نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۲۸۵-۲۶۷

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 2, Summer. 2017, p. 267-285

اثر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای

محمد حسن رنجبر[۱]- جاوید قرخلو[۲*]- افشین سلطانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۰۸

چکیده

تولید ارقام جدید نمی‌تواند به تنهایی باعث افزایش محصولات کشاورزی شود بلکه در کنار پیشرفت‌های به‌نژادی باید روش‌های زراعی مناسب جهت تولید به‌کار گرفته شده تا حداکثر عملکرد حاصل شود. هدف اصلی از اجرای روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی، نگهداری مقادیر مناسب بقایا در سطح خاک جهت کنترل فرسایش آبی و خاکی مزارع، کاهش انرژی و حفاظت از منابع آب و خاک می‌باشد. مطالعه پیش‌رو به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر روی عملکرد ذرت علوفه‌ای، در سال ۱۳۹۲ انجام شد. آزمایش در قالب طرح آشیانه‌ای در سه قطعه زمین مجزا انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک بوته و ارتفاع بوته و آخرین مرحله فقط وزن تر بود. نتایج تجزیه واریانس آماری حاکی از آن بود که بین نظام‌های خاک‌ورزی از نظر سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و وزن خشک بوته‌ی ذرت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در بین نظام‌های خاک‌ورزی با وجود اختلاف غیر معنی‌دار در عملکرد وزن خشک ذرت، مقدار عملکرد علوفه‌ی تر ذرت در نظام خاک‌ورزی متداول از نظر آماری بیشتر از دو نظام دیگر بود. بیشترین عملکرد علوفه‌ی تر با مقدار ۷۱ تن در هکتار در نظام خاک‌ورزی متداول و کمترین عملکرد با مقدار ۶۴ تن در هکتار برای نظام بدون خاک‌ورزی به‌دست آمد که با دو نظام خاک‌ورزی دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. نتایج این مطالعه نشان داد که نظام‌های خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر وزن خشک بوته‌ی ذرت نداشت اما عملکرد علوفه‌ی تر در سیستم خاک‌ورزی و کمترین عملکرد با مقدار ۶۴ تن در هکتار برای نظام بدون خاک‌ورزی به‌دست آمد که با دو نظام خاک‌ورزی دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. نتایج این مطالعه نشان داد که نظام‌های خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر وزن خشک بوته‌ی ذرت نداشت اما عملکرد علوفه‌ی تر در سیستم خاک‌ورزی متداول به مقدار هفت تُن در هکتار از سیستم بدون خاک‌ورزی و چهار تُن در هکتار از سیستم کم‌خاک‌ورزی بیشتر بوده است که دلیل این اختلاف عملکرد افزایش دسترسی به آب یا دسترسی به آب بیشتر و توسعه مناسب و بهتر ریشه در سیستم خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سرعت اسیمیلاسیون خالص، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی، شخم حفاظتی

مقدمه

دامپروری و صنایع غذایی وابسته به آن، هنگامی میسر خواهد بود که خوراک لازم و منابع غذایی مطمئن در دسترس باشد. در کنار اصلاح و توسعه مراتع طبیعی، تولید گیاهان علوفه‌ای نیز یکی از نخستین گام‌های اساسی در این زمینه می‌باشد. ذرت با نام علمی *Zea mays* L. یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی مورد استفاده انسان، دام و به‌خصوص طیور است (Amir Timuri and Chizari, 2008). ذرت در بین محصولات زراعی، از لحاظ سطح زیر کشت، مقام دوم را در دنیا بعد از گندم (*Triticum astivum* L.) و از نظر تولید مقام اول را دنیا دارا می‌باشد و یکی از منابع اصلی تأمین غذای انسان، دام و مصارف صنعتی است. سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای در ایران در سال زراعی ۹۰-۸۹ برابر با ۱۶۴۰۵۶ هکتار با عملکرد ۵۶۴۸۰ کیلوگرم در هکتار و سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای در استان گلستان در سال زراعی ۹۰-۸۹ برابر با ۵۲۶۵ هکتار با عملکرد ۵۱۰۳۶ کیلوگرم در هکتار بوده است (Unknown, 2013). امروزه با ایجاد لاین‌ها و هیبریدهای جدید، عملکرد ذرت تا حدود زیادی بهبود یافته است. تولید ارقام جدید و مناسب نمی‌تواند به تنهایی باعث افزایش محصولات کشاورزی شود بلکه همراه پیشرفت‌های به‌نژادی باید روش‌های زراعی مناسب جهت تولید محصولات به‌کار گرفته شود تا حداکثر عملکرد حاصل شود. از طرفی با توجه به محدودیت‌های موجود در روش‌های مختلف زراعی از نظر کاهش کیفیت خاک‌های زراعی در کشور، افزایش هزینه‌های حامل‌های انرژی، اقتصادی بودن روش‌های زراعی و هم‌چنین سازگار بودن این روش‌ها با محیط زیست، به‌نظر می‌رسد انتخاب روشی مناسب جهت تولید محصولات

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشیار و استاد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: (Email: gherekhloo@gau.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v15i2.45295

مختلف زراعی کار آسانی نباشد. این واقعیت می‌طلبد که جهت بهره‌وری هرچه بیشتر از سطح زیر کشت ذرت در کشور، مبانی علمی تولید آن به بهترین نحو شناخته شده و مورد استفاده عملی قرار بگیرد.

با توجه به سطوح وسیع زیر کشت ذرت در کشور و استان گلستان، ضروری است که بهترین نوع عملیات خاک‌ورزی برای کاهش هزینه‌های ناشی از شخم، کنترل علف‌های‌هرز، افزایش عملکرد محصول در واحد سطح به صورت عملی مورد استفاده قرار بگیرند. علاوه بر این، با توجه به تفاوت‌های اقلیمی و خاکی در نقاط مختلف کشور، انجام مطالعات برای تعیین بهترین نوع سیستم خاک‌ورزی برای محصولات زراعی و به‌ویژه ذرت ضروری است.

نظام‌های خاک‌ورزی سنتی منجر به کاهش مواد آلی خاک، فعالیت‌های آنزیمی و در نهایت باعث کاهش کیفیت خاک می‌شوند (Bayer *et al*., 2001; Mrabet, 2002). استفاده از سیستم شخم حفاظتی به‌ویژه عدم شخم زمین، سبب حفظ بقایای گیاهی بر روی خاک و سبب تثبیت رطوبت و دمای خاک (Benegas, 1998) و هم‌چنین باعث بهبود پایداری دانه‌بندی خاک و افزایش میزان مواد آلی خاک (Hajabbasi and Hemmat, 2000)، کاهش فرسایش خاک (Dabney, 2004; Wilson *et al.,* 2004) می‌شود. وجود بقایای گیاهی در سطح خاک سبب کاهش ضربه‌های ناشی از برخورد قطره‌های باران به سطح خاک و هم‌چنین کاهش سرعت رواناب‌ها و اثرات مخرب آنها بر خاک می‌شود (Krupinsky *et al.,* 2005; Hematzadeh and Kabir, 2009). مدیریت مناسب بقایا در مناطق خشک و نیمه‌خشک که در حفاظت از منابع آب و خاک اهمیت زیادی دارد، نقش زیادی در افزایش تولید محصولات زراعی ایفا می‌کند (Kumar and Goh, 2000).

خاک‌ورزی اولیه یکی از عملیات با مصرف انرژی بالا در کشاورزی است که تقریباً ۵۰ درصد انرژی کل مصرفی در مزرعه را به خود اختصاص می‌دهد (Shafi'i, 1996). با توجه به بحران انرژی در عصر حاضر و توجه به افزایش راندمان مصرف انرژی در تمام بخش‌های تولید، استفاده از روش‌های کم‌خاک‌ورزی جزو اولویت‌های تحقیقاتی دنیا می‌باشد. نتایج حاصل از یک آزمایش در جنوب ایالات آنتاریوی کانادا نشان داد که سیستم بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی پشته‌ای در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم باعث کاهش ۶۱ درصدی از هزینه‌های زراعی در طول یک سال شد (Walker and Buchanan, 1982).

کشت دو محصول در یک سال، مستلزم نوعی کاهش خاک‌ورزی به دلیل محدودیت زمانی برای تهیه بستر محصول دوم است. امروزه تکنیک‌های خاک‌ورزی با به حداقل رساندن صدمات محیطی به سمت کاهش چشم‌گیر در عمق شخم و تعداد عملیات جهت‌گیری کرده است (Eskandari, 1999). با اجرای عملیات خاک‌ورزی، شرایط بهینه‌ی رشد و نمو محصول فراهم می‌شود که ضمن افزایش تهویه، تخلخل و نفوذپذیری خاک، شرایط مناسبی برای نفوذ نزولات جوی و توسعه‌ی ریشه مهیا می‌شود. چنانچه این عملیات خاک‌ورزی در زمان و وسیله مناسب صورت نگیرد، علاوه بر ذخیره نشدن نزولات جوی در داخل خاک، موجب ایجاد رواناب می‌شود و در نهایت فرسایش خاک را نیز به دنبال خواهد داشت (Asghari Maydani, 2002).

امروزه روش‌های بدون خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی با بر جای گذاردن بقایای گیاهی بر سطح خاک همراه هستند، به‌منظور کاهش فرسایش خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی و بیولوژی خاک (Celik, *et al.,* 2011)، بهبود راندمان مصرف و افزایش نفوذ آب، کاهش نیروی کارگری، سوخت و استهلاک ماشین‌ها کاربرد دارند (Gajri *et al.,* 2004). شخم حفاظتی باعث فرسایش آبی و بادی و افزایش نفوذپذیری خاک (Ehlers, and Claupein, 1994) می‌شود. هم‌چنین شخم حفاظتی باعث کاهش هزینه‌های کارگری و کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به جو می‌شود (Wang and Dalal, 2006).

