

تأثیر خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گندم بر بهره‌وری مصرف آب، خصوصیات

فیزیکی خاک، کمیت و کیفیت چغندر قند

غلامرضا قهرمانیان*، علیرضا عیوضی و امیر نوریجو**

* نگارنده مسئول، نشانی: ارومیه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، ص. پ. ۳۶۵، تلفن:

ghahraman99@yahoo.com، پیام‌نگار: (۰۴۴۱)۲۶۲۲۱

** به ترتیب اعضاء هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۳

چکیده

به منظور بررسی مدیریت بقایای گندم بر خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند، آزمایشی به صورت اسپلیت بلوک در سه تکرار به مدت دو سال زراعی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب تحت شرایط مزرعه‌ای اجرا شد. تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی شامل سوزاندن بقایا (روش مرسوم)، خرد کردن بقایا با دیسک و خرد نکردن بقایا در کرت‌های اصلی و عملیات خاک‌ورزی شامل شخم با گاواهن برگردان‌دار به عمق بیست تا بیست و پنج سانتی‌متر در پاییز، بهار، و پاییز و بهار (هر دو) در کرت‌های فرعی مرتب شدند. طی دو فصل زراعی، صفات عملکرد ریشه، درصد قند، ناخالصی‌های شربت، عمق نفوذ ریشه، کربن آلی، سفتی خاک، و وزن مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که در عملکرد ریشه، عملکرد قند سفید، عمق نفوذ ریشه و کربن آلی، حداقل اختلاف آماری معنی‌داری برای یکی از سطوح تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی و عملیات خاک‌ورزی وجود دارد. تیمار دیسک با گاواهن برگردان‌دار بیست تا بیست و پنج سانتی‌متر در پاییز بیشترین عملکرد (۴۸ تن در هکتار) و تیمار دیسک با گاواهن برگردان‌دار در بهار کمترین مقدار عملکرد (۳۹/۶۷ تن در هکتار) را به دست داده است. عملکرد ریشه، عمق نفوذ ریشه و کربن آلی خاک تحت مدیریت بقایای گیاهی قرار گرفته و تیمار خرد کردن بقایا با دیسک و خرد نکردن نسبت به سوزاندن بقایا برتر بودند. عمق نفوذ ریشه در تیمارهای خرد کردن خرد نکردن بقایا با دیسک و به ترتیب ۸۵/۴ و ۸۲/۷۶ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد که تیمارهایی برتر هستند. در بین تیمارهای خاک‌ورزی، شخم پاییزه با عمق نفوذ ریشه ۸۴/۱۴ سانتی‌متر برتر بود. افزایش ماده آلی خاک و عمق نفوذ ریشه در تیمارهای مدیریتی خرد کردن بقایا و خرد نکردن آنها باعث افزایش عملکرد ریشه چغندر قند در بقایای گندم شد. مصرف آب در شخم پاییز کاهش یافته و بهره‌وری مصرف آب به حداکثر رسید. بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد ریشه در تیمارهای شخم در پاییز، بهار، و پاییز و بهار به ترتیب برابر ۴/۳۲، ۳/۴۷، و ۳/۶۶ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب آبیاری محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی

بقایای گندم، بهره‌وری مصرف آب، چغندر قند، خاک‌ورزی

مقدمه

کاهش می‌دهد و بر این اساس ضمن کاستن از دما و حفظ بیشتر رطوبت خاک موجب رشد بیشتر گیاه و افزایش عملکرد و کیفیت می‌شود (Kar & Singh, 2004; Kar & Kumar, 2007). در بررسی تأثیر توام خاک‌ورزی و بقایای گیاهی گندم و سویا بر میزان نفوذپذیری آب باران یونگر (Unger, 1988) ثابت کرد که سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و بقایای گیاهی در اندازه و پایداری خاکدانه‌ها،

خاک‌ورزی از عوامل مهم در تغییر شرایط فیزیکی خاک محسوب می‌شود. وجود بقایای گیاهی بر خصوصیات فیزیکی و مقدار تبخیر آب از سطح خاک مؤثر است. تحقیقات متعدد نشان از فواید بقایای گیاهی در حفظ رطوبت و کاهش دمای خاک دارد. وجود مالچ در سطح خاک ورود انرژی خورشیدی را به داخل خاک

افزایش ذخیره رطوبت خاک و جرم مخصوص ظاهری خاک مؤثر است. اسمیکا (Smika, 1991) تأثیر مدیریت خاک‌ورزی را در میزان آب ذخیره شده، فرسایش خاک، قابلیت جذب مواد غذایی و عملکرد دانه گندم مقایسه کرد و نشان داد که خاک‌ورزی با حفظ بقایای گیاهی، عملکرد دانه و ظرفیت نگهداری آب در خاک را به ترتیب ۱۰ و ۹ درصد افزایش می‌دهد. دالا (Dala, 1989) در مطالعه تأثیر خاک‌ورزی با حفظ یا سوزاندن بقایای گیاهی و کاربرد ۶۹ و ۹۳ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار، بر اسیدیته، هدایت الکتریکی، و دانه‌بندی خاک نشان داد که بیشترین تجمع مواد آلی و نیتروژن در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک و در ترکیبی از بی‌خاک‌ورزی، حفظ بقایای گیاهی و کاربرد کود نیتروژن‌دار به دست می‌آید. سینجو و همکاران (Sainju *et al.*, 2006a) در بررسی تأثیر چهار سطح پوشش گیاهی (ماشک، چاودار، ماشک-چاودار، و گندم) و سه سطح نیتروژن (صفر، ۶۵-۶۰، ۱۳۰-۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) بر کربن آلی خاک در دو محصول پنبه و سورگوم با دو سیستم خاک‌ورزی مرسوم و عدم خاک‌ورزی نشان دادند که در نواحی مرطوب استفاده از گیاهان پوششی و مصرف نیتروژن باعث می‌شود کربن آلی جذب شده در گیاه و ذخیره شده در خاک در خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی افزایش یابد. لنسن و همکاران (Lenssen *et al.*, 2007) در مقایسه عملکرد دانه گندم با میزان مصرف آب در نه تناوب زراعی و دو سیستم خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی نشان دادند که در شرایط کم آبیاری، رطوبت خاک در سیستم بی‌خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم است. همچنین رطوبت خاک قبل از کاشت، کارآیی مصرف آب، و عملکرد دانه گندم بعد از آیش بیشتر از عملکرد دانه گندم بدون آیش بود. بیتا و همکاران (Beata *et al.*, 2005) در بررسی اثر بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بر اندازه خاکدانه‌ها در تناوب‌های زراعی نشان دادند که کربن آلی در عدم

خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. پایداری خاکدانه‌ها در تیمارهای بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم به ترتیب ۹۶ و ۸۹ درصد است؛ تناوب زراعی، اختلاف آماری معنی‌داری بر اندازه خاکدانه‌ها و کربن آلی خاک ندارد. اما با افزایش قطر خاکدانه انباشت کربن آلی در تیمار بی‌خاک‌ورزی بیشتر است. کوچران و همکاران (Cochran *et al.*, 1994) مشاهده کردند که با حفظ بقایای گیاهی، جمعیت میکروبی خاک نظیر قارچ‌ها و باکتری‌ها افزایش می‌یابد. نتایج مطالعات هاو همکاران (Hao *et al.*, 2001) در زمینه اثر خاک‌ورزی و تناوب زراعی بر کربن آلی و نیتروژن خاک نشان داد که کربن آلی در حداقل خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم است. در حداقل خاک‌ورزی به دلیل وجود بقایای گیاهی در سطح خاک، فرسایش خاک و سرعت پوسیدن بقایا کمتر است. کاج و استاکفیش (Koch & Stochfisch, 2006) در بررسی اثر شخم با گاواهن برگردان‌دار بر ماده آلی خاک نشان دادند که ماده آلی و نیتروژن در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک تثبیت می‌شود. خاک‌ورزی با گاواهن برگردان‌دار پس از خاک‌ورزی حفاظتی باعث کاهش ماده آلی خاک می‌شود. جوجلی و همکاران (Güçlü Yavuzcan *et al.*, 2005) تغییرات در وزن مخصوص ظاهری، مقاومت، پوکی، هدایت هیدرولیکی، و تهویه خاک را در مزرعه زیر کشت چغندر قند ارزیابی کردند. نتایج این ارزیابی تغییرات معنی‌دار را در وزن مخصوص ظاهری، اندازه خاکدانه‌ها، و پوکی خاک نشان نداد. به عقیده ابودرار و همکاران (Aboudrare *et al.*, 2006) میزان بارش در انتخاب عملیات خاک‌ورزی با اهمیت است؛ در صورت بروز خشکسالی و کاهش بارندگی‌ها، اجرای هرس دیسک، برای حفظ رطوبت خاک مناسب است زیرا در این حالت فقط لایه سطحی خاک در معرض تبخیر قرار می‌گیرد. ولی وقتی بارندگی کافی باشد شخم با گاواهن برگردان‌دار به

اولین و آخرین آبیاری، و پس از برداشت در زمان گاورو بودن مزرعه از ۳ محل به عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر با دستگاه نفوذسنج (Eijkelpenetro Viewer) اندازه‌گیری شد. همزمان با اندازه‌گیری سفتی خاک، سه نمونه خاک از عمق صفر تا بیست و پنج سانتی‌متر به طور تصادفی انتخاب و درصد کربن آلی خاک (به روش اکسیداسیون) در آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی تعیین شد. وزن مخصوص ظاهری بر مبنای خاک خشک از سه عمق صفر تا ده، ده تا بیست، و بیست تا سی سانتی‌متری خاک بعد از آخرین آبیاری و گاورو شدن مزرعه اندازه‌گیری شد. آزمایش‌ها در سال دوم مشابه سال اول تکرار شد. حداکثر رطوبت قابل دسترس در خاک با تعیین رطوبت خاک در مکش ۱/۵ مگا پاسکال (نقطه پژمردگی دائم) و مکش ۰/۰۳۳ مگا پاسکال (ظرفیت زراعی مزرعه) با استفاده از دستگاه محفظه فشار^۱ مدل Santa-Barbara، ساخت آمریکا تعیین شد. بر اساس عرف منطقه، حداکثر دور آبیاری مجاز و امکانات ایستگاه در تامین آب، دور آبیاری ۱۰ تا ۱۵ روز انتخاب شد. تمام کرت‌های آزمایشی در یک روز آبیاری شدند ولی مقدار آب آبیاری بر اساس تخلیه رطوبتی در هر کرت تعیین شد. بدین منظور رطوبت خاک قبل از هر آبیاری در عمق توسعه ریشه به روش وزنی جهت تعیین مصرف آب گیاه در هر تیمار اندازه‌گیری شد. با استفاده از وزن ظاهری خاک مقادیر وزنی به مقادیر حجمی تبدیل و به عنوان نیاز خالص آبیاری هر کرت در نظر گرفته شد. کلیه کرت‌ها محصور بودند و هر کرت به‌طور مستقل آبیاری شد. با توجه به ابعاد کوچک کرت‌ها، راندمان آبیاری ۸۵ درصد در نظر گرفته شد و بدین ترتیب نیاز ناخالص آبیاری محاسبه گردید. تبخیر و تعرق گیاه در هر دوره با استفاده از رابطه زیر به دست آمد:

علت فراهم کردن شرایط نفوذ آب در خاک برای ذخیره شدن رطوبت در نیم‌رخ خاک مناسب خواهد بود.

با توجه به بررسی‌های انجام گرفته، هدف از تحقیق حاضر بررسی حاصلخیزی خاک با مدیریت بقایای گیاهی گندم، تأثیر آن بر کمیت و کیفیت کشت بعدی، و یافتن روش بهینه خاک‌ورزی است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب و در قالب طرح آماری اسپلیت بلوک در سه تکرار و در خاکی اجرا شد که بافت آن لوم سیلت بود. سوزاندن بقایا، خرد کردن بقایا با دیسک، و خرد نکردن بقایا در سه سطح به عنوان کرت‌های اصلی و عملیات خاک‌ورزی در سه سطح شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر در پاییز، بهار، و پاییز و بهار به عنوان کرت‌های فرعی به مدت دو سال زراعی (۲-۱۳۸۱) اجرا شد. رقم IC چغندر قند در داخل کرت‌ها به فاصله ۶۰ و ۲۰ سانتی‌متر به ترتیب بین ردیف‌ها و بوته‌ها با استفاده از ردیف‌کار در ده ردیف به طول هفت متر کشت شد.

