نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و سوم، شماره سوم، ۱۳۹۵
http://jwsc.gau.ac.ir

بررسی مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت علوفه‌ای

***محمداسماعیل اسدی[۱]، محمدتقی فیض‌بخش[۲] و محمدحسین رزاقی[۳]**

[۱]استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان،
[۲]پژوهشگر بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان،
[۳]پژوهشگر بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: امروزه تقریباً در هر کشوری برخی فعالیت‌ها در زمینه بی‌خاک‌ورزی یا در بخش‌های تحقیقاتی و یا کاربرد در سطح مزارع در شرف انجام است. برخی پژوهشگران اظهار کرده‌اند که سوزاندن پیوسته بقایای گیاه قبلی موجب کاهش حاصلخیزی خاک و همچنین میزان مواد آلی خاک در درازمدت می‌شود. با توجه به اهمیت راهبردی ذرت و نقش بسیار مهم مدیریت روش‌های خاک ورزی و بقایای گیاهی بر میزان تولید آن، همچنین محدودیت منابع آب قابل دسترس استان، این پژوهش با هدف تعیین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای رقم SC704 تحت مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش، تحت مدیریت‌های مختلف میزان بقایا و روش‌های خاک ورزی به‌صورت استریپ پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در منطقه دشت کمالان شهرستان علی‌آباد واقع در شرق استان گلستان (ایران) اجرا شد. تیمارهای اصلی (افقی) در ۳ سطح مدیریت بقایا، شامل آتش زدن بقایا (R_1)، کشت در ۵۰ درصد بقایا (R_2) و کشت در ۱۰۰ درصد بقایا (R_3) و تیمارهای فرعی (عمودی) نیز در ۳ سطح روش‌های خاک‌ورزی، شامل خاک‌ورزی مرسوم (شخم تا عمق ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متری + دیسک + کاشت) (T_1)، کم‌خاک‌ورزی (شخم با خاک‌ورز مرکب + کاشت) (T_2) و کشت مستقیم در بقایای گیاهی (T_3) بود. آبیاری در همه کرت‌ها به روش سطحی و از نوع نواری انجام گرفت. طی دو سال آزمایش و در پایان آن، عملکرد و اجزای عملکرد، میزان آب مصرفی و نهایتاً کارآیی مصرف آب آبیاری اندازه‌گیری و تعیین شدند.

یافته‌ها: مقایسه میانگین عملکرد علوفه تر در تیمارهای مختلف بقایا نشان داد که عملکرد علوفه در تیمار ۱۰۰ درصد بقایا با تولید ۲۹۶۵۵/۶ کیلوگرم در هکتار نسبت به دو تیمار دیگر بیش‌تر بوده و دارای اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد با آن‌ها می‌باشد. همچنین مقایسه میانگین عملکرد در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی نشان داد که تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری ندارند. مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارهای بقایا و تیمارهای خاک ورزی در سطح ۵ درصد از نظر کارآیی مصرف آب آبیاری می‌باشد. تیمار سوزاندن بقایا و تیمار ۱۰۰ درصد بقایا به‌ترتیب با مقدار ۷/۲ و ۱۰/۲ کیلوگرم بر مترمکعب دارای کم‌ترین و

* مسئول مکاتبه: iwc977127@yahoo.com

بیش‌ترین مقدار بوده به‌نحوی‌که تیمار سوزاندن بقایا به‌ترتیب ۲۹/۴ و ۲۱/۷ درصد کم‌تر از تیمار ۱۰۰ و ۵۰ درصد بقایا کارآیی مصرف آب داشته است.

نتیجه‌گیری: در مرحله نخست می‌توان نسبت به تغییر سیستم خاک‌ورزی مرسوم به کم خاک‌ورزی همراه با حفظ تمامی بقایای کشت قبلی اقدام نمود. با توجه به نتایج حاصله می‌توان تیمار حفظ و نگهداری بقایا را مؤثرترین عامل در افزایش کارآیی مصرف آب دانست. با استناد به این نتایج، حفظ بقایا برای افزایش کارآیی مصرف آبیاری اکیداً توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بقایای گندم، خاک‌ورزی، ذرت، عملکرد علوفه تر، کارآیی مصرف آب

مقدمه

ذرت بعد از برنج و گندم سومین منبع تولیدکننده کالری رژیم غذایی مردم کشورهای در حال توسعه می‌باشد (۱۵). ذرت که ارزان‌تر از دو نبات ذکر شده دیگر می‌باشد برای ۹۰۰ میلیون نفر مردم با درآمد کم که در کشورهای آفریقا، آسیا و آمریکای لاتین زندگی می‌کنند بسیار اهمیت دارد و جزو سه ماده غذای اصلی آنان محسوب می‌گردد. ذرت، گندم و برنج حد اقل ۳۰ درصد کالری بیش از ۴/۵ میلیارد نفر جمعیت جهان را در ۹۴ کشور در حل توسعه جهان تولید می‌کنند (۴۴). تا سال ۲۰۵۰ تقاضا برای ذرت در کشورهای در حال توسعه دو برابر خواهد شد و تا سال ۲۰۲۵ ذرت جزو نباتاتی محسوب خواهد شد که بیش‌ترین تولید را در سطح جهان و در سطح کشورهای در حال توسعه خواهد داشت (۳۴).

سطح جهانی زیر کشت ذرت در سال ۲۰۱۰ برابر آمار فائو بیش از ۱۶۱ میلیون و ۸۲۱ هزار هکتار بوده است که کل تولید بیش از ۸۴۴ میلیون تن بوده است. در حال حاضر ذرت تقریباً در ۱۰۰ میلیون هکتار از اراضی ۱۲۵ کشور در حال توسعه تولید می‌گردد (۱۵).

امروزه تقریباً در هر کشوری برخی فعالیت‌ها در زمینه بی‌خاک‌ورزی یا در بخش‌های تحقیقاتی و یا کاربرد در سطح مزارع در شرف انجام است (۱۴، ۱۷). بی‌خاک‌ورزی، قبل از این‌که فن‌آوری آن با موفقیت به اتمام برسد در خاک‌ها و اقلیم‌های مختلف در سرتاسر جهان گسترش یافت. اکنون سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی در سرتاسر جهان از دایره قطب شمال گرفته (فنلاند) تا نواحی استوایی (کنیا و اوگاندا) و عرض‌های جغرافیایی ۵۰ درجه جنوبی (جزایر مالویناس و فالکلند) توسط کشاورزان به‌کار گرفته می‌شود. همچنین از سطح دریای آزاد در بسیاری از کشورها تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری (بولیوی و کلمبیا) گرفته تا شرایط بسیار خشک با ۲۵۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه (ایران، استرالیای غربی و شمال چین) و نواحی بسیار پرباران با بارش سالیانه ۲۰۰۰ میلی‌متر (برزیل) یا ۳۰۰۰ میلی‌متر (شیلی) به‌کار گرفته شده است. سیستم بی‌خاک‌ورزی در تمامی مزارع با اندازه‌های متفاوت از نیم هکتار (چین و زامبیا) تا صدها هکتار و هزاران هکتار (استرالیا، برزیل، آمریکا و قزاقستان) در سرتاسر جهان به‌کار گرفته شده است (۱۷).

سسیز و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی دو ساله در جنوب ترکیه اثرات خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم را روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک، مقاومت نفوذ، میزان جوانه‌زنی بذر، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت بررسی نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که از حیث جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده

نشد. از نظر عملکرد نیز اختلاف عملکرد بین تیمارها معنی‌دار بود و بیش‌ترین عملکرد در هر دو سال در تیمار خاک‌ورزی مرسوم به‌دست آمد (۳۵).

برخی پژوهشگران اظهار کرده‌اند که سوزاندن پیوسته بقایای گیاه قبلی موجب کاهش حاصلخیزی خاک و همچنین میزان مواد آلی خاک در درازمدت می‌شود (۹، ۱۰، ۳۰، ۳۲، ۴۴).