به‌طور کلی فرسایش خاک یکی از عوامل تخریب محیط زیست، کاهش حاصل‌خیزی و هدررفت خاک محسوب می‌شود. از این‌رو کشاورزی پایدار زمانی حاصل می‌شود که فرسایش خاک به‌طور کامل متوقف شود. هنگامی که هدررفت خاک بیش از تولید آن است صحبت از کشاورزی پایدار معنی و مفهومی نخواهد داشت (Sayadian and Beheshti al-Agha, 2006). پایداری تنها در یک مضمون به‌عنوان مثال حاصل‌خیزی خاک خلاصه نمی‌شود، بلکه مسئله اکولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی جنبه‌هایی هستند که در کشاورزی پایدار باید به آنها توجه نمود (Derpsch and Moriya, 1998). باران‌ها و بادهای شدید در نواحی حاره‌ای و نیمه‌حاره‌ای در شرایط کشاورزی فشرده با ایجاد فرسایش آبی و بادی موجبات هدررفت عناصر غذایی را فراهم می‌سازند. نتیجه نهایی این دو پدیده، از دست رفتن عناصر غذایی گیاه، تحلیل مواد آلی خاک و کاهش عملکرد در طول زمان خواهد بود. هر سیستم کشاورزی یا دامی که منجر به کاهش مواد آلی خاک شود و در آن هدررفت عناصر غذایی با جایگزینی مجدد توأم نباشد مانند استفاده بیش از حد از خاک، آتش زدن بقایا و شست‌وشوی عناصر غذایی در حالت آیش یک سیستم پایدار محسوب نمی‌شود. موارد فوق سبب حاکم شدن قانون بازده نزولی خاک خواهد شد و تحت این شرایط بحث از کشاورزی پایدار معنی و مفهوم خود را از دست می‌دهد. تنها با بی‌خاک‌ورزی، کشت گیاهان پوششی، رعایت تناوب زراعی صحیح و مدیریت درست می‌توان به یک کشاورزی پایدار دست یافت (Sayadian and Beheshti al-Agha, 2006).

به‌نظر می‌رسد که روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد نهایی محصول نیز تأثیر به‌سزایی داشته باشند. ادوارد و همکاران

(Edwards *et al.*, 1988) دریافتند که عملکرد سویا (*Glycine mex* L.) تحت شرایط بدون شخم بیش از روش شخم متداول بود که دلیل آن را مفید بودن این روش‌ها در نگهداری محتوی رطوبت خاک عنوان نمود. اما کاربتری و راپ (Crabtree and Ru, 1980) اظهار داشتند که به دلیل استقرار ضعیف‌تر گیاهچه در شرایط بدون خاک‌ورزی، عملکرد سویا کمتر از سایر روش‌های خاک‌ورزی بود.

برزعلی و همکاران (BorzAli *et al.*, 2004) در تحقیقات خود بر روی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا به این نتیجه رسیدند که بالاترین میزان عملکرد دانه به سیستم بدون خاک‌ورزی اختصاص داشت. این محققان حفظ رطوبت خاک را مهم‌ترین عامل در افزایش عملکرد بیان کردند. فولادوند و همکاران (Fooladivand *et al.*, 2009) در بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) به این نتیجه رسیدند که بالاترین میزان عملکرد دانه به تیمار خاک‌ورزی متداول اختصاص داشت. کمترین مقدار عملکرد دانه در سیستم بدون خاک‌ورزی مشاهده شد.

نتایج ۱۰ سال مطالعه شخم حفاظتی در حدود ۱۰ درصد افزایش عملکرد محصول و ۲۰ درصد کاهش در هزینه‌های انجام عملیات را نشان داد، همچنین شخم حفاظتی در مقایسه با شخم مرسوم توانست راندمان مصرف آب را تا ۱۱ درصد بهبود داده و فرسایش آبی خاک را تا ۵۲ درصد کاهش دهد (Jin *et al.*, 2007). در آزمایش مشابه دیگری طی بررسی تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بر عملکرد ذرت و سویا، اظهار شد که در سال اول عملکرد بیشتر دانه در خاک‌ورزی مرسوم به دلیل تماس بهتر بذر با خاک و جوانه‌زنی بهتر آنها بوده است. اما در سال‌های بعد بهبود عملکرد دانه در روش خاک‌ورزی حفاظتی دیده شد که دلیل آن فشردگی و تراکم کمتر خاک و تأثیر آن بر جوانه‌زنی مطلوب بذرها بیان گردید (Hussain *et al.*, 1999).

کایوده و آده میلویی (Kayode and Ademiluyi, 2004) گزارش کردند که درصد سبز شدن ذرت در شرایط بدون خاک‌ورزی به‌صورت معنی‌داری کمتر از شرایط خاک‌ورزی کاهش‌یافته بود. این در حالی بود که در شرایط بدون خاک‌ورزی تراکم و بیوماس علف‌های‌هرز به‌صورت معنی‌داری بیشتر از شرایط خاک‌ورزی کاهش‌یافته به‌دست آمد. ایشان ارتفاع بوته ذرت را برای این دو روش خاک‌ورزی اندازه گرفتند. نتایج نشان داد که برای روش بدون خاک‌ورزی ارتفاع بوته ۶ و ۱۰ هفته پس از کشت به‌ترتیب برابر ۳۱ و ۱۷۰ سانتی‌متر بود، اما در روش خاک‌ورزی کاهش‌یافته، ارتفاع بوته برای این دو مرحله اندازه‌گیری به‌ترتیب برابر ۵۰ و ۲۰۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. در این مطالعه عملکرد دانه در شرایط بدون خاک‌ورزی به‌صورت معنی‌داری کمتر از روش کم‌خاک‌ورزی بود.

صادق‌نژاد و اسلامی (Sadeghnejad and Eslami, 2006) در گنبد به مدت سه سال، اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی (T1: خاک‌ورزی توسط زیرشکن و گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، T2: خاک‌ورزی توسط زیرشکن و دیسک، T3: شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، T4: کم‌خاک‌ورزی با دیسک و گاوآهن قلمی، T5: خاک‌ورزی با دیسک، T6: بی‌خاک‌ورزی) را بر روی عملکرد گندم مورد بررسی قرار دادند. ایشان گزارش کردند که در شرایط آبیاری عملکرد گندم برای روش‌های T1 تا T6 به‌ترتیب برابر ۱۹۴۰، ۲۱۲۳، ۲۷۵۰، ۲۵۸۱، ۳۰۴۱ و ۱۷۴۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. این در حالی بود که برای شرایط بدون آبیاری عملکرد گندم در این شش روش خاک‌ورزی به‌ترتیب ۲۵۴۷، ۲۳۳۸، ۲۲۵۸، ۲۲۳۴، ۲۲۳۸ و ۱۵۰۹ کیلوگرم در هکتار بود. ایشان بیان کردند که برای شرایط آبیاری روش T1 و T6، هم‌چنین در شرایط بدون آبیاری به غیر از T6، در سایر روش‌های مورد مطالعه به دلیل حفظ رطوبت در لایه‌های عمقی خاک، بیشترین عملکرد را تولید کردند. این در حالی بود که طی این سه سال استمرار روش بدون خاک‌ورزی باعث کاهش عملکرد گندم شد. به‌طوری‌که عملکرد گندم در سال سوم برای روش بدون خاک‌ورزی در دو شرایط آبیاری و بدون آبیاری کمتر از ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

ادوارد و همکاران (Edwards *et al.*, 1988) آزمایشی با تیمارهای مختلف خاک‌ورزی، نظام خاک‌ورزی متداول و بدون خاک‌ورزی طی سه سال، روی عملکرد ذرت انجام دادند، نتایج این بررسی نشان داد عملکرد محصول در سال اول در نظام بدون خاک‌ورزی ۳۰ درصد کاهش یافت، ولی در سال دوم و سوم تفاوتی بین عملکرد نظام‌های خاک‌ورزی متداول و کاهش یافته مشاهده نشد. بارگرس و همکاران (Burgess *et al.*, 1996) آزمایشی با سه تیمار بدون شخم، شخم کاهش‌یافته و شخم معمولی روی ذرت انجام داده و نتایج بررسی آنها نشان داد برای کاشت ذرت سیلویی روش‌های بدون شخم و شخم حداقل اقتصادی‌تر از شخم معمولی است.

در همین راستا، مطالعه پیش رو به منظور بررسی تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی مختلف شامل (خاک‌ورزی رایج، خاک‌ورزی حفاظتی یا کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی) بر روی شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه زراعی در کشت ذرت علوفه‌ای انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به صورت طرح آشیانه‌ای به‌منظور بررسی تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی بر روی عملکرد ذرت علوفه‌ای در سال ۱۳۹۲ در شهرستان آزادشهر انجام شد. مختصات جغرافیایی محل انجام آزمایش شامل ۳۷ درجه و ۶ دقیقه و ۴۸/۳ ثانیه شمالی، ۵۵ درجه و ۸ دقیقه و ۵۶/۳ ثانیه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۹۳ متر بود. میانگین

دمای بیشینه، کمینه و میزان بارندگی سالیانه در منطقه به‌ترتیب برابر ۲۹/۹، ۸/۱ درجه سانتی‌گراد و ۴۵۶ میلی‌متر است.

در جدول ۱ مجموع اطلاعات اولیه از خاک محل انجام آزمایش ارایه شده است. قبل از انجام آزمایش کود اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان کود پایه و ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان کود سرک در طی فصل رشد، کود سوپرفسفات‌تریپل به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود سوپرفسفات‌گرانوله به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود سولفات‌پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود آلی[۱] به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان کود پایه توسط کودپاش سانتریفوژ پشت تراکتوری بووه روش پخش یکنواخت[۲] استفاده شد.

نحوه‌ی اجرای آزمایش

آزمایش در سه قطعه زمین مجزا که اندازه هر یک ۳۰×۵۰ متر و به مساحت ۱۵۰۰ مترمربع بود انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه روش بدون‌خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول بودند. عملیات کاشت در تاریخ ۱۳۹۲/۴/۱۱ با استفاده از بذر ذرت رقم سینگل کراس دیررس ۷۷۰ که توسط موسسه بذر NS صربستان معرفی شده، زیر مجموعه گروه رسیدگی فائو ۷۰۰ ، حساس به تنش‌های آبیاری، دوام سطح سبز برگ بالا، با وزن هزار دانه ۳۲۰ گرم انجام شد. در هر سه تیمار خاک‌ورزی مورد مطالعه در این آزمایش، فاصله خطوط کاشت از یک‌دیگر ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بذور از یک‌دیگر روی پشته ۱۴ سانتی‌متر (تراکم کاشت ۹/۵ بوته در متر مربع) و عمق کاشت ۵-۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. در طول فصل رشد ذرت، هفت نوبت عملیات آبیاری انجام گردید که به‌ترتیب برابر ۱، ۵، ۱۵، ۱۹، ۳۳، ۴۵ و ۵۸ روز پس از کاشت بود.