عملیات داشت شامل وجین و آبیاری برای کلیه کرت‌ها به طور یکنواخت در فصل زراعی انجام گرفت. در اواخر مهرماه، عملکرد ریشه هر کرت، از چهار ردیف وسط و پس از حذف برگ‌های طوقه به دست آمد. در هر کرت پروفیلی در کنار ریشه چغندر قند حفر و عمق نفوذ ریشه اندازه‌گیری شد. از بیست و پنج کیلوگرم ریشه چغندر قند هر کرت تهیه و در سینی‌های مخصوص در دمای ۲۰- درجه سلسیوس گذاشته شد تا یخ ببنند. درصد قند، املاح سدیم، پتاسیم، و نیتروژن مضر خمیر ریشه‌های یخ زده در آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه اصلاح و تهیه بذر چغندر قند با دستگاه بتالایزر تعیین شد. سفتی خاک (شاخص مخروطی) در هر کرت قبل از کاشت، بعد از

1- Pressure Membrane

به کار برده‌اند:

$$WP = \frac{Y}{I + Re} \quad (3)$$

که در آن، Y عملکرد است.

در این مقاله WP_1 و WP_2 به ترتیب بیانگر استفاده عملکرد ریشه و شکر سفید برای برآورد بهره‌وری مصرف آب می‌باشد. داده‌های آماری دو ساله با نرم افزار Mstat-c تجزیه واریانس مرکب و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. نمودارها با نرم افزار Excel رسم شده‌اند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در دو سال زراعی نشان داد که بین عملکردهای ریشه و قند سفید، عمق نفوذ ریشه چغندر قند و کربن آلی خاک در سطوح مختلف بقایای گیاهی و عملیات خاک‌ورزی اختلاف آماری معنی‌داری حداقل در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد. میزان درصد قند، ناخالصی‌های شربت نظیر انباشت نیتروژن مضر، املاح سدیم و پتاسیم، شاخص مخروطی، و وزن مخصوص ظاهری خاک اختلاف آماری معنی‌داری حداقل بین یکی از سطوح مختلف بقایای گیاهی یا عملیات خاک‌ورزی مشاهده نشد (جدول ۱). در بین صفات مورد بررسی، اثر متقابل مدیریت بقایای گیاهی و نوع عملیات خاک‌ورزی، اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت.

$$ET = R_e + I + \Delta S - D + \int_{t_1}^{t_2} F_x dt \quad (1)$$

که در آن،

ET = تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)؛ R_e = باران مؤثر (میلی‌متر)؛ I = عمق آبیاری (میلی‌متر)؛ ΔS = تغییرات رطوبتی خاک (میلی‌متر)؛ D = عمق آب زهکشی (میلی‌متر)؛ F_x = جریان عمودی رطوبت؛ و t = زمان هستند. از آنجایی که سطح آب‌های زیرزمینی در محل اجرای طرح پایین است، تغذیه رطوبتی از سطح آب زیرزمینی تقریباً صفر بود. با توجه به اینکه مقدار آب آبیاری معادل نیاز آبی گیاه بود لذا مقدار آب زهکشی شده از محیط ریشه نیز قابل اغماض بود. تغییرات رطوبتی خاک در عمق توسعه ریشه با استفاده از رابطه زیر تعیین شد:

$$\Delta S = \frac{(\theta_2 - \theta_1) \times \rho b \times z}{100} \quad (2)$$

که در آن،

θ_1 و θ_2 = درصد رطوبت وزنی خاک در ابتدا و انتهای دوره در عمق توسعه ریشه؛ ρb = وزن ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)؛ و z = عمق توسعه ریشه (میلی‌متر) است.

بهره‌وری آب آبیاری با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده که پلایان و ماتئوز (Playan & Mateos, 2004)

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در کشت چغندر قند طی دو سال زراعی

میانگین مربعات															
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	ناخالصی‌های شربت (میلی اکیوالانت بر ۱۰۰ گرم)			عملکرد قند سفید (تن در هکتار)	عمق نفوذ ریشه (سانتی‌متر)	کربن آلی (درصد)		سفتی خاک (مگاپاسکال)			وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)		
			ازت	سدیم	پتاسیم			قبل از کاشت	بعد از برداشت	قبل از کاشت	بعد از برداشت	صفر تا ۱۰	۱۰ تا ۲۰	۲۰ تا ۳۰	
															مضر
سال	۱	۱۲۴۸/۱	۳۶/۹	۱/۳۶	۱/۷۹	۵/۲۱	۳۳۱۱/۹۳	۰/۰۰۲	۰/۱۳۸	۵/۴	۱۷/۵۷	۰/۰۰۳	۰/۰۲۱	۰/۰۰۳	
تکرار	۲	۲۰۲/۷۹	۹/۵۶	۴/۴۱	۹/۹۳	۹/۹۳	۱۰/۲۹	۰/۰۴۷	۰/۳	۰/۲۱	۰/۴۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	
سال × تکرار	۲	۲۵۷/۱۶	۰/۰۵۵	۰/۰۰۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۲۲۰/۲۵	۰/۰۰۳	۰/۱۵۵	۰/۱۴	۰/۲۸	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۲	
بقایای گیاهی	۲	۱۲۶/۶۱ **	۰/۵۷	۲/۱۴	۰/۴۶	۱/۲۹	۳۸۶/۶۲ *	۰/۰۰۹*	۰/۰۷۵	۰/۰۱۳	۰/۲۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۳۵	
سال × بقایای گیاهی	۲	۲۷/۳۷	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵۶	۰/۰۱	۳۸/۸۶	۰/۰۰۱	۰/۰۳۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷۲	۰/۰۲۳	
سال × تکرار × بقایای گیاهی	۸	۲۸/۳۸	۴/۵۳	۸/۲۶	۱/۶۳	۲/۳۲	۱۹/۸۰	۰/۰۱۷	۰/۰۳۷	۰/۰۵۶	۰/۱۶	۰/۰۰۴۲	۰/۰۱۵۳	۰/۰۱۴	
عملیات خاک‌ورزی	۲	۳۳۲/۷۱ **	۱/۶۲	۱/۷	۰/۹۷	۳/۱۴ *	۳۴۱/۸۶ *	۰/۰۰۴	۰/۰۴۴	۰/۰۳۵	۰/۳۱	۰/۰۰۷۲	۰/۰۱۷	۰/۰۰۱۳	
سال × عملیات خاک‌ورزی	۲	۱۵/۵۷	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱	۱/۸۸	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۴۹	۰/۰۰۰۷	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹۳	
سال × تکرار × عملیات خاک‌ورزی	۸	۱۹/۶۰	۰/۲۸	۰/۴۹	۱/۱۹	۰/۱۳۹	۸۵/۱۸	۰/۰۰۸۸	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۵۹	۰/۰۱۷	۰/۰۱۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۱۴۶	
بقایای گیاهی × عملیات خاک‌ورزی	۴	۱۰/۸۲	۲/۴۳	۰/۱۸	۱/۷۲	۲/۱۰	۱۲۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱۲۸	۰/۰۰۷	۰/۱۴	۰/۰۲۵۳	۰/۰۵۶	۰/۰۲۳	
بقایای گیاهی × عملیات خاک‌ورزی × سال	۴	۱۴/۹۵	۰/۰۱۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۴۵	۱۲۴/۴۷	۰/۰۰۷۳	۰/۰۰۲۴	۰/۰۸۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲۵	۰/۰۰۴۶	
خطای آزمایش	۱۶	۲۲/۵۴	۰/۸۶	۱/۱۷	۱/۳۳	۰/۹۸	۷۱/۵۵	۰/۰۰۶۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۶	۰/۱۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳۱	
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۷۳	۵/۵۲	۲۹	۳۵/۰۷	۱۵/۴	۱۰/۳۸	۱۳/۸۹	۱۶/۳۵	۷/۸	۲۶/۱۴	۵/۶	۶/۸۵	۵	