باند و ویلیز (۱۹۶۹) گزارش کرده‌اند که سوزاندن بقایا به‌دلیل کاهش دادن مواد آلی خاک موجب افزایش وزن مخصوص ظاهری و کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود (۱۰). بیدربک و همکاران (۱۹۸۰) در پژوهش‌های خود که در ایالت ساسکاچوان در غرب کانادا بر روی اثرات بلند و کوتاه‌مدت سوزاندن بقایای کشت غلات روی خصوصیات خاک و عملکرد محصول انجام دادند گزارش کرده‌اند که گرمای ناشی از سوزاندن بقایای جو به عمق یک سانتی‌متری زیر خاک نفوذ کرده و درجه حرارت دریافتی روی مالچ بین ۳۳۸ و ۴۲۲ درجه سانتی‌گراد متغیر است. همچنین بین ۳۲ تا ۷۶ درصد وزنی بقایا و ۲۷ تا ۷۳ درصد میزان نیتروژن به‌دلیل سوزاندن بقایا از دسترس خاک خارج می‌شود. تبدیل سیستم تولید متراکم گیاهان آبی با خاک‌ورزی مرسوم به یک سیستم تولید با خاک‌ورزی حفاظتی مثل بی‌خاک‌ورزی، پتانسیل فرسایش خاک و همچنین تلفات ماده آلی خاک را کاهش می‌دهد (۹).

یکی از عملیات مدیریتی برای افزایش کارآیی مصرف آب (WUE) و کاهش میزان تبخیر خاک، نگهداری بقایا بر روی سطح زمین است. این امر موجب معتدل نگه داشتن دمای خاک، حفظ رطوبت خاک و کاهش تبخیر و فرسایش خاک ناشی از پوشش سطح زمین با بقایای گیاهی است (۱۶، ۱۸، ۴۴).

جین و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی پیرامون اثر جایگزینی سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌جای خاک‌ورزی مرسوم روی کارآیی مصرف آب و عملکرد در تناوب کشت گندم و ذرت در شمال چین نتیجه گرفتند که در سال اول کل میزان آب مصرفی در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی برای ذرت ۹/۴ درصد کم‌تر از تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم بوده است که موجب افزایش ۵/۶ درصدی در کارآیی مصرف آب ذرت شده است. آن‌ها همچنین اظهار داشته‌اند که بیش‌ترین کارآیی مصرف آب در سیستم بی‌خاک‌ورزی با ۱۰۰ درصد پوشش بقایا مشاهده گردید که در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی مرسوم ۱۱/۶ درصد کارآیی مصرف آب را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. در سال دوم نیز تفاوت میانگین کارآیی مصرف آب بین دو سیستم خاک‌ورزی کم بود اما سیستم بی‌خاک‌ورزی دو برابر با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی بیش‌ترین کارآیی مصرف آب را داشت و به‌طور معنی‌داری ۷/۳ درصد کارآیی مصرف آب را در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی حفاظتی افزایش داد (۲۴).

اوهوآبگونرین (۲۰۰۹) تأثیرکاهش ورود ادوات خاک‌ورزی را با سه سیستم مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی و دو روش کاشت بر عملکرد ذرت در نیجریه آزمایش کردند و نتیجه گرفتند که رشد ذرت تحت‌تأثیر کاشت ردیفی و خاک‌ورزی مرسوم بهترین عملکرد را دارد (۲). در نتایج مشابه بیاف (۲۰۰۳)؛ کاسوتیکو همکاران (۲۰۰۵) و همچنین بر اساس پژوهش‌های کائولن (۲۰۰۵) و جین (۲۰۰۷) اختلاف معنی‌داری در عملکرد ذرت بین روش‌های مرسوم خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی مشاهده شد (۸، ۲۶، ۲۷). هالورسن و ریول (۲۰۰۶) اظهار نمودند که سیستم

تولید ذرت آبی با کمک روش بی‌خاک‌ورزی، پتانسیل جایگزینی سیستم تولید با روش خاک‌ورزی مرسوم را در گریت پلینز مرکزی آمریکا، زمانی که نباتات با بقایای بالا در تناوب با نباتات با بقایای کم و مقدار کافی کود نیتروژنه به‌کار رود، دارد (۲۱). داده‌های به‌دست آمده از مناطق بیش‌تر مرطوب کمربند ذرت غرب و همچنین شرقی نبراسکا بیانگر آنست که سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی ممکن است عملکرد کم‌تری از سیستم‌های خاک‌ورزی مرسوم تولید نمایند (۳۶، ۴۲، ۴۵).

با توجه به اهمیت خشکسالی و نیاز به افزایش کارآیی مصرف آب و افزایش عملکرد در محصولاتی مانند ذرت که غالباً پس از گندم و به‌عنوان کشت تابستانه، کشت می‌گردد این آزمایش در طی دو سال به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: این آزمایش در بخش کمالان شهر فاضل‌آباد از توابع شهرستان علی‌آباد واقع در ۳۲ کیلومتری شرق شهرستان گرگان، با مختصات ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۴۶ دقیقه طول شرقی انجام شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ و آمار هواشناسی ایستگاه هواشناسی علی‌آباد کتول در طول فصل رشد ذرت در جدول ۲ آورده شده است.

این آزمایش به‌صورت استریپ پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و از تابستان ۱۳۸۹ به‌مدت دو سال اجرا گردید. تیمارهای اصلی (افقی) در ۳ سطح مدیریت بقایا شامل آتش زدن بقایا (سوزاندن کل بقایا)، کشت در ۵۰ درصد بقایا و کشت در ۱۰۰ درصد بقایای گندم و تیمارهای فرعی (عمودی) نیز در ۳ سطح روش‌های خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم (شخم + دیسک + کاشت)، کم‌خاک‌ورزی (شخم با خاک‌ورز مرکب + کاشت) و کشت مستقیم در بقایای گیاهی (کاشت با ردیفکار بی‌خاک‌ورزی) بود. برای کاشت همه تیمارها از ردیف‌کار کشت مستقیم مکانیکی بالدان استفاده شد. فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰/۵ سانتی‌متر بود. عمق کاشت نیز ۵ سانتی‌متر بود.

در این آزمایش از هیبرید ذرت سینگل کراس ۷۰۴ استفاده گردید. مقدار کود مصرفی در همه تیمارها یکسان بوده و بر اساس آزمون خاک مقدار ۱۳۸ کیلوگرم فسفر از منبع فسفات آمونیوم، ۱۹۲ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره و فسفات آمونیوم و ۶۰ کیلوگرم کود پتاسیم از منبع فسفات پتاسیم استفاده شد. یک سوم از کود اوره در زمان کاشت و دو سوم باقی‌مانده در مرحله ۸-۶ برگی و هم‌زمان با آبیاری به خاک اضافه گردید. همچنین جهت تجزیه میکروبی بقایای گندم و با توجه به نسبت C/N دو درصد کود نیتروژنه (از منبع اوره) به بقایای گندم در هنگام کشت اضافه گردید. مبارزه بر علیه علف‌های هرز به شکل دستی انجام شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در لایه‌های مختلف.

Table 1. Physical and chemical properties of different layers of soil.

ویژگی‌های خاک Soil characteristic	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90
اسیدیته (pH)	7.7	7.6	7.7	7.7
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Ec ($dS\ m^{-1}$)	0.8	0.7	0.9	0.8
نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	0.12	0.13	0.12	0.05
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) Bulk density ($g\ cm^{-3}$)	1.4	1.5	1.3	1.2
رس (٪) Clay %	31.6	37.6	31.6	33.6
شن (٪) Silt %	44	46	40	38
سیلت (٪) Sand %	24.4	16.4	28.4	28.4
نقطه اشباع (٪ حجمی) Saturation point (%) (θ_m)	48	50.1	47.3	47
ظرفیت زراعی (٪ حجمی) Field capacity (%)(θ_m)	26.7	30	26.8	25.7
نقطه پژمردگی دایم (٪ حجمی) Wilting point (%)	14.1	17.2	12	47

جدول ۲- آمار هواشناسی ایستگاه هواشناسی علی‌آباد کتول در طول فصل رشد ذرت.

Table 2. Weather station data of Aliabad weather station during cropping season.