نمونه‌گیری طی فصل رشد

در شش مرحله شامل مراحل دو برگی (۹ روز پس از کشت)، شش برگی (۲۶ روز پس از کشت)، گلدهی (۵۵ روز پس از کشت)، خمیری دانه (۷۱ روز پس از کشت) و رسیدگی فیزیولوژیک (۸۵ روز پس از کشت) و ۸۶ روز پس از کاشت جهت تعیین وزن تر علوفه ذرت نمونه‌گیری انجام شد. برای انجام نمونه‌گیری از یک کوادرات ۱×۱ استفاده شد. در هر مرحله از نمونه‌برداری و برای هر تیمار به‌صورت مجزا، ۱۵ نمونه به‌صورت تصادفی و با کوادرات به‌صورت زیکزاک در قطعه مورد نظر انجام شد. در هر کوادرات تمامی بوته‌های ذرت کف‌بُر شدند و برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه انتقال داده شدند. بعد از انجام نمونه‌گیری و انتقال بوته‌های ذرت، در نمونه‌های موجود در هر کوادرات به صورت مجزا سطح برگ بوته توسط دستگاه سطح برگ‌سنج مدل دلتاتی، وزن خشک برگ، وزن خشک بوته و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند بعد از خشک شدن کامل نمونه‌ها، وزن خشک آنها توسط ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور بررسی تغییرات شاخص سطح برگ[۳] ذرت در طول فصل رشد برای هر یک از تیمارهای خاک‌ورزی از معادله (۱) استفاده شد (Arab-Ameri, 2008; Ghdyryan *et al.,* 2011; Rahemi Karyzaky, 2005):

$$LAI = \frac{a * \exp(-c(x-b))}{1+\exp(-a(x-b)))^2} \quad (۱)$$

که در آن a: ضریب ثابت می‌باشد و نقطه عطف منحنی را نشان می‌دهد؛ b: زمان پس از کاشت که در آن حداکثر شاخص سطح برگ به‌دست می‌آید؛ c: ضریب ثابت؛ x: روز پس از کاشت را نشان می‌دهد.

برای بررسی روند فصلی ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و ساقه و وزن خشک بوته در طول فصل رشد از معادله (۲) استفاده شد (Yin, *et al.,* 2003; Ghdyryan *et al.,* 2011):

$$Y = \frac{a}{1+\exp(-b(x-c))} \quad (۲)$$

که در آن a: بیشترین مقدار متغیر مورد نظر (ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و ساقه و وزن خشک بوته) مورد بررسی در طول فصل رشد، b: ضریب نشان‌دهنده تندی افزایش متغیر مورد بررسی؛ c: زمانی که پنجاه درصد حداکثر مقدار متغیر مورد بررسی اتفاق می‌افتد؛ x: روز پس از کاشت را نشان می‌دهد.

به‌منظور بررسی شاخص‌های رشد ذرت شامل سرعت رشد نسبی[۴] (RGR)، سرعت رشد محصول[۵] (CGR) و سرعت اسیمیلاسیون خالص[۶] (NAR) به‌ترتیب از معادلات (۳) تا (۵) استفاده شد (Kochaki Sarmadnya, 2008):

$$RGR = \frac{LnW_2 - LnW_1}{T_2 - T_1} \quad (۳)$$

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{GA \times (T_2 - T_1)} \quad (۴)$$

$$NAR = \frac{(W_2 - W_1) \times (LnLA_2 - LnLA_1)}{(T_2 - T_1) \times (LA_2 - LA_1)} \quad (۵)$$

۱- ORGOMIX (4-3-4)+5SO_3+TE+82%OM

۲- Brod cast

۳- Leaf Area Index (LAI)

۴- Relative Growth Rate (RGR)

۵- Crop Growth Rate (CGR)

۶- Net Assimilation Rate (NAR)

جدول ۱- مشخصات خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Specification soil testing

رس Clay (٪)	سیلت Silt (٪)	شن Sand (٪)	بافت خاک Texture Soil	pH	EC*10³	کربن آلی O.C (٪)	ازت کل T.N (٪)	فسفر قابل جذب P	پتاسیم قابل جذب K	درصد مواد خنثی شونده T.N.V (٪)
32	48	20	Loam لومی Clay رسی Silt سیلتی	7.3	1.8	1.6	0.26	18.5	370	25.5

شکل ۱- عکس هوایی از طرح اجرا شده

Figure 1- Satellite view of project

که در روابط بالا RGR: سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز)؛ CGR: سرعت رشد محصول (گرم در روز در متر مربع زمین)؛ NAR: سرعت اسیمیلاسیون خالص (گرم در روز در متر مربع برگ)؛ W_1: وزن خشک بوته در نمونه‌گیری اول (گرم)؛ W_2: وزن خشک بوته در نمونه‌گیری دوم (گرم)؛ T_1: زمان نمونه‌گیری اول (روز پس از کشت)؛ T_2: زمان نمونه‌گیری دوم (روز پس از کشت)؛ LA: سطح برگ و GA: سطح زمین را نشان می‌دهند.

محاسبات و تجزیه آماری

محاسبه شاخص‌های رشد با نرم‌افزار اکسل انجام شد. برای برازش مدل‌های رگرسیونی غیرخطی از رویه nlin و آنالیز واریانس از رویه ANOVA و GLM و آزمون t-test از نرم‌افزار SAS نسخه ۶/۱ استفاده شد (Soltani, 2008).

نتایج و بحث

سرعت اسیمیلاسیون خالص

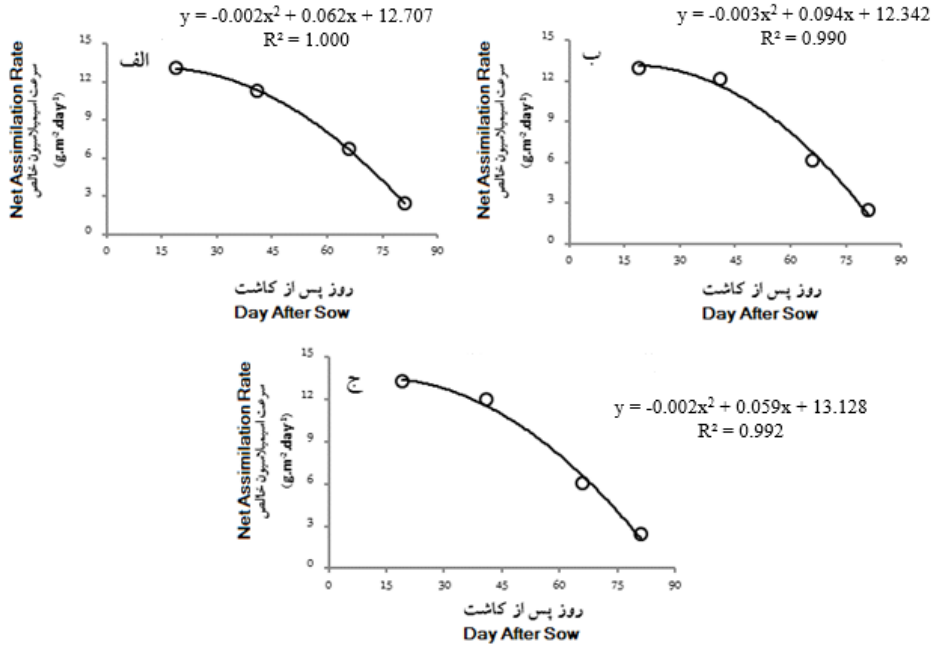
سرعت جذب خالص بیانگر مقدار مواد ساخته شده خالص در واحد سطح برگ در واحد زمان برحسب گرم در متر مربع برگ در روز بوده که سرعت تجمع ماده خشک در واحد سطح برگ در زمان معین را نشان می‌دهد و در ابتدای فصل رشد زیاد است. در شکل ۲، روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR) در طول فصل رشد ذرت برای نظام‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داده شده است. در هر سه نظام مورد مطالعه روند تغییرات این شاخص از رگرسیون خطی درجه دو پیروی کرد اما بین نظام‌های مختلف اختلاف معنی‌داری از نظر روند این شاخص مشاهده نشد (شکل ۲ و جدول ۲). در طول دوره نمونه‌برداری بیشترین مقدار شاخص NAR برای نظام خاک‌ورزی متداول برابر ۱۳/۵ گرم در متر مربع در روز، برای نظام کم‌خاک‌ورزی برابر ۱۳/۱۶ گرم در متر مربع در روز و برای نظام بدون خاک‌ورزی برابر ۱۳/۱۱ گرم در متر مربع در روز برآورد شد. نتایج حاصل از بررسی تابع روند تغییرات NAR در طول فصل رشد نشان داد که بیشترین مقدار این شاخص برای نظام خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب در روز ۱۷/۳، ۱۷/۴ و ۱۷/۵ روز پس از کاشت حاصل شد (شکل ۲). مقدار این شاخص در انتهای فصل رشد (۸۶ روز پس از کاشت) برای نظام‌های خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب برابر ۰/۴۱، ۰/۴۵ و ۰/۴۷ گرم در متر مربع در روز برآورد شد (شکل ۲). جاوید و همکاران (Javeed *et al.,* 2014) نیز اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار شاخص NAR بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی مشاهده نکردند.

سرعت رشد نسبی

سرعت رشد نسبی بیانگر وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن خشک اولیه در یک فاصله زمانی معین بر حسب گرم بر گرم در روز است و نشان‌دهنده قدرت رقابتی گیاه است. هرچه میزان سرعت رشد نسبی بالاتر باشد قدرت رقابتی گیاه نیز بالاتر خواهد بود. در هر سه نظام مورد مطالعه روند تغییرات این شاخص از رگرسیون خطی درجه دو پیروی کرد اما بین نظام‌های مختلف اختلاف معنی‌داری از نظر روند این شاخص مشاهده نشد (شکل ۳ و جدول ۲). در شکل ۳ روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) در طول فصل رشد ذرت نشان داده شده است. این شاخص در طول فصل رشد با افزایش زمان بعد از کاشت، از روندی نزولی برخوردار بود. در نظام خاک‌ورزی مرسوم، مقدار RGR در ابتدای فصل رشد از ۰/۲۴ گرم بر گرم در روز به ۰/۰۱ گرم بر گرم در روز در انتهای فصل رشد کاهش یافت. در نظام کم‌خاک‌ورزی مقدار این شاخص از ۰/۲۳ گرم بر گرم در روز در ابتدای فصل به ۰/۰۱ گرم بر گرم در روز در انتهای فصل کاهش داشت. این در حالی بود که در نظام بدون خاک‌ورزی مقدار این شاخص در ابتدای فصل رشد از ۰/۲۴ گرم بر گرم در روز به ۰/۰۱ گرم بر گرم در روز در انتهای فصل رشد کاهش یافت (شکل ۳). مقادیر RGR گزارش شده در این مطالعه با نتایج ارایه شده توسط سید شریفی و همکاران (Sayed Sharifi *et al.,* 2006) مطابقت دارد. به‌طوری‌که نامبردگان گزارش کردند که مقدار RGR در ذرت برای ۴۵ و ۸۵ روز پس از کاشت به‌ترتیب در حدود ۰/۰۸ و ۰/۰۱۵ گرم بر گرم در روز بود.

