricka, J. A., Allmaras, R. R. and Nelson W. W. 1991. Spatial variation of crop residue incorporated by tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55, 1668-1674.
- Unger, P. W. 1978. Straw-mulch rate effect on soil water storage and sorghum yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 486-491.
- Wang, F., Kong, L., Sayre, K., Li, S., Si, J., Feng, B. and Zhang, B. 2011. Morphological and yield responses of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to raised bed planting in northern China. *Afr. J. Agric. Res.* 6, 2991-2997.
- Yoo, K. H., Dane, J. H. and Missildine, B. 1989. Soil water content and crop yield under conservation tillage. Annual Report. Alabama Agriculture Experiment Station. Auburn University.

Effect of Residue Management and Time of Post-Irrigation on Wheat Yield in a Raised-Bed Planting System

A. A. Solhjou* and S. A. Dehganian

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Research Centre for Agriculture and Natural Resources, P. O. Box: 717555-617, Shiraz, Iran. Email: solhjou@farsagres.ir
Received: 21 January 2014, Accepted: 9 August 2014

The effective parameters of the present study on wheat yield were the optimum use of residue and water. The effects of residue management and post-irrigation methods on raised bed planting systems were evaluated for irrigated wheat. This study was a split-block design with three replications. The levels of residue management considered as main plots were burned straw (B), partial removal of straw + stalk shredder (R), and partial removal of straw + stalk shredder + moldboard plowing (RP). The effects of delay of post-irrigation was measured at 7 d (I_7), 14 d (I_{14}), and 21 d (I_{21}) after planting for the sub-plots. The soil cone index, moisture content, percentage of plant emergence, percentage of surface residue cover, weight of 1000 kernels, water use, and wheat yield were measured. The results indicated that treatment RP decreased the cone index 18.8%, plant emergence 7%, surface residue cover 63%, and water use 5%, and increased organic matter 3.5%, wheat yield 5%, and water use efficiency based on wheat yield 11.3% compared to treatment B. The results also showed that timing of post-irrigation had no significant effect on wheat yield. This indicates that post-irrigation can be delayed until 21 d after planting, which effectively eliminates the need for post-irrigation.

Keywords: Irrigated wheat, Post-irrigation, Raised bed, Residue management, Water use efficiency