تبخیر تجمعی (میلی‌متر) Accumulative Evaporation (mm)	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	متوسط دما (سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	حداکثر دما (سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	حداقل دما (سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	ماه Month	سال Year
226.7	57.3	29.6	35.5	23.8	تیر July	۱۳۸۹ 2010
250.1	28	29	34.4	22.5	مرداد August	
191	9	25.3	31.3	19.4	شهریور September	
130.6	36	22.2	28.1	16.3	مهر October	
51.9	26.4	15.3	21.5	9.6	آبان November	
148	43	28.1	33.7	22.7	تیر July	۱۳۹۰ 2011
189	33	29.8	35.4	24.2	مرداد August	
102.6	78.6	24.1	38.9	19.3	شهریور September	
37.1	166.3	20	25.5	14.2	مهر October	
56.9	126	11.1	14.8	7.4	آبان November	
237.1	45.1	29	33.3	22.6	تیر July	میانگین بلندمدت Mean of Long Term
239.4	40.3	31.2	34.8	21.6	مرداد August	
202.1	49.3	24.2	29.4	20	شهریور September	
118.2	120.7	21.8	25.2	13.6	مهر October	
60.4	67.6	10.7	15.1	8.4	آبان November	

آبیاری در همه کرت‌ها به روش سطحی و نواری انجام گرفت. منبع آب چاه عمیق در فاصله ۱۰۰ متری مزرعه بود که آب بعد از پمپاژ وارد استخر ذخیره آب به وسعت ۵۰۰۰ مترمربع و آن‌گاه توسط نهر خاکی با عرض نیم متر به سر مزرعه منتقل می‌شد. برای اندازه‌گیری آب آبیاری از فلوم‌های WSC تیپ ۵ استفاده گردید. این فلوم‌ها در ابتدای ورود آب به هر کرت نصب و ارتفاع آب در فلوم و همچنین زمان آبیاری اندازه‌گیری و در نهایت حجم آب ورودی به هر کرت به‌طور جداگانه محاسبه گردید. آبیاری بر اساس کاهش رطوبت خاک در آبیاری اول و در آبیاری‌های بعدی بر اساس ۵۰ درصد کاهش رطوبت قابل استفاده انجام شد. بدین مفهوم که کرت‌ها تا رسیدن به حد ظرفیت مزرعه آبیاری گردیدند.

حجم آب مصرفی در تیمارهای آبیاری براساس رابطه زیر محاسبه شد (۳۹، ۱).

$$VW = \frac{(FC - PWP) \times BD \times A \times D}{Ea}$$

که در آن، VW حجم آب آبیاری (مترمکعب)، FC درصد وزنی رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی، PWP درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دایم، BD وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه (گرم بر سانتی‌مترمکعب)، A مساحت کرت (مترمربع)، D عمق ریشه (متر) و Ea راندمان آبیاری بر اساس ارزیابی‌های صورت گرفته و همچنین مطالعات هاول (۲۰۰۸) برابر ۶۵ درصد گرفته شد (۲۳).

در پایان، برداشت از ۴ خط وسط به طول ۱۰ متر با حذف حاشیه انجام شد. در زمان برداشت نمونه‌های یک کیلوگرمی از برگ، ساقه، چوب بلال و دانه از تیمارهای برداشتی تهیه شد و در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. وقتی که وزن خشک نمونه‌ها در دو توزین متوالی یکسان شد، ماده خشک اندام‌ها (برگ و ساقه) ثبت شد و با توجه به وزن هر کدام از اندام‌ها عملکرد ماده خشک محاسبه گردید. ارتفاع بوته، ارتفاع بلال از سطح زمین، قطر ساقه، تعداد دانه در هر بلال، طول بلال و سایر صفات از طریق میانگین‌گیری از ۱۰ بوته تصادفی محاسبه گردید. جهت تعیین کارآیی مصرف آب از رابطه ۲ استفاده شد.

$$WUE = \frac{Y}{WU}$$

که در آن، WUE کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمربع)، Y عملکرد (کیلوگرم) و WU آب مصرفی (مترمکعب).

در پایان برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS استفاده گردید و میانگین‌ها به روش LSD مورد مقایسه قرار گرفتند (سلطانی، ۱۹۹۸).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که همه صفات مورد بررسی به‌جز میزان آب مصرفی و کارآیی مصرف آب تحت‌تأثیر اثر سال قرار گرفتند و معنی‌دار شدند (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته، ارتفاع بلال به‌ترتیب به‌میزان۱۹۹/۶ و ۸۵/۶ سانتی‌متر در سال دوم اجرای آزمایش به‌دست آمد. این در حالی بود که کم‌ترین قطر ساقه و طول بلال نیز در سال دوم اجرای آزمایش به‌ترتیب به‌میزان ۱۱ میلی‌متر و ۱۸/۵ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۴). همچنین بیش‌ترین وزن تر و خشک ساقه و برگ و عملکرد علوفه تر در سال دوم بیش‌تر از سال اول به‌دست آمد.

همه صفات مورد بررسی تحت‌تأثیر اثرات میزان بقایا قرار گرفتند و معنی‌دار گردیدند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات بقایا نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، طول بلال، وزن تر ساقه و برگ، وزن خشک ساقه و برگ، عملکرد علوفه تر و میزان آب مصرفی از تیمار سوزاندن بقایای گیاهی به‌دست آمد این در حالی بود که کم‌ترین وزن تر بلال و کارآیی مصرف آب نیز از تیمار سوزاندن بقایای گیاهی به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین در هر دو سال اجرای آزمایش کم‌ترین کارآیی مصرف آب از تیمار سوزاندن بقایا به‌دست آمد (شکل ۱). چنین استنباط می‌شود که با سوزاندن بقایای گیاهی

آماده‌سازی و تهیه بستر جهت کشت ذرت بهتر صورت گرفته و عملکرد علوفه افزایش می‌یابد ولی به‌دلیل بیش‌تر بودن تبخیر از سطح خاک در تیمار سوزاندن بقایای گیاهی میزان آب مصرفی افزایش یافته و کارآیی مصرف کاهش می‌یابد. با توجه به گرمی هوا و تبخیر از سطح خاک در طول فصل رویش ذرت تابستانه، بیش‌تر بودن عملکرد علوفه ذرت در شرایط حفظ بقایا را فارغ از نوع خاک‌ورزی احتمالاً می‌توان به نقش مثبت بقایای گندم در کاهش تلفات تبخیر از سطح خاک ارتباط داد (۱۲، ۳۰، ۳۸).

بیدربک و همکاران (۱۹۸۰) نشان دادند که سوزاندن و نابودی بقایای کشت قبلی برای مدت ۲۰ سال متوالی اثر معنی‌داری روی عملکرد نداشته است (۹). این در حالی است که پژوهشگران دیگر از جمله آزادشهرکی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که بیش‌ترین عملکرد از تیمار حفظ بقایا به‌دست آمد (۱). احتمالاً دلایل تفاوت در نتایج به‌دست آمده شرایط آب‌وهوایی محل انجام آزمایش، نوع خاک محل آزمایش و مهم‌تر از همه مدت زمانی اجرای آزمایش می‌باشد. به‌طوری‌که افزایش ماده آلی خاک در دوره زمانی بلندمدت (حداقل ۵ سال) در تیمار حفظ بقایا باعث افزایش عملکرد خواهد شد. به‌دلیل تأثیر بهتر بقایا در حفظ رطوبت خاک در هر نوع روش خاک‌ورزی نسبت به حذف بقایا، ذخیره رطوبتی در تیمارهای حفظ و نگهداری بقایا بیش‌تر است (۵، ۱۲). جیل و همکاران (۱۹۹۶) در پنجاب هندوستان با بررسی تأثیر مالچ و خاک‌ورزی بر کاهش تبخیر خاک در خاک‌های شنی لومی دریافتند که مالچ با تأثیر بر جذب گرما و کاهش تبخیر خاک منجر به حفظ افزایش رطوبت خاک در کشت ذرت می‌گردد (۱۹). این پژوهشگران نفوذ بهتر آب در ابتدای رشد گیاه هنگام انجام عملیات خاک‌ورزی را گزارش نموده‌اند. همچنین لی و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایشی تحت عنوان بررسی اثرات مالچ پلاستیکی و بقایای کاه گندم روی میزان تلفات آب در کشت ذرت در کشور چین دریافتند که در طول فصل رشد ذرت، فقط ۲۰ میلی‌متر یا ۶/۳ درصد آب از طریق تبخیر در تیمارهای کاربرد مالچ نوع پلاستیکی از دسترس گیاه خارج می‌شود. نتایج آن‌ها از مؤثر بودن حفظ بقایا در کاهش تبخیر در مقایسه با حذف بقایا بود به‌طوری‌که تیمارهای با کاربرد مالچ بقایای گندم ۲۴/۵ درصد و تیمارهای بدون کاربرد مالچ ۳۰/۲ درصد از آب دریافتی را از طریق تبخیر از دست داده‌اند (۲۹). داهیا و همکاران (۲۰۰۷) نیز در بررسی بقایای گندم به‌عنوان مالچ روی حفظ و نگهداری رطوبت خاک گزارش دادند که حفظ بقایای گیاهی گندم به‌عنوان مالچ توانسته است به‌میزان ۰/۳۹ میلی‌متر در روز میزان تلفات آب را کاهش دهد (۱۳). پژوهشگران زیادی، مدیریت بقایای گیاهی را یکی از روش‌های اصلاح و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، کاهش شدت تبخیر قبل از سایه انداختن کامل گیاه اصلی ذکر کرده‌اند (۹، ۲۲، ۳۷). روش مدیریت سوزاندن بقایا اگرچه روشی راحت، سریع و مؤثر در مبارزه با علف‌های هرز و همچنین با اعمال خاک‌ورزی مرسوم، تامین‌کننده تماس کافی بین بذر و خاک است ولی به مرور باعث کاهش حاصلخیزی خاک و آلودگی‌های زیست‌محیطی در مزرعه کشاورزان شده است. همچنین بر طبق نتایج این پژوهش باعث افزایش میزان مصرف آب در مقایسه با حفظ بقایای گیاهی گردیده است. پس می‌توان گفت که یکی از روش‌های مؤثر برای حفاظت از منابع تولید نظیر آب و خاک، حفظ بقایای گیاهی است.