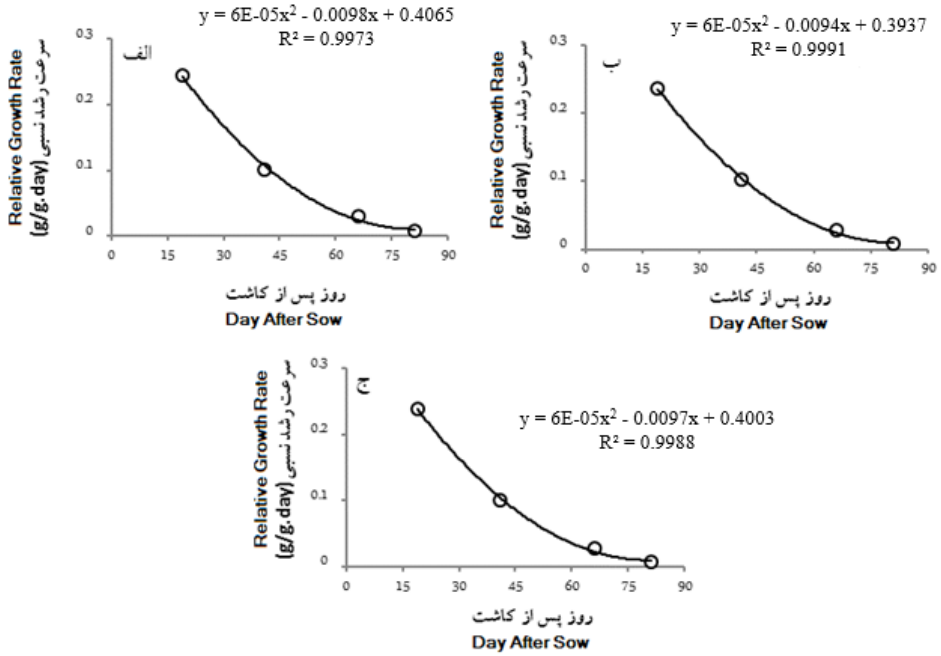
سرعت رشد محصول

سرعت رشد گیاه (محصول) بیانگر میزان تجمع ماده خشک در گیاهان در یک واحد زمانی مشخص در واحد سطح بر حسب گرم در متر مربع در روز بوده و افزایش وزن یک اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان را نشان می‌دهد که به میزان تشعشع نور خورشید وابستگی زیادی دارد. سرعت رشد گیاه (CGR) برای ذرت در نظام‌های مختلف خاک‌ورزی در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۲- روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص ذرت در طول فصل رشد برای سیستم بدون خاک‌ورزی (الف)، کم‌خاک‌ورزی (ب) و خاک‌ورزی مرسوم (ج)

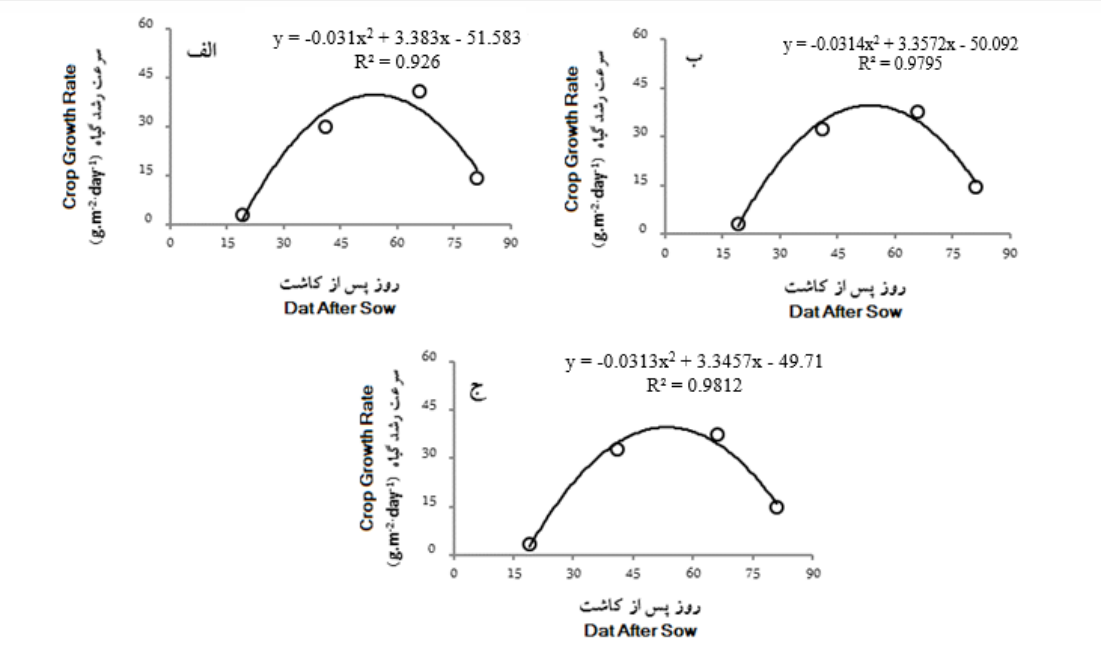
Figure 2- Change in net assimilation rate during the growing season for corn in No-tillage system (A), Reduced tillage (b) and Conventional tillage (c)



شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد نسبی ذرت در طول فصل رشد برای سیستم بدون خاک‌ورزی (الف)، کم‌خاک‌ورزی (ب) و خاک‌ورزی مرسوم (ج)

Figure 3- The relative growth rate trend during the growing season for corn No-tillage system (A), Reduced tillage (b) and Conventional tillage (c)

در هر سه نظام مورد مطالعه روند تغییرات این شاخص از رگرسیون خطی درجه دو پیروی کرد اما بین نظام‌های مختلف اختلاف معنی‌داری از نظر روند این شاخص مشاهده نشد (شکل ۴ و جدول ۲). در هر سه نظام خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی تا ۵۴ روز پس از کشت روند افزایشی این شاخص مشاهده شد. ولی بعد از این زمان تا انتهای فصل رشد این شاخص روند نزولی داشت. بیشترین مقدار این شاخص در طول فصل رشد ذرت در شرایط استفاده از نظام‌های خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب برابر ۴۱، ۴۱ و ۴۰ گرم در متر مربع در روز محاسبه شد. در هر نظام خاک‌ورزی مقدار این شاخص در نمونه‌گیری‌های ابتدای فصل رشد برابر ۳ گرم در متر مربع در روز برآورد شد. این در حالی بود که برای نمونه‌گیری‌های انتهای فصل رشد در نظام‌های خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب برابر ۱۵، ۱۵ و ۱۴ گرم در متر مربع در روز به‌دست آمد (شکل ۴). جاوید و همکاران (Javeed *et al.*, 2014) مقدار CGR ذرت را در ابتدای فصل رشد و زمانی که به بیشترین مقدار رسید را به‌ترتیب برابر ۱۰ و ۲۳ گرم در متر مربع در روز گزارش کردند. در مطالعه این محققان نیز بین نظام‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر این شاخص رشد اختلاف چندانی مشاهده نشد.



شکل ٤- روند تغییرات سرعت رشد ذرت در طول فصل رشد برای سیستم بدون خاک‌ورزی (الف)، کم‌خاک‌ورزی (ب) و خاک‌ورزی مرسوم (ج)

Figure 4- Trend of growth rate during the growing season for corn No-tillage system (A), Reduced tillage (b) and Conventional tillage (c)

جدول ۲- تجزیه واریانس سرعت اسیمیلاسیون خالص، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد تجمعی ذرت در شرایط خاک‌ورزی مختلف

Table 2- Analysis of variance of NAR, RGR and CGR of maize in different tillage system

منابع تغییر Sources of variance	درجه آزادی d.f	واریانس (MS)			F		
		NAR	RGR	CGR	NAR	RGR	CGR
تیمار (خاک‌ورزی) Treatments (tillage)	2	0.05	0.0004	0.025	0.0002ns	0.0482ns	0.0001ns
اشتباه Error	12	253.9059	0.0083	293.984	-	-	-

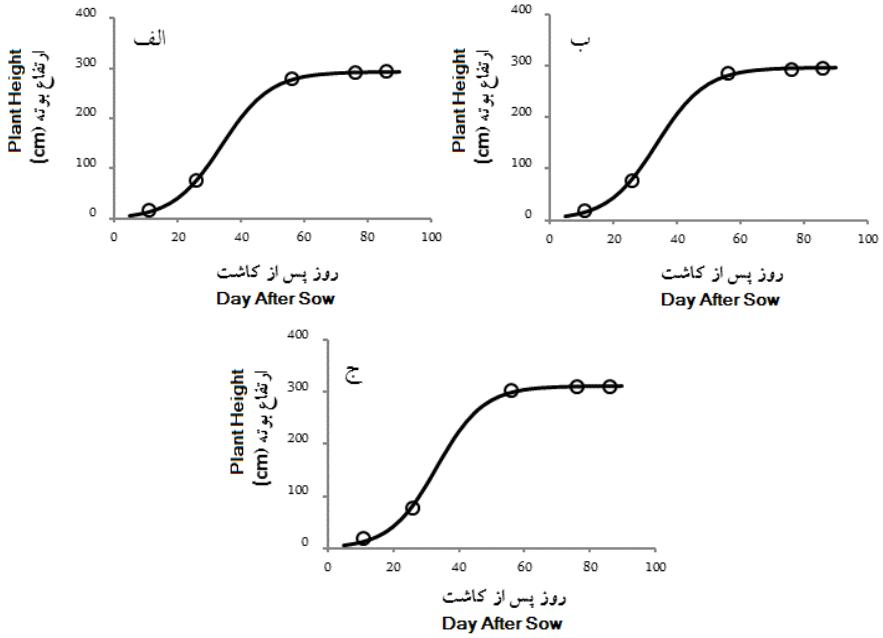
ns : نشانگر عدم معنی‌داری می‌باشد.