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

صفات مرتبط با کمیت چغندر قند

چغندر قند در شخم بهاره پایین‌ترین مقدار نسبت به دو سطح دیگر بود. در تیمارهای شخم پاییزه و شخم پاییزه و بهاره، عمق نفوذ ریشه به ترتیب ۸۴/۱۴ و ۸۳/۹۲ سانتی‌متر نسبت به تیمار شخم بهاره با عمق نفوذ ۷۶/۵ سانتی‌متر برتر بود (جدول ۲). بالا بودن مقادیر کمی چغندر قند در شخم پاییزه ناشی از استفاده بهتر گیاه از مواد غذایی خاک و متعاقب آن ماده‌سازی در برگ‌های گیاه است که موجب شده بارندگی‌ها در خاک بهتر نفوذ و املاح را بیشتر حل کند، تهویه و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک را مطلوب‌تر سازد و در نتیجه گیاه مواد غذایی را بیشتر جذب کند.

صرف نظر از نوع مدیریت بقایای گیاهی، تیمار شخم در پاییز با عملکرد ریشه ۴۸ تن در هکتار بالاترین مقدار را داشت. شخم توام در بهار و پاییز در رتبه دوم و با هم در یک گروه قرار گرفتند. تیمار شخم در بهار حداقل عملکرد ریشه را داشت. بالاترین عملکرد قند سفید همانند عملکرد ریشه مربوط به شخم پاییزه و شخم توام پاییز و بهار بود. عمق نفوذ ریشه نیز در بین سه سطح عملیات خاک‌ورزی روند مشابهی داشت، به طوری که برای سه صفت عملکرد ریشه، عملکرد قند سفید، و عمق نفوذ ریشه

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف خاک‌ورزی بر صفات مورد ارزیابی چغندر قند در دو سال زراعی

عملیات خاک‌ورزی	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد قند سفید (تن در هکتار)	عمق ریشه (سانتی‌متر)
شخم پاییزه	۴۸ a	۶/۱۵ ab	۸۴/۱۴ a
شخم بهاره	۳۹/۶۷ b	۵/۲۱ b	۷۶/۵ b
شخم پاییزه و بهاره	۴۵/۱۱ab	۶/۰۸ a	۸۳/۹۲ a

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

تحت تأثیر تیمارهای مدیریتی بقایای گیاهی قرار گرفت به طوری که تیمار خرد کردن بقایا با دیسک و خرد نکردن آن نسبت به سوزاندن بقایای گیاهی برتر بودند بنابراین سوزاندن بقایای گندم به عنوان یک روش مدیریتی توصیه نمی‌شود. کربن آلی خاک تحت تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی قرار نگرفت. به نظر می‌رسد تأثیر عملیات خاک‌ورزی بر کربن آلی خاک در دراز مدت مؤثر باشد. وقتی بقایای گیاهی سوزانده نشوند، مواد سلولزی موجود در بقایا توسط میکروارگانیسم‌های خاک تجزیه و موجب افزایش هوموس و نفوذپذیری بهتر خاک می‌شود در نتیجه عمق توسعه ریشه در چغندر قند افزایش می‌یابد و با افزایش عمق توسعه ریشه عملکرد ریشه افزایش خواهد یافت.

در بین سطوح مختلف مدیریت بقایای گیاهی تیمار خرد نشدن بقایای گیاهی و خرد شدن بقایای گیاهی با دیسک به ترتیب با عملکرد ریشه ۴۷/۱ و ۴۳/۸۵ تن در هکتار نسبت به تیمار سوزاندن بقایای گیاهی (با عملکرد ۴۱/۸۴ تن در هکتار) برتر بودند. عمق نفوذ ریشه تحت تأثیر تیمارهای بقایای گیاهی و عملیات خاک‌ورزی قرار گرفت. خرد کردن بقایای گندم با دیسک و خرد نکردن آنها به ترتیب با ۸۵/۴ و ۸۲/۷۶ سانتی‌متر عمق نفوذ ریشه نسبت به تیمار سوزاندن بقایا برتر بودند. با توجه به اینکه اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای خرد کردن بقایا و خرد نکردن بقایا مشاهده نشد به نظر می‌رسد که خرد کردن بقایا در پوسیدن بقایا اولویت دارد (جدول ۳). کربن آلی خاک

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف مدیریت بقایای گیاهی گندم بر صفات مورد ارزیابی چغندر قند در دو سال زراعی

مدیریت بقایای گیاهی	عمق ریشه		کربن آلی (درصد)
	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عمق ریشه (سانتی‌متر)	
سوزاندن بقایا	۴۱/۸۴ b	۷۶/۳۸ b	۰/۶۱b
خرد کردن بقایا	۴۳/۸۵ ab	۸۵/۴ a	۰/۷۰ a
خرد نکردن بقایای گیاهی	۴۷/۱ a	۸۲/۷۶ a	۰/۷۴ a

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

سوزاندن بقایای گندم منتفی و توصیه بر حفظ بقایای گیاهی در مزرعه است.