اثرات تیمارهای خاک‌ورزی بر روی همه صفات مورد بررسی به‌جز قطر ساقه معنی‌دار گردید (جدول

۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، طول بلال، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، عملکرد بلال، عملکرد علوفه تر و کارآیی مصرف آب از تیمار خاک‌ورزی مرسوم به‌دست آمد (جدول ۴).

بیش‌ترین ارتفاع بوته و ارتفاع بلال به‌ترتیب به‌میزان ۱۹۷/۸ و ۸۴/۴ سانتی‌متر از تیمار خاک‌ورزی مرسوم به‌دست آمد و از لحاظ آماری با تیمار کم‌خاک‌ورزی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین طول بلال، وزن تر ساقه و برگ، وزن خشک ساقه و برگ، وزن بلال، عملکرد علوفه تر و کارآیی مصرف آب نشان داد که تفاوتی بین میانگین تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی وجود ندارد و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). بنابراین می‌توان در مرحله نخست نسبت به تغییر سیستم خاک‌ورزی مرسوم به کم‌خاک‌ورزی همراه با حفظ تمامی بقایای کشت قبلی اقدام نمود. مقایسه میانگین کارآیی مصرف آب تحت تیمارهای خاک‌ورزی نشان داد که بیش‌ترین کارآیی مصرف آب به‌میزان ۹/۶ کیلوگرم بر مترمکعب از تیمار خاک‌ورزی مرسوم به‌دست آمد و با تیمار کم‌خاک‌ورزی در یک گروه آماری قرار گرفتند. این در حالی بود که کم‌ترین آب مصرفی به‌میزان ۳۲۰ میلی‌متر از تیمار خاک‌ورزی مرسوم به‌دست آمد (جدول ۴ و شکل ۱). پژوهشگران دیگر از جمله وستچ و همکاران (۲۰۰۲) و باروت و چیلک (۲۰۱۰) نیز کاهش آب مصرفی را هم‌زمان با افزایش خاک‌ورزی گزارش نمودند (۴، ۴۲).

نجفی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۷) نیز در آزمایش خود روی بررسی اثرات روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت در منطقه کرمان دریافتند که تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم دارای عملکرد بیش‌تری نسبت به تیمار حداقل خاک‌ورزی بودند (۳۱). هالورسون و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که کاهش عملکرد ذرت در سیستم بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم در سیستم پیوسته تولید ذرت، به‌دلیل سرد بودن دمای خاک و توسعه آهسته گیاه در سیستم بی‌خاک‌ورزی می‌باشد (۲۱). میزان عملکرد بیش‌تر در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی نسبت به تیمار بی‌خاک‌ورزی ممکن است به‌دلیل کاهش فشردگی خاک، نفوذ بهتر ریشه، توزیع یکنواخت مواد غذایی در نیمرخ خاک و کاهش اثر آللوپاتیک بقایای گندم در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و کم خاک‌ورزی باشد (۳۳).

ویلهلم و همکاران (۱۹۸۶) مشخص کردند که ۷۰ درصد تغییرات عملکرد گیاه ناشی از کل آب قابل دسترس در نیمرخ خاک همراه با حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک می‌باشد. برخی پژوهشگران اظهار داشته‌اند که با برداشت هر تن از بقایای گیاهی، به‌میزان ۰/۱ تن در هکتار عملکرد کاهش خواهد یافت. علاوه بر این، ۸۱ درصد نوسانات در میزان عملکرد محصول برداشت شده فعلی ارتباط مستقیمی با میزان کمی بقایای گیاهی محصول قبلی دارد (۴۶).

غالب پژوهش‌های انجام شده حکایت از افزایش عملکرد ذرت در سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی می‌باشد اما همه این گزارش‌ها اثرات مثبت درازمدت بی‌خاک‌ورزی و با رعایت تناوب زراعی را بیان نموده‌اند (۲۵، ۴۱).

گزارش‌هایی که مربوط به زمان‌های کوتاه‌مدت استفاده از سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی باشد چنین افزایش عملکردی را یا گزارش نکرده‌اند و یا نتایج متضادی را ارائه داده‌اند (۷). برخی پژوهشگران نیز کاهش عملکرد ذرت را در سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی گزارش داده‌اند (۱۱، ۲۰، ۴۳).

روش‌های مختلف خاک‌ورزی از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز تأثیر دما و رطوبت خاک بر رشد و نمو گیاه اثرات مثبت یا منفی دارند به همین دلیل نتایج به‌دست آمده در رابطه با تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد گیاهان برخی اوقات متفاوت می‌باشد (۲۸). برخی پژوهشگران نیز نشان داده‌اند که حتی با به‌دست آوردن عملکرد بیش‌تر در سیستم‌های خاک‌ورزی مرسوم به‌دلیل بالا بودن هزینه‌های تولید در آن به هیچ وجه اقتصادی نمی‌باشد (۶).

اثر متقابل بقایا × خاک‌ورزی بر روی همه صفات مورد بررسی به‌جز ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، قطر ساقه و طول بلال معنی‌دار گردید. همچنین اثر متقابل سال × بقایا × خاک‌ورزی فقط بر روی وزن خشک ساقه و برگ، وزن تر ساقه و برگ، وزن تر بلال و عملکرد علوفه تر معنی‌دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثرات متقابل بقایا × خاک‌ورزی نشان داد که بیش‌ترین مقادیر وزن تر ساقه و برگ، وزن خشک ساقه و برگ، عملکرد بلال تر، عملکرد علوفه تر و کارآیی مصرف آب از تیمار خاک‌ورزی مرسوم × ۱۰۰ در صد بقایا به‌دست آمد. این یافته مطابق با نتایج به‌دست آمده توسط نجفی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۷) و لیمون اورتگا و همکاران (۲۰۰۲) می‌باشد (۳۰، ۳۱) که دریافتند نگهداری بقایا در همه تیمارهای خاک‌ورزی دارای عملکرد بیش‌تر ذرت نسبت به سوزاندن بقایا گردید (جدول ۵).

همچنین در همه سطوح فاکتور بقایا (آتش زدن بقایا، ۵۰ درصد بقایا و ۱۰۰ درصد بقایای گندم) بیش‌ترین مقادیر وزن تر ساقه و برگ، وزن خشک ساقه و برگ، عملکرد علوفه تر از اثر متقابل خاک‌ورزی مرسوم و بقایا به‌دست آمد. که نشان می‌دهد در طی دوره‌های کوتاه‌مدت خاک‌ورزی مرسوم دارای عملکرد علوفه بیش‌تری نسبت به کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی است (جدول ۶).

بررسی دو ساله این پژوهش نشان داد که سال تأثیر معنی‌داری بر کارآیی مصرف آب نداشت. با توجه به آمار هواشناسی (جدول ۲)، در سال ۱۳۹۰ میزان بارش در طی دو ماه تیر و مرداد که اوج رشد و نیاز آبی گیاه با توجه به تاریخ کاشت آن بوده، به‌ترتیب ۲۴/۹ و ۱۵/۱ درصد کم‌تر از سال ۱۳۸۹ بوده است. به همین دلیل میزان مصرف آب آبیاری در سال ۱۳۹۰، به‌میزان ۳/۸ درصد بیش‌تر از سال ۱۳۸۹ گردیده است. تفاوت در آب مصرفی به‌میزانی نبوده که سبب بروز اختلاف معنی‌دار آماری بین سال‌های آزمایش گردد (جدول‌های ۳ و ۴). جهت بررسی دقیق‌تر و حذف تأثیر بارش، صفات مرتبط با کارآیی مصرف آب، برای هر سال به‌صورت جداگانه نیز تجزیه و تحلیل شد. نتایج تجزیه واریانس هر سال به‌صورت جداگانه نشان‌دهنده آن است که عملکرد در هر دو سال به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای بقایا و خاک‌ورزی قرار گرفت (جدول ۷). با توجه به مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین میزان عملکرد در هر دو سال متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد بقایا بوده است (جدول ۸). گرچه کم‌ترین میزان عملکرد در یک سال مربوط به تیمار سوزاندن بقایا و در سال دیگر مربوط به ۵۰ درصد بقایا بوده است. در هر دو سال مورد آزمایش خاک‌ورزی مرسوم بیش‌ترین و بی‌خاک‌ورزی کم‌ترین میزان عملکرد را به خود اختصاص داده است.