Ns: Non significant

ارتفاع بوته‌ی ذرت

در شکل ۵ روند افزایش ارتفاع بوته‌های ذرت در طول فصل رشد در نظام‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داده شده است. نتایج حاصل از بررسی رگرسیون روند افزایش ارتفاع بوته نشان داد که در نظام خاک‌ورزی مرسوم ارتفاع نهایی بوته‌ها (۳۱۲ سانتی‌متر) به‌صورت معنی‌داری بیشتر از نظام کم خاک‌ورزی (۲۹۷ سانتی‌متر) و بدون خاک‌ورزی (۲۹۴ سانتی‌متر) بود. ارتفاع بوته در نظام کم خاک‌ورزی با نظام بدون خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

خورشید و همکاران (Khurshid *et al.*, 2006) در فیصل آباد پاکستان نتایجی مشابه با نتایج این تحقیق در ارتباط با اثر خاک‌ورزی بر ارتفاع بوته‌ی ذرت به‌دست آوردند. این در حالی است که اوجینی و آدکایوده (Ojeniyi and Adekayode, 1999) بیان داشتند که ارتفاع بوته‌های ذرت در نظام بدون خاک‌ورزی بیشتر از نظام خاک‌ورزی متداول بود. واسایا و همکاران (Wasaya *et al.*, 2012) در یک تحقیق دو ساله مشاهده کردند که در سال اول آزمایش ارتفاع بوته‌ی ذرت در تیمار شخم متداول و کم‌خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری نداشت اما در سال دوم ارتفاع بوته‌ها در نظام کم‌خاک‌ورزی کمتر از نظام خاک‌ورزی متداول بود. نامبردگان نوسان آب و هوا در این دو سال را دلیل تغییرات بیان کردند.



شکل ۵- تغییرات ارتفاع بوته‌ی ذرت در طول فصل رشد برای سیستم بدون خاک‌ورزی (الف)، کم‌خاک‌ورزی (ب) و خاک‌ورزی مرسوم (ج)

Figure 5- Changes in Plant height corn during the growing season for No-tillage system (A), Reduced tillage (b) and Conventional tillage (c)

جدول ۳- مقادیر پارامترهای مدل لجستیک ± خطای استاندارد، برای توصیف ارتفاع بوته‌ی ذرت در طول فصل رشد تحت شرایط خاک‌ورزی مختلف

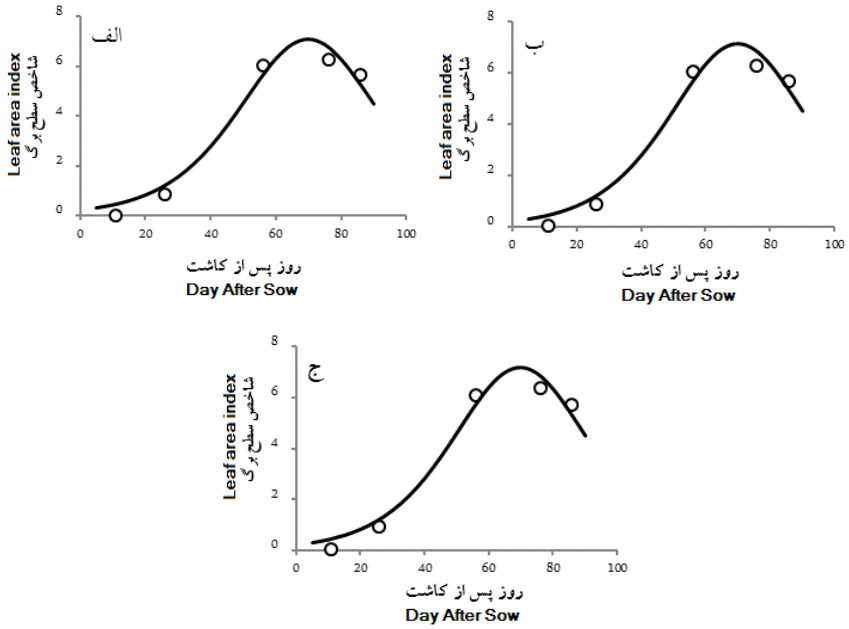
Table 3- Logistic model parameter values ± standard error, to describe the height of the maize crop during the growing season under different tillage

ضرایب Coefficients	بدون خاک‌ورزی No-tillage	کم‌خاک‌ورزی Reduced tillage	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage
a	294.10±3.20	296.80±4.00	312.30±3.00
b	0.13±0.02	0.13±0.02	0.14±0.02
c	33.94±0/92	33.70±1.20	34.40±0.86
R^2	0.99	0.99	0.99

a: بیشترین مقدار ارتفاع بوته در طول فصل رشد. — a: Most of the plant during the growing season.

b: ضریب تندی افزایش ارتفاع بوته. — b: Coefficient sharp increase in plant height.

c: زمانی‌که ۵۰٪ حداکثر مقدار ارتفاع بوته اتفاق می‌افتد، می‌باشد. — c: When the 50% maximum height is happening there.



شکل ٦- تغییرات شاخص سطح برگ ذرت در طول فصل رشد برای سیستم بدون خاک‌ورزی (الف)، کم‌خاک‌ورزی (ب) و خاک‌ورزی مرسوم (ج)

Figure 6- Changes in corn leaf area index during the growing season for No-tillage system (A), Reduced tillage (b) and Conventional tillage (c)

جدول ٤- مقادیر پارامترهای مدل لجستیک ± خطای استاندارد، برای توصیف شاخص سطح برگ ذرت در طول فصل رشد تحت شرایط خاک‌ورزی مختلف

Table 4- Logistic model parameter values ± standard error, describing the maize leaf area index during the growing season under different tillage

ضرایب Coefficients	بدون خاک‌ورزی No-tillage	کم‌خاک‌ورزی Reduced tillage	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage
a	0.07±0.004	0.07±0.004	0.07±0.004
b	69.90±1.00	69.90±0.90	69.70±1.00
c	405.10±19.90	407.30±20.60	410.80±20.00
R^2	0.98	0.98	0.98

a: Constant and turning point the chart. a: ضریب ثابت و نقطه عطف نمودار را نشان می‌دهد.

b: Time after planting, the maximum LAI. b: زمان پس از کاشت که در آن حداکثر شاخص سطح برگ به دست می‌آید.

c: Constant parameter. c: ضریب ثابت می‌باشد.

شاخص سطح برگ ذرت

در شکل ۶ روند شاخص سطح برگ ذرت در نظام‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داده شده است. بررسی پارامترهای رگرسیون برازش داده شده برای شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت نشان می‌دهد که بین نظام‌های خاک‌ورزی مورد مطالعه از نظر این شاخص اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). بیشترین شاخص سطح برگ ذرت در شرایط استفاده از نظام‌های بدون خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول به‌ترتیب برابر ۷، ۷/۱۲ و ۷/۱۹ به‌دست آمد[۷] که این مقدار شاخص سطح برگ در نظام‌های مورد مطالعه به‌ترتیب پس از ۶۹/۹، ۶۹/۹ و ۶۹/۷ روز پس از کاشت اتفاق افتاد (شکل ۶ و جدول ۴).

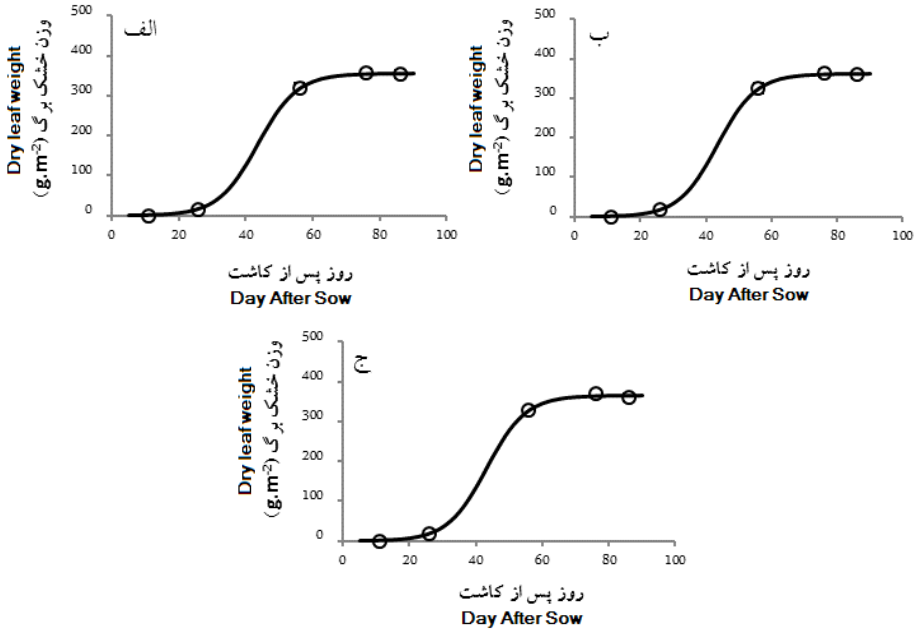
آیکینز و همکاران (Aikins *et al.*, 2012) گزارش کردند که تا هفته چهارم پس از سبز شدن اثر خاک‌ورزی بر روی شاخص سطح برگ ذرت معنی‌دار نبود. ولی بعد از این دوره شاخص سطح برگ در

۷- این مقادیر پس از جایگزاری زمانی که بیشترین شاخص سطح برگ ایجاد می‌شود (پارامتر b در جدول ۴) در معادله لجستیک به‌دست آمده برای هر روش خاک‌ورزی به‌دست آمد.

نظام بدون خاک‌ورزی به‌طور معنی‌داری کمتر از نظام خاک‌ورزی متداول و نظام کم‌خاک‌ورزی بود. نامبردگان گزارش کردند که در طول فصل رشد ذرت شاخص سطح برگ در نظام بدون خاک‌ورزی بیش از ۵ نشد. این در حالی بود که در نظام خاک‌ورزی متداول و کم‌خاک‌ورزی بعد از پنج هفته پس از کاشت، شاخص سطح برگ به بیش از ۶ رسید.

وزن خشک برگ ذرت

بررسی روند افزایش وزن خشک برگ در طول فصل رشد نیز نشان داد که بین نظام‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۷ و جدول ۵). بیشترین وزن خشک برگ در طول فصل رشد در نظام‌های خاک‌ورزی متداول، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب برابر ۳۶۵/۲، ۳۶۱/۹ و ۳۵۶/۴ گرم در متر مربع بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). بررسی نشان می‌دهد سرعت افزایش وزن خشک برگ در طول فصل رشد نیز برای نظام‌های خاک‌ورزی مختلف یکسان بود. به‌طوری‌که زمان مورد نیاز برای رسیدن به ۵۰ درصد از بیشترین وزن خشک برای خاک‌ورزی متداول ۴۳/۱۲ روز، برای کم‌خاک‌ورزی ۴۳/۳ روز و برای بدون خاک‌ورزی ۴۳/۴ روز زمان نیاز بود (جدول ۵).