صفات مرتبط با کیفیت چغندر قند

درصد قند و ناخالصی‌های شربت تحت تأثیر سطوح مختلف مدیریت بقایا و عملیات خاک‌ورزی قرار نگرفت. علت آن احتمالاً کوتاه بودن مدت زمان اجرای آزمایش است؛ دالا (Dala, 1989) در بررسی‌های سیزده ساله تأثیر معنی‌دار عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی را بر صفات کیفی گزارش کرده است. بر عکس صفات کیفی، عملکرد قند سفید تحت تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی قرار گرفت که علت آن وجود اختلاف آماری معنی‌دار در عملکرد ریشه است زیرا عملکرد قند سفید از حاصل‌ضرب درصد قند سفید و عملکرد ریشه به دست می‌آید که عملکرد ریشه در تیمارهای خاک‌ورزی معنی‌دار است.

صفات مرتبط با خواص فیزیکی خاک

خواص فیزیکی خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری بررسی و متوسط شاخص مخروطی خاک در دو نوبت، بعد از اولین آبیاری در بهار و بعد از آخرین آبیاری در پاییز، اندازه‌گیری شد (جدول ۴). با مقایسه روند سفت شدن خاک در فاصله زمانی بهار و پاییز بر اثر تردد ماشین‌آلات در عملیات کاشت و

افزایش ماده آلی خاک و عمق نفوذ بیشتر ریشه موجب افزایش عملکرد ریشه در تیمارهای حفظ بقایای گندم (خرد کردن و خرد نکردن) شده است. نتایج تحقیقات کوچران و همکاران (Cochran *et al.*, 1994) نیز موید افزایش ماده آلی خاک و عملکرد محصول چغندر قند در حضور حفظ بقایا به جای سوزاندن کاه و کلش است که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. نتایج تحقیقات سینجو و همکاران (Sainju *et al.*, 2006b) نیز نشانگر افزایش کربن آلی ذخیره شده در خاک در حضور حفظ بقایای گیاهی در خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی است.

کاربرد کودهای نیتروژن‌دار در تیمارهای حفظ بقایای گندم جهت تسریع در پوسیدن بقایا و جبران کسری نیتروژن ناشی از تجزیه بقایای کاه و کلش و خرد شدن کلوخه‌ها، نرم شدن خاک و ذخیره شدن بیشتر رطوبت در فصل زمستان در تیمارهای شخم پاییزه سبب تهیه بستر مناسب‌تر و برای بذر و افزایش عملکرد ریشه می‌شود. با توجه با نتایج تحقیقات کوچران و همکاران (Cochran *et al.*, 1994) و بدریسک و همکاران (Biederbeck *et al.*, 1989) به ترتیب در خصوص افزایش جمعیت میکرواورگانسیم‌ها از جمله قارچ‌ها و باکتری‌ها و رفع رکود فعالیت میکرواورگانسیم‌ها با افزودن کود نیتروژنی در حضور بقایای گیاهی، می‌توان گفت که

وزن مخصوص ظاهری و مقاومت نفوذی خاک نشانگر آن است که در عملیات خاک‌ورزی مرسوم این تغییرات معنادار نیست؛ این بررسی نیز همان نتایج را نشان می‌دهد. در تأیید نتایج تحقیقات جوجلی و این تحقیق، کاج و استاکفیش (Koch & Stochfisch, 2006) عملیات خاک‌ورزی حفاظتی بر ماده آلی خاک را در دراز مدت توصیه می‌کنند و استفاده از گاوآهن برگردان‌دار بعد از چند سال اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی، باعث کاهش قابل توجه در میزان ماده آلی خاک می‌شود. بنابراین، جهت افزایش ماده آلی خاک تحت عملیات خاک‌ورزی باید از روش‌های کم‌خاک‌ورزی، بی‌خاک‌ورزی و یا خاک‌ورزی حفاظتی استفاده کرد و راهکارهایی جهت استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی بدون کاهش عملکرد محصول مطالعه و بررسی شود.

داشت و نیز روند سفت شدن طبیعی خاک، ۶۲ درصد افزایش در مقاومت نفوذی خاک مشاهده شد. همزمان با اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک نیز در سه عمق بررسی شد. اختلاف آماری معنی‌داری در وزن مخصوص ظاهری خاک بر اثر تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریتی مشاهده نشد. بنابراین، بر اثر عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا طی دو سال، تغییر در خواص فیزیکی خاک معنی‌دار و محسوس نیست. از این‌رو اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی در دراز مدت توصیه می‌شود و نباید انتظاری در برتری نتایج عملیات کم‌خاک‌ورزی و مدیریتی بقایای گیاهی در کوتاه مدت داشت. نتایج تحقیقات جوجلی و همکاران (Güçlü Yavuzcan *et al.*, 2005) در خصوص تغییرات در