فقط تیمار بقایا در سال نخست بر روی میزان مصرف آب تأثیر گذاشت (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده آن است که تیمار بقایا در سال نخست و تیمار خاک‌ورزی در سال دوم بر میزان مصرف آب تأثیر معنی‌دار آماری داشته است (جدول ۸).

کارآیی مصرف آب در سال نخست تحت‌تأثیر تیمار بقایا و در سال دوم تحت‌تأثیر تیمار خاک‌ورزی قرار گرفته است. در هر دو سال مورد آزمایش تیمار ۱۰۰ درصد بقایا و خاک‌ورزی مرسوم بیش‌ترین میزان کارآیی مصرف آب را داشته‌اند (جدول ۸).

نتیجه‌گیری

در استان گلستان محصولات تابستانه از جمله ذرت، عموماً به‌صورت کشت دوم پس از برداشت محصولاتی مانند گندم و جو و کلزا انجام می‌شود. با توجه به این‌که بقایای گیاهی محصولات قبلی که منبع اصلی تامین کربن تازه برای تولید زیست‌توده میکروبی، افزایش جمعیت انواع کرم‌های خاکی، افزایش ذخیره رطوبتی خاک و بهبود حاصلخیزی هستند، مانعی در آماده‌سازی مناسب بستر بذر و مشکلی جدی در کاشت محصول با بذرکار یا ردیف‌کار ایجاد می‌کنند، کشاورزان بقایا را می‌سوزانند. روش سوزاندن و محو بقایای گیاهی اگرچه روشی راحت، سریع و مؤثر در مبارزه با علف‌های هرز و همچنین با اعمال خاک‌ورزی مرسوم، تامین‌کننده تماس کافی بین بذر و خاک است ولی نتایج این آزمایش دوساله نشان داد که آتش زدن بقایای کشت قبلی موجب افزایش تبخیر رطوبت از سطح خاک و در نتیجه باعث افزایش مصرف آب آبیاری می‌گردد. همچنین نتایج این پژوهش مشخص ساخت که نگهداری بقایای گیاهی در مزرعه می‌تواند کارآیی مصرف آب ذرت را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشد.

با استناد به این نتایج، حفظ بقایا برای افزایش کارآیی مصرف آب آبیاری توصیه می‌گردد. یکی از عملیات‌های مدیریتی برای افزایش کارآیی مصرف آب و کاهش میزان تبخیر خاک، نگهداری بقایا بر روی سطح زمین است. این امر موجب معتدل نگهداشتن دمای خاک، حفظ رطوبت خاک و کاهش تبخیر و فرسایش خاک ناشی از پوشش سطح زمین با بقایای گیاهی است. یکی از روش‌های مؤثر برای حفاظت از منابع تولید نظیر آب و خاک حفظ بقایای گیاهی است. اما باید توجه داشت که مزایای کشاورزی حفاظتی و از جمله خاک‌ورزی حفاظتی در درازمدت آشکار می‌گردد. زیرا افزایش کربن آلی خاک و تجزیه آن به عناصر غذایی قابل استفاده، نیازمند زمان بیش‌تری است. بنابراین سعی شود که مزارعی که برای کاربرد این سیستم‌ها به کار می‌روند حداقل ۴ سال پیاپی تحت کشت کشاورزی حفاظتی قرار گیرند. برای مثال کاهش تراکم خاک و پایداری خاک دانه‌ها به مرور زمان صورت گرفته، از این‌رو باید فرصت کافی به کربن آلی داد تا پس از تجزیه شدن موجب افزایش عملکرد محصول گردد. توصیه می‌گردد پژوهش‌های بلندمدت پیرامون اثرات خاک‌ورزی حفاظتی و مقایسه آن با سیستم‌های خاک‌ورزی مرسوم با رعایت اصل تناوب زراعی بر روی دمای خاک و گیاه مجاور، تغییرات اقلیمی، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از قبیل CO_2 و N_2O و همچنین تأثیر آن بر خصوصیات فیزیکی خاک از جمله وزن مخصوص ظاهری، ذخیره و حفظ رطوبت، میزان نفوذپذیری خاک به عمل آید.

جدول ۳- درجه آزادی و میانگین مربعات صفات مورد بررسی در ذرت علوفه‌ای (سینگل کراس ۷۰٤) در تاریخ کاشت و رژیم‌های آبیاری متفاوت در علی‌آباد کتول.

Table 3. Degrees of freedom, and mean square of traits in silage maize (KSC 704) in different planting dates and different irrigation regimes in Aliabad.

عوامل آزمایش S.O.V	درجه آزادی Df	ارتفاع بوته Plant Height	ارتفاع بلال Ear Height	قطر ساقه Stem diameter	طول بلال Ear Length	وزن خشک ساقه و برگ Dry weight of stem+ leaf	وزن تر ساقه و برگ Fresh weight of stem+ leaf	وزن بلال Ear weight	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield	آب مصرفی Applied water	کارآیی مصرف آب WUE
سال (Year)	1	2178.68**	492.68**	28.16**	34.25**	14497992.4**	384097072.8**	119677784.1**	74973815.3**	2039.9^{ns}	0.281^{ns}
اشتباه آزمایشی (Error)	4	169.31	103.47	1.65	3.636	490532.4	14071677.7	7735016.2	39502231.5	10383.5	15.137
بقایا (Residual)	2	936.54**	564.04**	3.84**	78.24**	1866.12**	348037.1**	61622724.1**	53857791.5**	30483.5**	41.60**
سال × بقایا (Y×R)	2	5040.6**	284.6**	10.51**	78.50**	4261190.0**	7717739.8**	33942466.3**	45000613.1**	4206.02^{ns}	10.62*
اشتباه آزمایشی (Error)	8	59.6	18.59	0.493	11.00	320140.5	733652.5	2817741.7	1426286.68	16198.3	1.325
خاک‌ورزی (Managements of tillage)	2	408.72**	176.12**	0.217^{ns}	1.060**	931545.5**	46293368.4**	6995113.9*	5113697.2**	701.3**	9.88*
سال × خاک‌ورزی (Y×M)	2	204.46**	52.94**	0.035^{ns}	24.5**	66588.7**	7581564.1**	21435839.00**	9516517.6^{ns}	2309.4**	3.01^{ns}
اشتباه آزمایشی (Error)	8	31.48	11.35	0.643	1.004	19948.5	283278.8	511719.3	877792.2	917.77	0.71
بقایا × خاک‌ورزی (R×M)	4	2597.68^{ns}	12.47^{ns}	0.354^{ns}	0.518^{ns}	53314.2**	11026118.7**	216669666.3**	19217570.2**	7149.7*	6.88*
سال × بقایا × خاک‌ورزی (Y×R×M)	4	24.1^{ns}	16.80^{ns}	0.738^{ns}	2.164^{ns}	483342.5**	13473479.1**	20466188.84**	20710016**	2752.1^{ns}	3.84^{ns}
اشتباه آزمایشی (Error)	16	2.94	3.25	0.374	4.11	43100.2	698263	1837782.8	3951477.5	1593.3	2.125
خطای آزمایش (CV)	--	2.94	3.25	4.98	4.11	7.04	5.7	10.3	7.4	12.2	16.4

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد احتمال.

^{ns}, * and ** Non significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی به روش LSD در سطح آماری ۰/۰۵.

Table 4. Comparison of traits mean by using LSD at 0.05 level.