شکل ۷- تغییرات وزن خشک برگ ذرت در طول فصل رشد برای سیستم بدون خاک‌ورزی (الف)، کم‌خاک‌ورزی (ب) و خاک‌ورزی مرسوم (ج)

Figure 7- Changes in dry weight of maize leaves during the growing season for No-tillage system (A), Reduced tillage (b) and Conventional tillage (c)

جدول ۵- مقادیر پارامترهای مدل لجستیک ± خطای استاندارد ، برای توصیف وزن خشک برگ ذرت در طول فصل رشد تحت شرایط خاک‌ورزی مختلف

Table 5- Logistic model parameter values ± standard error, to describe the dry weight of maize leaves during the growing season under different tillage

ضرایب Coefficients	بدون خاک‌ورزی No-tillage	کم‌خاک‌ورزی Reduced tillage	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage
a	356.40±10.40	361.90±11.60	365.20±10.20
b	0.17±0.04	0.17±0.04	0.17±0.04
c	43.4±3.20	43.3±3.00	43.12±2.60
R^2	0.99	0.98	0.99

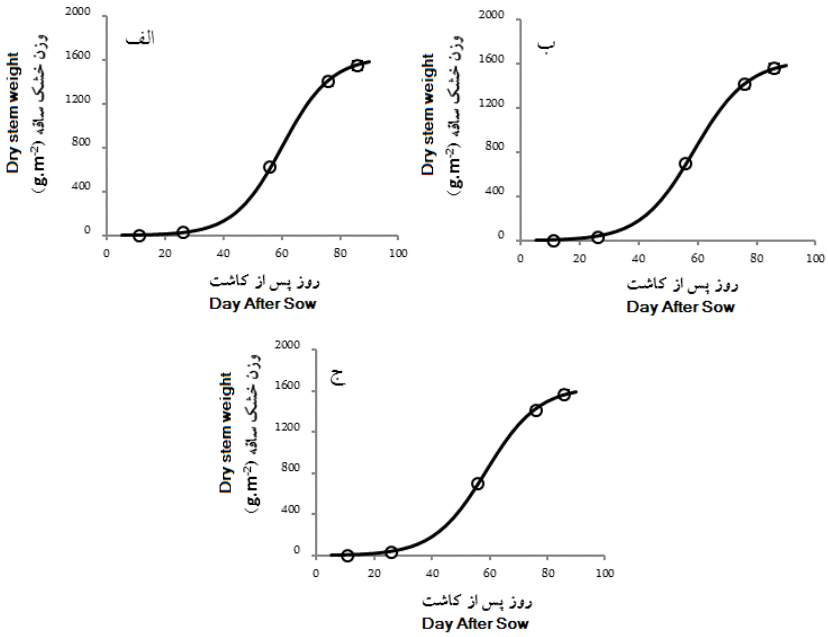
a: Most of the dry weight of the leaves during the growing season. — a: بیشترین مقدار وزن خشک برگ در طول فصل رشد.

b: Sharp increase in leaf dry weight ratio. — b: ضریب تندی افزایش وزن خشک برگ.

c: When the 50% maximum leaf dry weight is happening there. — c: زمانی‌که ۵۰٪ حداکثر مقدار وزن خشک برگ اتفاق می‌افتد، می‌باشد.

وزن خشک ساقه‌ی ذرت

نتایج حاصل از بررسی روند افزایش وزن خشک ساقه ذرت در طول فصل رشد برای نظام‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داد که بین این نظام‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود نداشت (جدول ۶). در تمامی نظام‌های مورد مطالعه همانند روند افزایش وزن خشک برگ، افزایش وزن خشک ساقه نیز به‌صورت سیگموئیدی بود (شکل ۸). بیشترین وزن خشک ساقه برای نظام‌های مختلف بین ۱۶۲۸/۹ تا ۱۶۴۰ گرم در متر مربع متغیر بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند. هم‌چنین از نظر سرعت افزایش وزن خشک ساقه نیز بین نظام‌های خاک‌ورزی اختلافی دیده نشد. به‌طوری‌که در این نظام‌های خاک‌ورزی بعد از ۵۸/۷۳ تا ۶۰/۱۲ روز پس از کاشت، ۵۰ درصد از وزن خشک بیشینه حاصل شد. (جدول ۶).



شکل ۸- تغییرات وزن خشک ساقه‌ی ذرت در طول فصل رشد برای سیستم بدون خاک‌ورزی (الف)، کم‌خاک‌ورزی (ب) و خاک‌ورزی مرسوم (ج)

Figure 8- Changes in shoot dry weight of corn during the growing season for No-tillage system (A), Reduced tillage (b) and Conventional tillage (c)

جدول ٦- مقادیر پارامترهای مدل لجستیک ± خطای استاندارد، برای توصیف وزن خشک ساقه‌ی ذرت در طول فصل رشد تحت شرایط خاک‌ورزی مختلف

Table 6- Logistic model parameter values ± standard error, to describe the shoot dry weight of corn during the growing season under different tillage

ضرایب Coefficients	بدون خاک‌ورزی No-tillage	کم‌خاک‌ورزی Reduced tillage	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage
a	1628.90±112.00	1633.50±110.40	1640.00±99.20
b	0.12±0.02	0.11±0.02	0.22±0.02
c	60.12±2.20	58.73±2.06	58.75±1.87
R^2	0.98	0.98	0.99

a: بیشترین مقدار وزن خشک ساقه در طول فصل رشد. a: The highest shoot dry weight during the growing season.

b: ضریب تندی افزایش وزن خشک ساقه b: Sharp increase in shoot dry weight ratio.

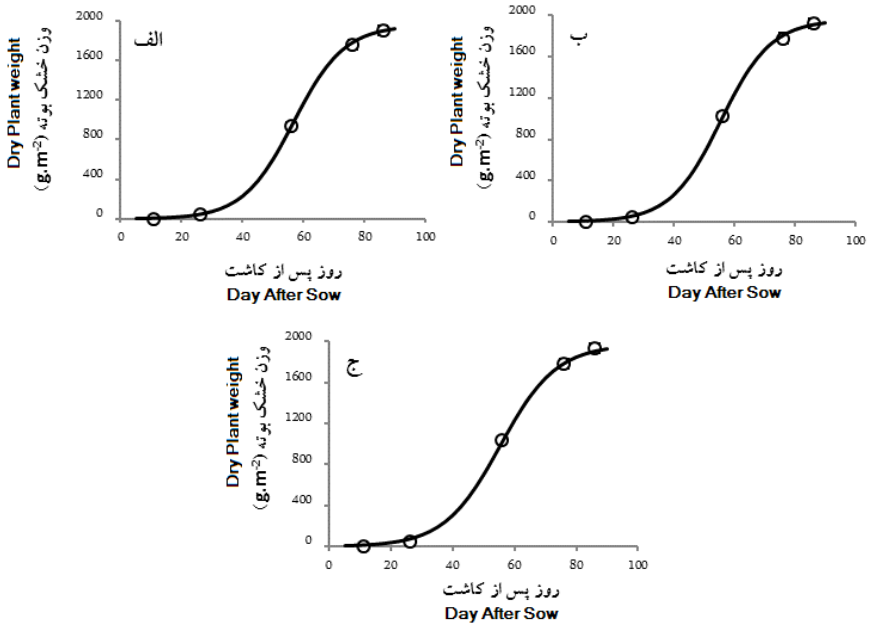
c: زمانی‌که ۵۰٪ حداکثر مقدار وزن خشک ساقه اتفاق می‌افتد، می‌باشد. c: When the 50% maximum dry weight of stem happening there.

وزن خشک گیاه ذرت

وزن خشک کل بوته در طول فصل رشد مجموع وزن خشک ساقه و برگ می‌باشد. با توجه به این که وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه در طول فصل رشد به‌صورت سیگموئیدی افزایش داشت

(شکل‌های ۷ و ۸) در نتیجه افزایش وزن خشک کل بوته در واحد سطح نیز از روندی سیگموئیدی پیروی کرد (شکل ۹). نتایج بررسی و مقایسه پارامترهای رگرسیون برای نظام‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داد که بین این نظام‌ها از نظر افزایش وزن خشک بوته نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷) وزن خشک بوته در انتهای فصل رشد برای نظام‌های مختلف خاک‌ورزی بین ۱۹۶۱/۵ تا ۱۹۶۸/۳ گرم در متر مربع متغیر بود (جدول ۷).

آیکینز و آفیوکوا (Aikins and Afuakwa, 2010) اثر چهار نوع خاک‌ورزی با گاوآهن بشقابی، گاوآهن بشقابی و دیسک، دیسک و کشت بدون شخم بر روی وزن خشک لوبیا چشم بلبلی را بررسی کردند. نامبردگان گزارش کردند که بیشترین وزن خشک لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) در روش شخم با گاوآهن بشقابی به همراه دیسک (۳۴۷۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین وزن خشک در روش کشت بدون شخم (۲۳۳۶ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد.



شکل ۹- تغییرات وزن خشک بوته‌ی ذرت در طول فصل رشد برای سیستم بدون خاک‌ورزی (الف)، کم‌خاک‌ورزی (ب) و خاک‌ورزی مرسوم (ج)

Figure 9- Changes in dry weight of corn plants during the growing season for No-tillage system (A), Reduced tillage (b) and Conventional tillage (c)

جدول ۷- مقادیر پارامترهای مدل لجستیک ± خطای استاندارد، برای توصیف وزن خشک بوته‌ی ذرت در طول فصل رشد تحت شرایط خاک‌ورزی مختلف

Table 7- Logistic model parameter values ± standard error, to describe the dry weight of corn plants during the growing season under different tillage

ضرایب Coefficients	بدون خاک‌ورزی No-tillage	کم‌خاک‌ورزی Reduced tillage	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage
a	1963.90±112.00	1961.50±102.60	1968.30±91.20
b	0.12±0.02	0.12±0.04	0.11±0.02
c	56.70±1.60	55.40±1.60	55.30±1.40
R^2	0.98	0.98	0.99

a: بیشترین مقدار وزن خشک بوته در طول فصل رشد.
a: The dry weight of plants during the growing season.

b: ضریب تندی افزایش وزن خشک بوته.
b: a sharp increase in plant dry weight ratio.

c: زمانی‌که ۵۰٪ حداکثر مقدار وزن خشک بوته اتفاق می‌افتد، می‌باشد.
c: When the 50% maximum dry weight is happening there.