جدول ۴- متوسط شاخص مخروطی خاک در پاییز و بهار

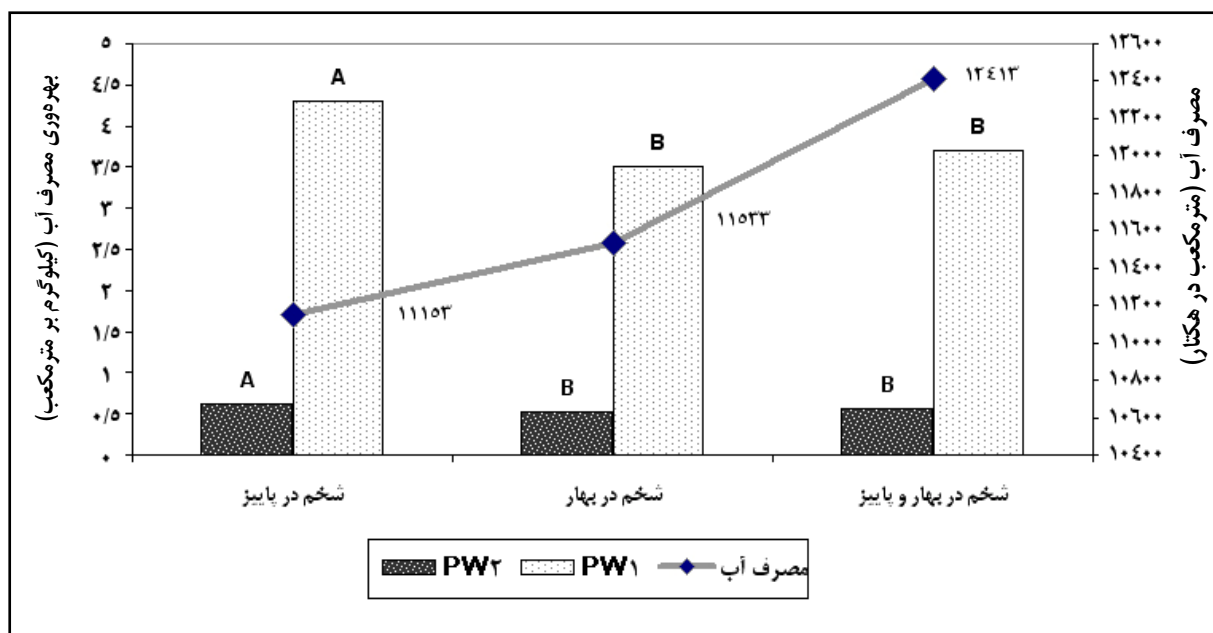
تیمار	سفتی خاک بعد از اولین آبیاری (مگاپاسکال)	سفتی خاک بعد از آخرین آبیاری (مگاپاسکال)
مدیریت بقایای گیاهی	۱/۰۲	۱/۵۶
سوزاندن بقایا	۱/۰۰	۱/۵۳
خرد کردن بقایا	۰/۹۷	۱/۷۵
خرد نکردن بقایای گیاهی	۰/۹۹	۱/۷۶
عملیات خاک‌ورزی	۰/۹۸	۱/۵۲
شخم پاییزه	۱/۰۱	۱/۵۵
شخم بهاره	۰/۹۹	۱/۶۱
شخم پاییزه و بهاره		
متوسط		

بهره‌وری مصرف آب

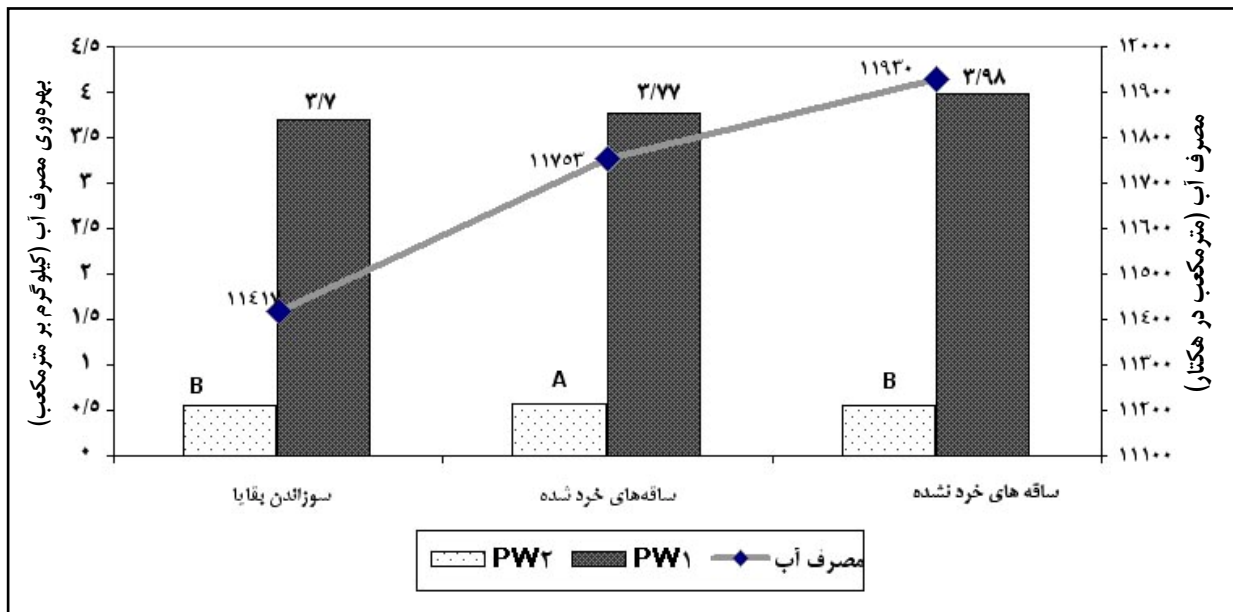
به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۵۲ و ۰/۵۴ کیلوگرم قند سفید به ازای یک مترمکعب آب آبیاری (آبیاری و بارندگی) حاصل شد (شکل ۱). افزایش بهره‌وری مصرف آب در شخم پاییزه ناشی افزایش نفوذپذیری بارندگی‌ها در فصل‌های پاییز و زمستان نسبت به دو تیمار دیگر است.

بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد ریشه در تیمارهای مدیریت بقایای گندم وقتی سوخته می‌شوند، خرد می‌شوند، و خرد نمی‌شوند به ترتیب ۳/۷۰، ۳/۷۷ و ۳/۹۸ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب و بر اساس عملکرد قند سفید در تیمارهای مذکور به ترتیب ۰/۵۴، ۰/۵۷ و ۰/۵۴ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب به دست آمد (شکل ۲).