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	ارتفاع بلال (سانتی‌متر) Ear Height (cm)	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	طول بلال (سانتی‌متر) Ear Length (cm)	وزن خشک ساقه و برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of stem+ leaf (kg.ha^{-1})	وزن تر ساقه و برگ (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight of stem + leaf (kg.ha^{-1})	وزن بلال (کیلوگرم در هکتار) Ear weight (kg.ha^{-1})	عملکرد علوفه تر (کیلوگرم در هکتار) Fresh forage yield (kg.ha^{-1})	آب مصرفی (میلی‌متر) Applied water (mm)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب) WUE (kg.m^{-3})
سال (Year)										
۱۳۸۹ (2009)	18.3 b	79.70 b	13.5 a	20.17 a	2428.6 b	11990.8 b	14666.7 a	26657.5 b	320.74 a	8.8 a
۱۳۹۰ (2010)	199.9 a	85.6 a	11 b	18.75 b	3464.96 a	17324.8 a	11689.3 b	29014.1 a	333.03 a	8.9 a
بقایا (Residual)										
سوزاندن بقایا (Burnt residual)	201.92 a	89.13 a	11.74 b	21.64 a	2953.7 a	14817.9 a	11395 c	29655.6 a	373.79 a	7.2 c
۵۰ درصد بقایا (50% residue)	190 b	79.9 b	12.5 a	18.9 b	2951.7 a	14588.9 b	13050 b	27638 ab	309.9 b	9.2 b
۱۰۰ درصد بقایا (100% residue)	188.9 b	79 b	12.5 a	17.5 c	2905.1 b	14566.7 b	15088.9 a	26212.6 c	296.9 b	10.2 a
خاک‌ورزی (Managements of tillage)										
خاک‌ورزی مرسوم (conventional tillage)	197.8 a	84.4 a	12.1 a	19.9 a	3282.7 a	16308.4 a	12813.9 a	29122.3 a	320 b	9.6 a
کم‌خاک‌ورزی (reduced tillage)	194.5 a	84.5 a	12.3 a	20.1 a	2929.5 ab	14559.5 b	13897.8 a	28457.2 a	328.4 a	8.8 ab
بی‌خاک‌ورزی (No tillage)	188.4 b	79 b	12.3 a	18 b	2628.2 b	13105.6 c	12822.2 a	25927.8 b	322.2 a	8.1 b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% level of probability.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال × بقایا صفات مورد بررسی به روش LSD در سطح آماری ۰/۰۵.

Table 5. Comparison of the interaction of year × residue traits by using LSD at 0.05 level.

تیمار Treatment		وزن خشک ساقه و برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of stem+ leaf (kg.ha^{-1})	وزن تر ساقه و برگ (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight of stem+ leaf (kg.ha^{-1})	وزن بلال (کیلوگرم در هکتار) Ear weight (kg.ha^{-1})	عملکرد علوفه تر (کیلوگرم در هکتار) Fresh forage yield (kg.ha^{-1})	آب مصرفی (میلی‌متر) Applied water (mm)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب) WUE (kg.m^{-3})
بقایا × خاک‌ورزی	Residual ×Managements of tillage						
سوزاندن بقایا × خاک‌ورزی مرسوم	Burnt residual × Conventional tillage	3135 ^{ab}	16033 ^{ab}	10316 ^{d}	26350 ^{b}	378.3 ^{a}	7.2 ^{b}
سوزاندن بقایا × کم‌خاک‌ورزی	Burnt residual × Reduced tillage	2854 ^{b}	14395 ^{b}	11243 ^{bc}	25638 ^{c}	346.9 ^{ab}	7.4 ^{b}
سوزاندن بقایا × بی‌خاک‌ورزی	Burnt residual × No tillage	2871 ^{b}	14024 ^{b}	12625 ^{bc}	26650 ^{b}	396.1 ^{a}	6.9 ^{c}
۵۰ درصد بقایا × خاک‌ورزی مرسوم	50% residue × Conventional tillage	3223 ^{a}	16066 ^{a}	13791 ^{ab}	29433 ^{ab}	270.4 ^{c}	8.3 ^{b}
۵۰ درصد بقایا × کم‌خاک‌ورزی	50% residue × Reduced tillage	3154 ^{ab}	15441 ^{ab}	12500 ^{b}	28566 ^{b}	325.5 ^{b}	8.8 ^{b}
۵۰ درصد بقایا × بی‌خاک‌ورزی	50% residue × No tillage	2427 ^{ab}	12058 ^{c}	12858 ^{b}	24916 ^{c}	324 ^{b}	7.5 ^{b}
۱۰۰ درصد بقایا × خاک‌ورزی مرسوم	100% residue × Conventional tillage	3558 ^{a}	17250 ^{a}	17959 ^{a}	31583 ^{a}	311.2 ^{c}	10.2 ^{ab}
۱۰۰ درصد بقایا × کم‌خاک‌ورزی	100% residue × Reduced tillage	2710 ^{c}	13216 ^{b}	14333 ^{b}	31166 ^{a}	312.7 ^{c}	10.2 ^{ab}
۱۰۰ درصد بقایا × بی‌خاک‌ورزی	100% residue × No tillage	2585 ^{cd}	13233 ^{b}	12983 ^{b}	26216 ^{b}	226.6 ^{c}	10 ^{ab}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% level of probability.

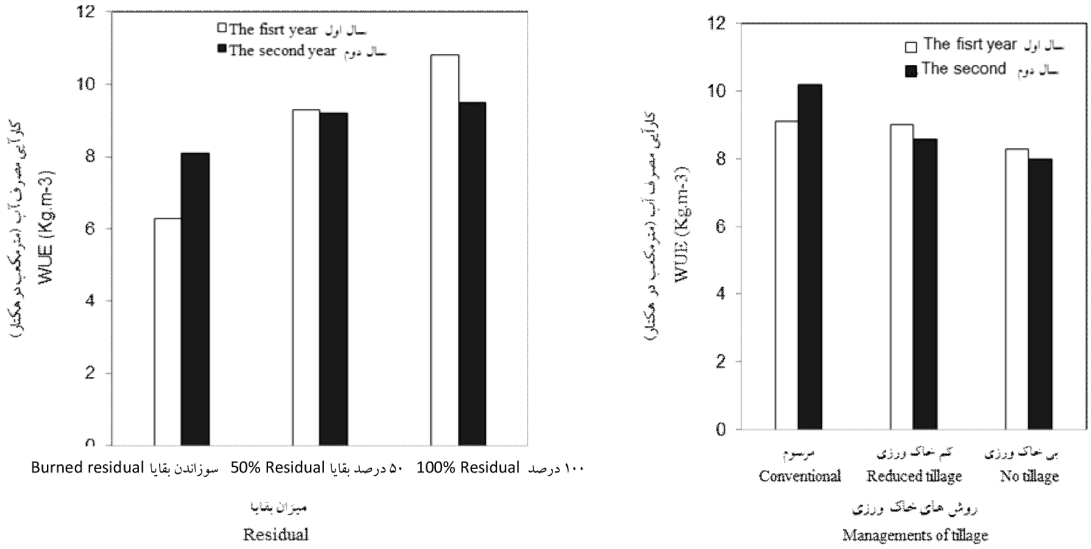
جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال × بقایا × خاک‌ورزی صفات مورد بررسی به روش LSD در سطح آماری ۰/۰۵.

Table 6. Comparison of the interaction of year × residue× tillage of traits by using LSD at 0.05 level.

عملکرد علوفه تر (کیلوگرم در هکتار) Fresh forage yield (kg.ha^{-1})	وزن بلال (کیلوگرم در هکتار) Ear weight (kg.ha^{-1})	وزن تر ساقه و برگ (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight of stem + leaf (kg.ha^{-1})	وزن خشک ساقه و برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of stem+ leaf (kg.ha^{-1})		تیمار Treatment
26000 cde	8500 i	13001 ef	2590 de	The first year × Burnt residual × Conventional tillage	سال اول × سوزاندن بقایا × خاک‌ورزی مرسوم
22417 ef	11000 gh	11417 fg	2300 ef	The first year × Burnt residual ×Reduced tillage	سال اول × سوزاندن بقایا × کم‌خاک‌ورزی
2570 f	14417 bcd	11583 fg	2326 ef	The first year × Burnt residual × No tillage	سال اول × سوزاندن بقایا × بی‌خاک‌ورزی
29833 bcd	15667 b	14667 def	2952 cd	The first year × 50% residue × Conventional tillage	سال اول × ۵۰ درصد بقایا × خاک‌ورزی مرسوم
29833 abc	14167 bcd	15667 cde	3154 bcd	The first year × 50% residue × Reduced tillage	سال اول × ۵۰ درصد بقایا × کم‌خاک‌ورزی
23833 def	15750 b	8083 h	1647 g	The first year × 50% residue × No tillage	سال اول × ۵۰ درصد بقایا × بی‌خاک‌ورزی
30667 ab	1500 bc	15667 cde	3317 abc	The first year × 100% residue × Conventional tillage	سال اول × ۱۰۰ درصد بقایا × کم‌خاک‌ورزی
3200 a	23333 a	8667 gh	1800 gf	The first year × 100% residue × Reduced tillage	سال اول × ۱۰۰ درصد بقایا × کم‌خاک‌ورزی
23833 def	14167 bcde	9667 gh	1778 gf	The first year × 100% residue × No tillage	سال اول × ۱۰۰ درصد بقایا × بی‌خاک‌ورزی
31200 ab	21133 defgh	19067 a	3680 ab	The second year × Burnt residual × Conventional tillage	سال دوم × سوزاندن بقایا × خاک‌ورزی مرسوم
28860 abc	11487 fgh	17373 abc	3408 abc	The second year × Burnt residual × Reduced tillage	سال دوم × سوزاندن بقایا × کم‌خاک‌ورزی
27300 bcd	10833 ghi	16467 abcd	3426 abc	The second year × Burnt residual × No tillage	سال دوم × سوزاندن بقایا × بی‌خاک‌ورزی
29033 abc	11487 fgh	17117 abcd	3356 abc	The second year × 50% residue × Conventional tillage	سال دوم × ۵۰ درصد بقایا × خاک‌ورزی مرسوم
27300 bcd	10833 ghi	16467 abcd	3293 abc	The second year × 50% residue × Reduced tillage	سال دوم × ۵۰ درصد بقایا × کم‌خاک‌ورزی
26000 cde	9967 hi	16033 bcd	3206 abc	The second year × 50% residue × No tillage	سال دوم × ۵۰ درصد بقایا × بی‌خاک‌ورزی
32500 a	13667 bcdef	18833 ab	3800 a	The second year × 100% residue × Conventional tillage	سال دوم × ۱۰۰ درصد بقایا × کم‌خاک‌ورزی
30333 ab	12567 defgh	17767 abc	3620 ab	The second year × 100% residue × Reduced tillage	سال دوم × ۱۰۰ درصد بقایا × کم‌خاک‌ورزی
28600 abc	11800 efgh	16800 abcd	3393 abc	The second year ×100% residue × No tillage	سال دوم × ۱۰۰ درصد بقایا × بی‌خاک‌ورزی