اثر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد علوفه‌ی ذرت

نتایج حاصل از بررسی عملکرد علوفه تر در واحد سطح برای نظام‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داد که مقدار عملکرد در نظام خاک‌ورزی مرسوم نسبت به نظام‌های کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به‌طور معنی داری بیشتر بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی بر روی عملکرد معنی‌دار بود (جدول ۸). مقدار عملکرد در نظام خاک‌ورزی مرسوم نسبت به نظام‌های کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب به مقدار ۰/۴ و ۰/۷ کیلوگرم علوفه‌ی تر در متر مربع بیشتر بود (شکل ۱۰). عملکرد علوفه‌ی تر در نظام‌های خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب برابر ۷/۱، ۶/۷ و ۶/۴ کیلوگرم در متر مربع به‌دست آمد (شکل ۱۰). این اختلاف در شرایطی مشاهده شد که از نظر وزن خشک تک بوته اختلاف معنی‌داری بین نظام‌های مختلف خاک‌ورزی مشاهده نشد (جدول ۸). با توجه به این‌که میانگین عملکرد گزارش شده برای علوفه تر در استان گلستان برابر ۵۱ تن در هکتار می‌باشد (Unknown, 2013) و با توجه به عدم محدودیت کودهای مصرفی، عناصر غذایی و آب قابل دسترس در طول فصل رشد ذرت در این تحقیق، به‌نظر می‌رسد عملکرد به‌دست آمده در این مطالعه به علت قابل دسترس بودن آب و ظرفیت نگهداری بالای آب و توسعه‌ی مناسب ریشه در خاک محل آزمایش می‌باشد. اما این افزایش دسترسی به آب به دلیل محدودیت تشعشع باعث افزایش تولید ماده خشک در شرایط کشت خاک‌ورزی مرسوم نشد. بنابراین با وجود اختلاف در عملکرد تر در روش‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد ماده‌ی خشک مشاهده نشد.

مطالعه پارامترهای طول، سطح، حجم ریشه و روابط بین آنها از نظر تعیین ظرفیت جذب آب از طریق ریشه ضروری است. ژنوتیپ‌های دارای سیستم ریشه عمیق‌تر، عملکرد دانه بیشتری تحت شرایط تنش خشکی تولید می‌کنند. ژنوتیپ‌های دارای سیستم ریشه عمیق، دارای پتانسیل آب برگ بالا هستند (Kafi *et al.*, 2009). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات حجم، وزن ریشه و عملکرد دانه گندم گزارش شده است (Bangal, 1998). در مورد نخود (*Cicerarietinum* L.) نیز هم‌بستگی بین ریشه عمیق‌تر و عملکرد دانه بالاتر در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Walker and Buchanan, 1982). در ارتباط با گیاهان دیگری مثل جو (*Hordeum vulgare* L.)، ذرت، آفتاب‌گردان (*Helianthus annuus* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) نیز هم‌بستگی معنی‌داری بین ویژگی‌های ریشه گزارش شده است (Kafi *et al.*, 2009).

به‌نظر می‌رسد که در مطالعه اخیر به دلیل گسترش بهتر سیستم ریشه‌ای در نظام خاک‌ورزی متداول و جذب بیشتر آب توسط گیاه ذرت هنگام برداشت و هم‌چنین مقدار مناسب کودهای مصرفی، سبب اختلاف عملکرد در علوفه تر ذرت شده است. قادری‌فر و همکاران (Qadryfar *et al.*, 2011) در گرگان نتایج مشابهی با نتایج این تحقیق در ارتباط با اثر خاک‌ورزی بر عملکرد وش به‌دست آوردند. ایشان گزارش کردند که عملکرد وش (*Gossypium hirsutum* L.) در سیستم‌های خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با سیستم بدون شخم (بدون خاک‌ورزی) بیشتر بوده اما هزینه‌های زراعی سیستم بدون خاک‌ورزی در مقایسه با دیگر سیستم‌ها کمتر می‌باشد. بنابراین می‌توان این سیستم خاک‌ورزی را با مطالعات جامع‌تر جایگزین سیستم خاک‌ورزی مرسوم کرد.

نتایج بررسی شاخص‌های رشدی ذرت نشان داد که بین نظام‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). هم‌چنین نتایج این مطالعه نشان داد که نظام‌های خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر وزن خشک بوته‌ی ذرت نداشت (جدول ۷) اما عملکرد علوفه تر در سیستم خاک‌ورزی متداول به مقدار ۰/۷ کیلوگرم در متر مربع (معادل هفت تُن در هکتار) از سیستم بدون خاک‌ورزی و ۰/۴ کیلوگرم در متر مربع (معادل چهار تُن در هکتار) از سیستم کم‌خاک‌ورزی بیشتر بوده است که دلیل این اختلاف عملکرد افزایش دسترسی به آب یا دسترسی به آب بیشتر و توسعه مناسب و بهتر ریشه در سیستم خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد. با توجه به این‌که عملکرد محصول یکی از مهم‌ترین فاکتورها در تعیین روش تولید محصول زراعی می‌باشد، بنابراین از این نظر استفاده از سه نظام خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری را در این مطالعه نشان داد (شکل ۱۰).

جدول ۸- تجزیه واریانس عملکرد در شرایط خاک‌ورزی مختلف

Table 8- Analysis of variance in the performance of different tillage

منابع تغییر Sources of variance	درجه آزادی (d.f)	مجموع مربعات (ss)	واریانس MS	F
تیمار (خاک‌ورزی) Treatments (tillage)	2	3.458	1.729	14.41**
اشتباه Error	42	5.081	0.121	-
کل Total	44	8.569	-	-

** نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد. ** Indicate significance at the 1% level.

شکل ۱۰- عملکرد علوفه‌ی تر ذرت تحت نظام‌های خاک‌ورزی مختلف
Figure 10- Fresh forage yield of maize under different tillage systems

با توجه جدول ضمیمه ۱ ملاحظه می‌گردد که هزینه‌های خاک‌ورزی متداول نسبت به کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی بیشتر بوده، ولی با در نظر گرفتن مقدار علوفه‌ی تر تولید شده در این سیستم، و فروش آن، علاوه بر جبران هزینه‌های انجام شده جهت خاک‌ورزی، ظاهراً سود حاصل از فروش ذرت علوفه‌ای در این سیستم از دو سیستم دیگر بیشتر می‌باشد. ولی با در نظر گرفتن این که در تحقیقات به‌عمل آمده در نواحی حاره‌ای و نیمه‌حاره‌ای نشان داده شد که استفاده طولانی مدت از خاک‌ورزی در اراضی به دلیل ایجاد فرسایش و کاهش مواد آلی خاک، موجب کاهش حاصل‌خیزی خاک می‌شود. هم‌چنین حذف پوشش سطح خاک باعث می‌گردد که لایه‌ی حفاظت کننده آن از بین رفته و باران‌های شدید و گرما باعث ایجاد فرسایش و هدررفت خاک شوند. برای دست‌یابی به یک کشاورزی پایدار چه از جنبه تولیدی و چه از جنبه زیست‌محیطی، باید خاک را به‌عنوان پایه اصلی تولید برای ادامه حیات بشر محسوب نمود. سعی و اهتمام باید در راستای کاهش فرسایش باشد تا خاک به رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دریاها ریخته نشود و تولید غذا برای جهان پایدار و مطمئن گردد. بنابراین ضرورت کامل دارد که در کشورهای در حال توسعه از عملیاتی مانند شخم‌های مکرر و کشاورزی فشرده که موجب لخت ماندن اراضی و نابودی خاک‌ها می‌شوند اجتناب شده و در عوض باید با ایجاد پوشش دایمی در سطح خاک و حفظ بقایای سال قبل در جهت میل به کشاورزی پایدار حرکت نمود.

References

1. Aikins, S. H. M., and Afuakwa, J. J. 2010. Effect of four different tillage practices on cowpea performance. World Journal of Agricultural Sciences 6: 644-651.
2. Aikins, S. H. M., Afuakwa, J. J., and Owusu-Akuoko, O. 2012. Effect of four different tillage practices on maize performance under rainfed conditions. Agriculture and Biology Journal of North America 3: 25-30.
3. Amir Timuri, S., and Chizari, A. H. 2008. Study of dynamic self-sufficiency in the production of corn in Iran, approach to calculate the total productivity of production factors. Journal research and development in agriculture and horticulture 79: 169-177.
4. Arab-Ameri, R. 2008. Prediction of wheat grain and remobilization. Master thesis. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agricultural Sciences and Plant Breeding, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan. (in Persian with English abstract).
5. Asghari Maydani, J. 2002. Recommendations to implement tillage and sowing wheat crop. Journal Promotional, Technical Publications Department Extension. (in Persian with English abstract).
6. Bangal, D.B., Birari, B.M., and Patil, K.G. 1998. Root characters the important criteria for drought resistance in wheat. Journal Maharastra Agriculture University 13: 242-243.
7. Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Pillon, C.N. and Sangoi, L. 2001. Changes in soil organic matter under subtropical no-till cropping system. Soil Science Society of America Journal, 65: 1473-1478
8. Benegas, C.P. 1998. Effect of no-tillage systems on chemical and physical characteristics of soil in Paraguay. In: Kokubun, M. (Ed.), No-Tillage Cultivation of Soybean and Future Research Needs in South America. Working Report, vol. 13 JIRCAS, Ministry of Agriculture, Forest and Fishery, Ibaraki, pp. 19-28.
9. BorzAli, M., Javanshir, A., Shakiba, M.R., Moghaddam, M., and Norinia, A.A. 2004. Effect of different tillage on soybean yield and yield components in Gorgan. Journal Seed and Plant 19: 173-189. (in Persian with English abstract).
10. Burgess, M.M., Mehuys, G.R., and Madramootoo, C.A. 1996. Tillage and crop residue effects on corn production in Quebec. Agronomy Journal 88: 792-797.
11. Celik, I., Barut, Z.B., Ortas, I., Gok, M., Demirbas A., Tulun, Y., and Akpinar, C. 2011. Impacts of different