شخم در پاییز کمترین مصرف آب (۱۱۱۵۳ متر مکعب در هکتار) و شخم در هر دو فصل بهار و پاییز بیشترین مصرف آب (۱۲۴۱۳ متر مکعب در هکتار) را داشت. بهره‌وری مصرف آب گیاه بر اساس عملکرد ریشه در تیمارهای شخم در پاییز، بهار، و پاییز و بهار به ترتیب برابر ۴/۳۲، ۳/۴۷ و ۳/۶۶ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب آبیاری حاصل شد که نشان می‌دهد شخم در پاییز اثر مثبت معناداری در افزایش بهره‌وری مصرف آب دارد. بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد قند سفید نیز به برتری معنی‌دار تیمار شخم در پاییز نسبت به دو تیمار دیگر منتج شد؛ بهره‌وری مصرف آب در شخم پاییز، بهار، و بهار و پاییز بهره‌وری مصرف آب



شکل ۱- مصرف آب (آبیاری و بارندگی) و بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد ریشه و قند سفید در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی



شکل ۲- مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد ریشه و قند سفید در تیمارهای مختلف مدیریت بقایای گندم

شخم در پاییز و بهار (۱۲۷۵۰ مترمکعب در هکتار) بود. بیشترین بهره‌وری مصرف آب بر پایه عملکرد ریشه از خرد نکردن بقایا و شخم پاییزه (۴/۴۲ کیلوگرم ریشه به ازای مصرف یک متر مکعب آب آبیاری) و کمترین آن از سوزاندن بقایای گیاهی و شخم در بهار حاصل شد (۳/۳۷ کیلوگرم ریشه به ازای یک متر مکعب آب آبیاری).

بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد قند سفید در سوزاندن بقایا و شخم پاییز بیشترین (۰/۶۲ کیلوگرم ریشه به ازای یک مترمکعب آب آبیاری) و در تیمار سوزاندن یا خرد نکردن بقایا به همراه شخم بهاره (۰/۴۸ کیلوگرم ریشه به ازای یک مترمکعب آب آبیاری) به دست آمد.

مدیریت بقایای گیاهی و خاک‌ورزی به تفکیک سال در جدول ۵ آورده شده است. متوسط مصرف آب در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به ترتیب ۱۲۱۷۶ و ۱۱۲۲۴ مترمکعب در هکتار شد و مصرف آب در سال اول آزمایش به طور متوسط ۹۸۲ متر مکعب در هکتار بیشتر از سال دوم بود که علت اصلی را می‌توان در شرایط اقلیمی جست. در سال اول آزمایش مجموع تبخیر از تشتک طی دوره کاشت تا برداشت ۱۲۱۰ میلی‌متر و در سال دوم به ۱۰۹۸ میلی‌متر شد. کمترین مقدار مصرف آب در تیمار سوزاندن بقایا و عملیات شخم پاییز (۱۱۰۱۲ متر مکعب در هکتار) و بیشترین مصرف آب در تیمار خرد نشده و

جدول ۵- مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای مختلف مدیریت و خاک‌ورزی

بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد قند سفید (گرم بر مترمکعب آب)			بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد ریشه (کیلوگرم بر مترمکعب آب)			مصرف آب (مترمکعب در هکتار)			ترکیب تیمارها	
۱۳۸۱-۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۱	۱۳۸۱-۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۱	۱۳۸۱-۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۱	خاک‌ورزی	بقایای گیاهی
۰/۶۲	۰/۶۷	۰/۵۷	۴/۲۲	۴/۸۷	۳/۵۷	۱۱۰/۱۲	۱۰۵۶۰	۱۱۴۶۴	شخم پاییزه	
۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۴۲	۳/۳۷	۴/۰۰	۲/۷۳	۱۱۲۵۱	۱۰۶۶۹	۱۱۸۳۲	شخم بهاره	سوزاندن
۰/۵۳	۰/۶۰	۰/۴۷	۳/۵۲	۳/۹۷	۳/۰۷	۱۱۹۸۷	۱۱۴۳۱	۱۲۵۴۳	پاییز و بهار	
۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۵۳	۴/۳۳	۴/۹۷	۳/۷۰	۱۱۱۷۷	۱۰۸۲۰	۱۱۵۳۴	شخم پاییزه	
۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۵۳	۳/۴۵	۴/۱۳	۲/۷۷	۱۱۵۷۸	۱۱۱۴۵	۱۲۰۱۰	شخم بهاره	خرد کردن
۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۴۷	۳/۵۳	۴/۱۷	۲/۹۰	۱۲۵۰۳	۱۲۰۱۸	۱۲۹۸۸	پاییز و بهار	
۰/۵۷	۰/۶۰	۰/۵۳	۴/۴۲	۴/۷۰	۴/۱۳	۱۱۲۷۰	۱۰۷۴۵	۱۱۷۹۵	شخم پاییزه	خرد نکردن
۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۴۲	۳/۶۰	۴/۲۰	۳/۰۰	۱۱۷۷۰	۱۱۳۱۰	۱۲۳۳۰	شخم بهاره	بقایای گیاهی
۰/۵۷	۰/۶۳	۰/۵۰	۳/۹۲	۴/۴۷	۳/۳۷	۱۲۷۵۰	۱۲۳۱۵	۱۳۱۸۵	پاییز و بهار	

نتیجه‌گیری

حضور بقایای گندم در مزرعه چغندر قند جهت افزایش عملکرد ریشه و افزایش حاصلخیزی خاک (ماده آلی خاک) توصیه می‌شود (فعالیت میکروارگانیسم‌ها طولانی است تا مواد را تجزیه و نیتروژن مورد نیاز را تأمین کند. بنابراین بهتر است کمبود نیتروژن در زمان کاشت به صورت کود سرک جبران شود). از تیمارهای مختلف خاک‌ورزی، تیمار شخم در پاییز جهت افزایش عملکرد ریشه و در نتیجه افزایش عملکرد قند سفید توصیه می‌شود.

در استان آذربایجان غربی چغندرکاران موفق به تجربه دریافته‌اند که کلیه عملیات خاک‌ورزی را در فصل پاییز تکمیل کنند و در بهار به محض فراهم شدن امکان کشت در اولین فرصت به کشت چغندر قند دست زنند. در این صورت کلوخ‌های حاصل از شخم پاییزه در طول زمستان در اثر یخ زدگی خرد می‌شوند و قابلیت نفوذ آب و ذخیره رطوبت در خاک در زمستان به حداکثر خود می‌رسد.

در این آزمایش نیز عمق نفوذ ریشه در خاک‌ورزی پاییزه بیشترین مقدار (با میانگین ۸۴/۱۴ سانتی‌متر) به دست آمد؛ عمیق‌تر بودن نفوذ ریشه موجب استفاده بیشتر از مواد غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد ریشه خواهد بود.

اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد چغندر قند در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. شخم با تیمار گاواهن برگردان‌دار در پاییز بالاترین با عملکرد (۴۸ تن در هکتار) با گاواهن برگردان‌دار در بهار کمترین با عملکرد (۳۹/۶۷ تن در هکتار) را داشته است. اثر تیمارهای مدیریتی بر عملکرد ریشه معنی‌دار است؛ تیمار مدیریتی سوزاندن بقایا کمترین میزان عملکرد را دارد. اثر تیمارهای مدیریتی بر عمق نفوذ ریشه نیز معنی‌دار است و تیمارهای خرد کردن بقایا و خرد نکردن آنها تیمارهایی برتر هستند. اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر عمق نفوذ ریشه معنی‌دار است؛ تیمار شخم در پاییز بیشترین مقدار متوسط عمق نفوذ ریشه را به دست داده است. کمترین مقدار مصرف آب در تیمار شخم در پاییز و بیشترین بهره‌وری مصرف آب از این تیمار حاصل شد. لذا با شخم پاییز می‌توان در مقدار مصرف آب صرفه‌جویی کرد.

بیشترین مقدار کربن آلی و بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای مدیریتی خرد نکردن بقایا و کمترین آنها در تیمار سوزاندن بقایاست.

قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی اجرا شده است. از همکاران مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی که در اندازه‌گیری صفات مورد بررسی همکاری کرده‌اند سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

- Aboudrare, A., Debaeke, P., Bouaziz, H. and Chekli, H. 2006. Effects of soil tillage and fallow management on soil water storage and sunflower production in a semi-arid Mediterranean climate. *Agric. Water Manage.* 83, 183-196.
- Beàta, M., Pedro, L. O. A, M., Eleno, T., Aluisio G. D. A. and Luis I. O. V. 2005. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. *Soil Till. Res.* 80,185-200.
- Biederbeck, V. A., Campbell, C. A. and Zentner, R. P. 1989. Effect of crop rotation and fertilization on some biological properties of loam. *Can. J. Sci.* 4, 367-375.
- Cochran, V. I., Sparrow, S. D. and Sparrow, E. B. 1994. Residue effects on soil micro and macro organisms. *Can. J. Soil Sci.* 9, 164-179.
- Dala, R. C. 1989. Long-term effects on no-tillage crop residue and nitrogen on properties of a vartisol. *Soil Soc. Am. J.* 53, 1511-1515.
- Güçlü Yavuzcan, H., Matthies, D. and Auernhammer, H. 2005. Vulnerability of Bavarian silty loam soil to compaction under heavy wheel traffic: impacts of tillage method and soil water content. *Soil Till. Res.* 84, 200-215.
- Hao, X., Chang, C. and Lindwall, C.W. 2001. Tillage and crop sequence effects on organic carbon and total nitrogen content in an irrigated Alberta soil. *Soil Till. Res.* 62, 167-169.
- Kar, G. and Singh, R. 2004. Soil water retention-transmission studies and enhancing water use efficiency of winter crops through soil surface modification. *Indian J. Soil Conserv.* 8, 18-23.
- Kar, G. and Kumar, A. 2007. Effects of irrigation and straw mulch on water use and tuber yield of potato in eastern India. *Agric. Water Manage.* 94, 109-116.
- Koch, H. J. and Stockfisch, N. 2006. Loss of soil organic matter upon ploughing under a loess soil after several years of conservation tillage. *Soil Till. Res.* 86, 73-83.
- Lenssen, A. W., Johnson, G. D. and Carlson, G. R. 2007. Cropping sequence and tillage system influences crop production and water use in semiarid Montana, USA. *Field Crops Res.* 100, 32-43.
- Playan, E. and Mateos, L. 2004. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. CD Proceeding of the 4th International Crop Science Congress. 26 Sep-1 Oct, Brisbane, Australia.

- Sainju, U. M., Singh, B. D., Whitehead, W. F. and Wang, S. 2006a. Carbon supply and storage in tilled and non-tilled soils as influenced by cover crops and nitrogen fertilization. *J. Environ. Quality*. 35, 1507-1517.
- Sainju, U. M., Lenssen, A. W., Caesar, T. and Waddell, J. T. 2006b. Tillage and crop rotation effects on dryland soil and residue carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 668-678.
- Smika, D. E. 1991. Fallow management practices for wheat production in great plain. *Agric. J.* 82, 319-323.
- Unger, P. W. 1988. Residue management effects on soil temperature. *Soil Sci. Am. J.* 52, 1779-1782.



Effect of Residue Management and Tillage Method on Soil Physical Properties, Water Productivity and Yield of Sugar Beets

Gh.R Gahramanian^{*}, A. R. Eivazi and A. Nourjou

^{*} Corresponding Author: Academic Member of Agricultural Engineering Research Department, Agriculture and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 365, West Azarbijan, Iran. Email: ghahraman99@yahoo.com

The effects of soil tillage methods and residue management were studied at Miandoab Agriculture Station during 2003-2005. The experiment design was split block with the main plots devoted to residual management strategies (burning residue, crushing residue by disk, no treatment). Subplots were tillage methods (moldboard plowing to 20-25 cm in fall, moldboard plowing to 20-25 cm in spring, moldboard plowing to 20-25 cm in both spring and fall). Other operations were identical in all treatments. The soil cone index, percent of residue crushing, percent of residue inversion, percent of seed emergence, crop yield, percent of sugar, depth of root development and percent of soil organic carbon were measured. Results showed that tillage and residual management had no significant effect on seed emergence, percent of sugar, bulk density and soil cone index. Tillage management had a significant effect on yield and depth of root development. Fall plowing and fall-spring plowing treatments produced higher yields and root development (15%, 11%) than did the spring plowing treatment. Results also showed that soil organic carbon after harvesting was higher (14%) for the crushed and no treatment categories than for the burned residue treatment. Burning residue is not recommended, because this strategy had no positive effect on the parameters and, in some cases, reduced root yield and soil organic carbon. Water productivity in moldboard plowing at 20-25 cm in the fall treatment was higher than for the other treatments. Water productivity based on root yield was 4.32, 3.47 and 3.66 kg/m³ for fall plowing, fall-spring plowing and spring plowing treatments, respectively.

Key words: Sugar Beet, Tillage, Water Productivity, Wheat Residue