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% level of probability.



شکل ۱- کارآیی مصرف آب تحت‌تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰.

Figure 1. Water use efficiency under different tillage methods and residue management in 2010 and 2011.

جدول ۷- درجه آزادی و میانگین مربعات صفات مورد بررسی در ذرت علوفه‌ای (سینگل کراس ۷۰٤) در سال‌های مختلف آزمایش در علی‌آباد کتول.

Table 7. Degrees of freedom, and mean square of traits in silage maize (KSC 704) in different years in Aliabad.

عوامل آزمایش S.O.V	سال اول (The First Year)			سال دوم (The Second Year)		
	عملکرد Yield	آب مصرفی Applied water	کارآیی مصرف آب WUE	عملکرد Yield	آب مصرفی Applied water	کارآیی مصرف آب WUE
تکرار Replication	18101870.5	1134812	19.001	60902592.6	941898.92	11.274
بقایا Residue	78080167.7**	2527579.1**	47.103**	20778237.0**	941391.14^{ns}	5.134^{ns}
خطا Residue Error	2414425.1	11188.8	0.891	438148.1	312208.03	1.758
خاک‌ورزی Tillage	31087217.7**	23493.5^{ns}	1.641^{ns}	29566237.0**	277578.25^{ns}	11.263*
خطای خاک‌ورزی Tillage Error	1317436.2	114603.5	0.535	438148.1	48950.8	0.927
بقایا * خاک‌ورزی Residue*Tillage	39729794.1*	809315.3**	9.687*	197792.6^{ns}	180877.37^{ns}	1.042
خطا Error	7652584.6	91372.2	1.454	250370.4	227301.75	2.795
CV	10.37	9.42	13.74	1.72	14.31	18.73

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد احتمال.

^{ns}, * and ** Non significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی به روش دانکن در سطح آماری ۰/۰۵.

Table 8. Comparison of traits mean by using Duncan at 0.05 levels.

تیمار Treatment	سال اول (The First Year)			سال دوم (The Second Year)		
	عملکرد Yield (kg ha^{-1})	آب مصرفی Applied water (m^3 ha^{-1})	کارآیی مصرف آب WUE (kg.m^{-3})	عملکرد Yield (kg ha^{-1})	آب مصرفی Applied water (m^3 ha^{-1})	کارآیی مصرف آب WUE (kg. m^{-3})
بقایا (Residual)						
سوزاندن بقایا (Burning residual)	23305.7^{b}	3778.44^{a}	6.2889^{c}	29120.0^{b}	3697.4^{a}	8.0778^{a}
۵۰ درصد بقایا (50% residue)	27833.3^{a}	3112.22^{b}	9.2556^{b}	27444.4^{c}	3087.6^{a}	9.1556^{a}
۱۰۰ درصد بقایا (100% residue)	28833.3^{a}	2731.44^{c}	10.7889^{a}	30477.8^{a}	3205.9^{a}	9.5333^{a}
خاک‌ورزی (Managements of tillage)						
خاک‌ورزی مرسوم (Conventional tillage)	27333.5^{a}	3260.6^{a}	9.0778^{a}	30911.1^{a}	3140.1^{b}	10.1667^{a}
کم‌خاک‌ورزی (Reduced tillage)	28083.3^{a}	3202.9^{a}	8.9667^{a}	28831.1^{b}	3364.4^{ab}	8.6000^{b}
بی‌خاک‌ورزی (No tillage)	24555.5^{b}	3158.7^{a}	9.0778^{a}	27300.0^{c}	3486.3^{a}	8.0000^{b}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% level of probability.

منابع

1.Alizadeh, O., Majede, E., Nadian, H.A., Normohamade, G.H., and American, M.R. 2008. Effect of water stress and different nitrogen rates on phenology, growth and development of corn. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 14: 101-115.

2.Awe, G.O., and Abegunrin, T.P. 2009. Effect of low input tillage and amaranth intercropping system on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). Afric. J. Agri Res. 4: 7. 578-583.

3.Azadshahraki, F., Naghavi, H., and Najafinejad, H. 2010. Effect of tillage and different tillage systems affect plant emergence, stand establishment and yield in wheat-corn rotation. The Philippine Agricultural Scientist. 93: 4. 392-398.

4.Barut, Z.B., and Celik, I. 2010. Different tillage systems affect plant emergence, stand establishment and yield in wheat-corn rotation. The Philippine Agri Sci. 93: 4. 392-398.

5.Baumhardt, R.L., and Jones, O.R. 2002. Residue management and tillage effects on soil-water storage and grain yield of dryland wheat and sorghum for a clay loam in Texas. Soil Till. Res. 68: 71-82.

6.Bayhan, Y., Kayisoglu, B., Gonulol, E., Yalcin, H., and Sungur, N. 2006. Possibilities of direct drilling and reduced tillage in second crop silage corn. Soil Till. Res. 88: 1-7.

7.Benjamin, J.G., Mikha, M.M., and Merle, F.R. 2008. Organic carbon effects on soil physical and hydraulic properties in a semiarid climate. Soil Sci. Soc. Am. J. 72: 1357-1362.
8.Biaf, E.F. 2003. Effect of tillage methods and varying planting densities on Maize performance: J. Sust. Agric. 4: 2. 99-104.
9.Biederbeck, V.O., Campbel, C.A., Bowren, K.E., Schnitzer, M. and Mclver, R.N. 1980. Effect of burning cereal straw on soil properties and grain yields in Saskatchewan. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 1. 103-111.
10.Bond, J.J., and Willis, W.O. 1969. Soil water evaporation: Surface residue rate and placement effects. Soil Sci. Soc. American Proc. 33: 445–448.
11.Boomsma, C.R., Santini, J.B., West, T.D., Brewer, J.C., McIntyre, L.M., and Vyn, T.J. 2010. Maize grain yield responses to plant height variability resulting from crop rotation and tillage system in long-term experiment. Soil Till. Res. 106: 227-240.
12.Byron, J.H., Bryn, G.Y., and She, K.C. 2004. Weed management in strip tillage corn. Agronomy J. 96: 229-235.
13.Dahiya, R., Ingwersenb, J., and Streckb, T. 2007. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: Experimental findings and modeling. Soil Till. Res. 96: 1-2. 52-63.
14.FAO. 2008. An International Technical Workshop on Investing in Sustainable Crop Intensification: The Case for Improving Soil Health. In: Proceedings of FAO, Rome. 22-24 July 2008.
15.FAO. 2012. FAOSTAT, Statistical databases and data sets of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://faostat.fao.org/default.aspx (Accessed on April 2012).
16.Fawcett, R., and Towery, D. 2002. Conservation tillage and plant biotechnology: how new technologies can improve the environment by reducing the need to plow. Conservation technology information center, West Lafayette, IN.
17.Friedrich, T., Kassam, A.H., and Shaxson, F. 2009. Conservation Agriculture. In: Agriculture for Developing Countries. Science and Technology Options Assessment (STOA) project. European Technology Assessment Group, Karlsruhe, Germany.
18.Gajri, P.R., Arora, V.K., and Chaudhary, M.R. 1994. Maize growth response to deep tillage, straw mulching and farmyard manure in coarse textured soils of N.W. India. Soil Use Manag. 10: 15-20.
19.Gill, K.S., Gajri, P.R., Chaudhary, M.R., and Baldev, S. 1996. Tillage, mulch and irrigation effects on corn (*Zea mays* L.) in relation to evaporative demand. Soil Till. Res. 39: 213-227.
20.Gruber, S., Pekrun, C., Mohring, J., and Claupein, W. 2012. Long-term yield and weed response to conservation and stubble tillage in SW Germany. Soil Till. Res. 121: 49-56.
21.Halvorson, A.D., Mosier, A.R., Reule, C.A., and Bausch, W.C. 2006. Nitrogen and tillage effects on irrigated continuous corn yields. Agronomy J. 98: 63-71.
22.Heidari, A. 2004. Effect of residual management and tillage depth on wheat yield and soil organic matter in corn-wheat rotation. Agric. Eng. Res. J. 19: 81-93. (In Persian)
23.Howell, T.A. 2008. Irrigation efficiency. P 640-645, In: S.W. Trimble (Ed.), Encyclopedia of water science. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL.
24.Jin, H., Qingjie, W., Hongwen, L., Lijin, L., and Huanwen, G. 2007. Effect of alternative tillage and residue cover on yield and water use efficiency in annual double cropping system in North China Plain. Soil Till. Res. 104: 198-205.
25.Karlen, D.L., Kovar, J.L., Cambardella, C.A., and Colvin, T.S. 2013. Thirty-year tillage effects on crop yield and soil fertility indicators. Soil Till. Res. 130: 24-41.
26.Kaulen, B.T. 2005. Effect of tillage, NPK fertilization and time of sowing on the yield of Maize. J. Appl. Sci. 3: 2. 222-227.
27.Kosutic, S., Fiillpovic, D., Gospodaric, Z., Husnjak, S., Kovacev, I., and Copec, K. 2005. Effect of different tillage system on yield of maize, winter wheat and soybean on Albic-Luvisol in North-West Slavonia. J. Central Euro. Agric. 6. 3. 241-248.

28.Lal, R., Mahboubi, A., and Fausey, N.R. 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of central Ohio soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 58: 517-522.
29.Li, S.X., Wang, Z.H., Li, S.Q., Gao. Y.J., and Tian, S.H. 2013. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China. Agricultural Water Management. 116: 39-49.
30.Limon-Ortega, A., Sayre, K.D., Drijber, R.A., and Francis, C.A. 2002. Soil attributes in a furrow-irrigated bed planting system in northwest Mexico. Soil Till. Res. 63: 123-132.
31.Najafinejad, H., Javaheri, M.A., Gheibi, M., and Rostami, M.A. 2007. Influence of tillage practices on the grain yield of maize and some soil properties in maize-wheat cropping system of Iran. J. Agric. Soc. Sci. 3: 3. 87-90.
32.Powlson, D.S., and Brookes, P.C. 1987. Measurements of soil microbial biomass provide an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. Soil Biol. Biochem. 19: 159-164.
33.Raimboult, B.A., and Vyn, T.J. 1991. Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. Agron. J. 83: 979-985.
34.Rosegrant, M.W., Msangi, S., Ringler, C., Sulser, T.B., Zhu, T., and Cline, S.A. 2008. International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT): Model Description. International Food Policy Research Institute: Washington, D.C. http://www.ifpri.org/themes/impact/impactwater.pdf (Accessed on March 10, 2010).
35.Sessiz, A., Alp, A., and Gursoy, S. 2010. Conservation and conventional tillage methods on selected soil physical properties and corn yield and quality under cropping system in Turkey. Bulgari. J. Agric. Sci. 16: 5. 597-608.
36.Sims, A.L., Schepers, J.S., Olson, R.A., and Power, J.F. 1998. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of no-till and conventional till: Tillage and surface-residue variables. Agron. J. 90: 630-637.
37.So, H.B., Grabski, A., and Desborough, P. 2009. The impact of 14 years conventional and no-till cultivation on the physical properties and crop yield of a loam soil at Grafton NSW, Australia. Soil Till. Res. 104: 180-184.
38.Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., and Roger-Estrade, J. 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. Soil Till. Res. 118: 66-87.
39.Sohrabi, B. 2001. The effect of furrower irrigation with one and two rows on water use efficiency and quality and quantity of cotton. Final report. Agriculture Extension, Education and Research Organization, 52p.
40.Soltani, A. 1998. Application of SAS in Statistical Analyses. JDM press, Mashhad, Iran, 166p. (In Persian)
41.Tarkalson, D.D., Hergert, G., and Cassman, K.G. 2006. Long-Term effect of tillage on soil chemical properties and grain yields of a dry land winter wheat- sorghum/corn- fallow rotation in the Great Plains. Agron. J. 98: 26-33.
42.Vetsch, J.A., Randall, G.W., and Lamb, J.A. 2002. Corn and soybean production as affected by tillage systems. Agron. J. 99: 952-959.
43.Videnovic, Z., Simic, M., Srdic, J., and Dumanovic, Z. 2011. Long term effects of different soil tillage systems on maize (*Zea mays* L.) yields. Plant Soil Environ. 57: 4. 186-192.
44.Von Braun, J., Byerlee, D., Chartres, C., Lumpkin, T., Olembo, N., and Waage, J. 2010. A Draft Strategy and Results Framework for the CGIAR. 20 March 2010. CGIAR, the World Bank, Washington D.C.
45.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. Agron. J. 96: 425-432.
46.Wilhelm, W.W.J., Doran, W., and Power, J.F. 1986. Corn and soybean yield response to crop residue management under no tillage production systems. Agron. J. 78: 184-189.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(3), 2016
http://jwsc.gau.ac.ir

Study of silage maize yield and yield components under different managements of tillage

***M.E. Asadi[1], M.T. Fizbakhsh[2] and M.H. Razzaghi[3]**

[1]Assistant Prof., Dept. of Agricultural Engineering Research, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, [2]Researcher, Dept. of Agronomy and Horticulture, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, [3]Researcher, Dept. of Agricultural Engineering Research, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Received: 03/10/2015; Accepted: 12/07/2015

Abstract

Background and Objectives: Today, almost every country has some activities in the field of no-tillage or in research or application-level fields. Some researchers have declared that continuous burning residues of the previous crop reduce soil fertility and soil organic matter levels in the long term. Given the strategic importance of maize and the significant role of tillage practices and crop residue management in its production, also limited availability of water, a field experiment was conducted to determine of silage maize yield and yield components and water use efficiency (WUE), variety SC704, under different tillage management where wheat had been grown.

Materials and Methods: The experiment was laid out under different wheat residue amounts and different tillage managements in a randomized complete block design with strip plot arrangement, where each treatment was replicated three times, in Kamalan plain of Aliabad city which is situated in east of Golestan Province (Iran) in 2010 and 2011. Wheat residual (stalk) treatments were kept as main plots and tillage treatments as sub plots. Wheat residue treatments were as follows: burning the residue as R_1, 50% residue (R_2) and 100% residue (R_3). Tillage treatments were as follows: conventional tillage (T_1) (moldboard plough with depth of 25-30 cm, three times of disk harrow+sowing), reduced tillage (T_2) (application of mixed tillage equipment+sowing) and no tillage (T_3) (planting with no-till planter). For all experimental plots, surface irrigation method (strip border irrigation) was used. During two years experiment and at the end, maize aboveground mass fresh yield and yield components, water consumption and finally WUE of irrigation water were measured and determined for each plot separately.

Results: The trial results showed that there were significant differences in terms of all surveying parameters. Comparison of fresh silage yield means between different treatments showed that the aboveground mass production in R_3 was 29655.6 kg ha^{-1} and significantly ($P>0.05$) higher than in R_2 and R_1. Also comparison of yield means between different sub plot treatments of T showed no significant difference between T_1 and T_2. Comparison of WUE means between different treatments of T and R showed significant difference ($P>0.05$). The lowest and the highest value of WUE were R_1 as 7.2 and R_3 as 10.2 kg m^{-3} respectively. So that WUE values in R_1 treatment was 29.4 and 21.7 percent lower than R_3 and R_2 treatments respectively.

Conclusion: In the first phase, it can be replaced T_1 with T_2 along with the preservation of all residues of previous crops. According to the results it can be stated that the residue keeping treatment is the most effective factor in terms of water use efficiency. Therefore keeping crop residues for increasing WUE of irrigation water is strongly recommended.

Keywords: Fresh silage yield, Maize, Tillage, Water use efficiency, Wheat residue

* Corresponding Author; Email: iwc977127@yahoo.com