tillage practice on some soil microbiological properties and crop yield under semi-arid Mediterranean conditions. International Journal of Plant Production 5: 237-254.
12. Crabtree, R.J., and Ru, R.N. 1980. Double and monocropped Wheat and soybeans under different tillage and row spacing. Agronomy Journal 27: 445-448.
13. Dabney, S.M., Wilson, G.V., Mcgregor, K.C., and Foster, G.R. 2004. History, residue and tillage effects on erosion of loessial soil. Transactions of the American Society of Agricultural Engineering 47: 767-775.
14. De Souza Andrade, D., Colozzi-Filho, A., Balota, E.L., and Hungria, M. 2003. Long-term effects of agricultural practices on microbial community. In: Garcı ´a-Torres, L et al. (Eds.), Conservation Agriculture. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht NL, pp. 301-306.
15. Derpsch, R., and Moriya, K. 1998. Implication of No-tillage versus soil preparation on sustainable of agricultural production advanced in geoecology. Catena Verlar Reiskirchen 31: 1179-1186.
16. Edwards, J.H., Thurlow, D.L., and Eason, J.T. 1988. Influence of tillage and crop rotation on yields of corn, soybean and wheat. Agronomy Journal 80: 76-80.
17. Ehlers, W., and Claupein, W. 1994. Approaches toward conservation tillage in Germany. In: Carter, M.R. (Ed.), Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 141-166.
18. Eskandari, A. 1999. Design and evaluation of a low-tillage in the preparation of the seed bed. Water, soil, motor, 51: 40-44. (in Persian with English abstract).
19. Fooladivand, S., Aynehband, A., and Naraki, F. 2009. Effects of tillage method, seed rate and microelement spraying time on grain yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) in warm dryland condition. Journal of Food, Agriculture & Environment 7: 627-633.
20. Gajri, P.R., Arora, V.K., and Prihar, S.S. 2004. Tillage for sustainable cropping. International Book Distributing Co, pp: 12-24.
21. Ghdyryan, R., Soltani, A., ZainAli, A., Chelated Arabi, M., and Bakhshandeh, A. 2011. Evaluation of nonlinear regression models for analyzing growth. Electronic Journal of crop production 4: 55-77. (in Persian with English abstract).
22. Hajabbasi, M.A., and Hemmat, A. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. Soil and Tillage Research 56: 205-212. (in Persian with English abstract).
23. Hematzadeh, Y.H., and Kabir, A. 2009. The role of vegetation management on surface runoff (case study: Kechik) catchment in north-east of Golestan province. Journal of Water and Soil Conservation 16: 19-33.
24. Hussain, I., Olson, K., and Ebelhar, S. 1999. Impact of tillage and no-till on production of maize and soybean on an eroded Illinois silt loam soil. Soil and Tillage Research 52: 37-49.
25. Javeed, H.M.R., Zamir, M.S.I., Masood, N., Qamar, R., Shehzad, M., and Nadeem, M. 2014. Impact of tillage and poultry manure on mazie *(Zea mays* L.). American Journal of Plant Science 5: 799-810.
26. Jin, H., Hongwen, L., Xiaoyan, W., Hughm A., Wenying, L., Huanwen, G., and Kuhn. N. 2007. The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern China. Soil and Tillage Research 94: 493-502.
27. Kafi, M., Borzouei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, G. 2009. Physiology environmental stress in plants. Press Mashhad University Jihad. 502 p.
28. Kayode, J., and Ademiluyi, B. 2004. Effect of tillage methods on weed control and maize performance in southwestern Nigeria location. Journal of Sustainable Agriculture 23: 39-45.
29. Khurshid, K., Iqbal, M., Arif, M.S., and Nawaz, A. 2006. Effect of tillage and mulch on soil physical properties and growth of maize. International Journal of Agriculture and Biology 8: 593-596.
30. Kochaki, A. and Sarmadnya, Gh.H. 2008. Crop plants Physiology. Press Mashhad. 400 p.
31. Krupinsky, J.M., Tanaka, D.L., Merrill, S.D., and Liebig, M.A. 2005. Crop sequence effects of 10 crops in the northern develop plains. Journal of Agricultural Systems 88: 227-244.
32. Kumar, K., and Goh, K.M. 2000. Crop residue and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield and nitrogen recovery. Advances in Agronomy 68: 197-319.
33. Mrabet, R. 2002. Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa. Soil and Tillage Research 66: 119-128.
34. Ojeniyi, S.O., and Adekayode, F.O. 1999. Soil conditions and cowpea and maize yield produced by tillage methods in the rainforest zone of Nigeria. Soil and Tillage Research 51: 161-164.
35. Qadryfar, F., Tajari, A., Sadqnzhad, H. R., and Qranjyky, A. 2011. The effects of tillage systems on cotton yield of rapeseed in Gorgan. Journal of Agricultural Research 9: 416-421. (in Persian with English abstract).
36. Rahemi Karyzaky, A. 2005. Prediction of solar radiation received in pea plants. Master thesis. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agricultural Sciences and Plant Breeding, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan. (in Persian with English abstract).
37. Sadeghnejad, H.R., and Eslami, K. 2006. Comparison of yield change tillage methods. Agricultural Sciences 1: 103-112. (in Persian with English abstract).
38. Sayadian, K., and Beheshti al-Agha, S. A. 2006. Without tillage and challenges ahead. Razi University Press. 147

p.
39. Sayed Sharifi, R., Javanshir, A., Shakiba, M., Qasmy Golezani, K., and Mohammadi, A. 2006. Analysis of density levels by growing corn and sorghum interference at different periods. Desert 11: 143-157. (in Persian with English abstract).
40. Shafi'i, A. 1996. Principles of Agricultural Machinery. Publications Jihad, Tehran University. (in Persian with English abstract).
41. Soltani, A. 2008. The use of SAS software in statistical analysis. Press Mashhad University Jihad. 182 p.
42. Unknown. 2013. Database of Agriculture, Ministry of Agriculture, Bureau of Statistics and Information Technology. Available in: http://dbagri.maj.ir/zrt. Time available: 25 April 2025.
43. Walker, R.H., and Buchanan, G.A. 1982. Crop manipulation in integrated weed management systems. Weed Science 30: 17-29.
44. Wang, W.J. and Dalal, R.C. 2006. Carbon inventory for a cereal cropping system under contrasting tillage, nitrogen fertilisation and stubble management practices. Soil and Tillage Research 91: 67-74.
45. Wasaya, A., Tahir, M. and Tanveer, A. 2012. Response of maize to tillage and nitrogen management. Journal Anim. Plant Sci. 22 (2). 452.
46. Yin, X., Gouadrian, J., Latinga, E.A., Vos, J., and Spiertz, J.H. 2003. A flexible sigmoid growth function of determinate growth. Annals of Botany 91: 361-371.

جدول ضمیمه ۱

انواع خاک‌ورزی / نوع عملیات	قیمت برای نوع خاک‌ورزی به تومان برای هر هکتار			ملاحظات
	خاک‌ورزی مرسوم	کم خاک‌ورزی	بدون خاک‌ورزی	
شخم	۶۰۰۰۰	–	–	به ازای هر هکتار
خاک‌ورز مرکب	–	۵۵۰۰۰	–	به ازای هر هکتار
دیسک	سه مرحله ۱۰۸۰۰۰	دو مرحله ۷۲۰۰۰	–	به ازای هر هکتار ۳۶۰۰۰
لولر	۳۶۰۰۰	۳۶۰۰۰	–	به ازای هر هکتار
کاشت	۵۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	به ازای هر هکتار
جمع	۲۵۴۰۰۰	۲۱۳۰۰۰	۸۰۰۰۰	
نهاده‌های مصرفی (هزینه برای هر سه نوع خاک‌ورزی برابر)				
بذر ذرت رقم ۷۷۰	۳۵۰۰۰۰	۳۵۰۰۰۰	۳۵۰۰۰۰	به ازای هر کیلوگرم ۱۴۰۰۰
بذر مال روی	۱۲۵۰۰	۱۲۵۰۰	۱۲۵۰۰	به ازای هر لیتر
کود بیولوژیک بارور۲	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	به ازای هر بسته ۱۰۰ گرمی
هیومیک اسید ۸۵٪	۷۵۰۰۰	۷۵۰۰۰	۷۵۰۰۰	به ازای هر کیلوگرم
کود سوپر فسفات تریپل	۱۵۲۱۰۰	۱۵۲۱۰۰	۱۵۲۱۰۰	به ازای هر کیسه ۵۰ کیلوگرمی ۵۰۷۰۰
کود سلفات پتاسیم	۱۱۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰	به ازای هر کیسه ۵۰ کیلوگرمی ۵۵۰۰۰
کود اوره	۲۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰	به ازای هر کیسه ۵۰ کیلوگرمی ۵۰۰۰۰
حشره کش آوانت	۴۶۰۰۰	۴۶۰۰۰	۴۶۰۰۰	به ازای هر لیتر ۱۸۴۰۰۰
علف‌کش نیکوسولفورون	۷۵۰۰۰	۷۵۰۰۰	۷۵۰۰۰	به ازای هر لیتر
رها سازی زنبور تریکوگراما	۱۳۷۵۰	۱۳۷۵۰	۱۳۷۵۰	به ازای هر هکتار ۵ گرم هرگرم ۲۷۵۰
رها سازی زنبور براکون	۴۵۸۵	۴۵۸۵	۴۵۸۵	به ازای هر هکتار ۷ لیوان هر لیوان ۶۵۵
محلول‌پاشی با کود ریز مغذی	۷۵۰۰۰	۷۵۰۰۰	۷۵۰۰۰	به ازای هر لیتر ۲۵۰۰۰
جمع	۱۱۷۳۹۳۵	۱۱۷۳۹۳۵	۱۱۷۳۹۳۵	هزینه‌ها برابر
هزینه ماشین آلات و کارگری برای اجرای عملیات و اجاره زمین				
کودپاشی پایه	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	بابت هر هکتار
سم‌پاشی و محلول‌پاشی	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	دو مرحله- بابت هر هکتار ۱۵۰۰۰
آبیاری	۲۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰	بابت هر هکتار
کولتیواتور کودکار	۶۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	دو مرحله- بابت هر هکتار ۳۰۰۰۰
کارگر جهت رهاسازی	۳۶۰۰۰	۳۶۰۰۰	۳۶۰۰۰	به ازای هر هکتار ۳ نفر
برداشت	۲۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰	به ازای هر هکتار
هزینه اجاره زمین	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	بابت هر هکتار
جمع	۱۸۴۱۰۰۰	۱۸۴۱۰۰۰	۱۸۴۱۰۰۰	هزینه‌ها برابر
جمع کل	۳۲۶۸۹۳۵	۳۲۲۷۹۳۵	۳۰۹۴۹۳۵	
هزینه پیش بینی نشده	۱۶۳۴۵۰	۱۶۱۷۰۰	۱۵۴۷۵۰	۵٪ هزینه انجام شده
جمع کل هزینه‌ها	۳۴۳۲۳۸۵	۳۳۸۹۶۳۵	۳۲۴۹۶۸۵	
مقدار تولید	۷۱۰۰۰	۶۷۰۰۰	۶۴۰۰۰	کیلوگرم در هکتار
قیمت فروش	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	تومان
درآمد ناخالص	۸۵۲۰۰۰۰	۸۰۴۰۰۰۰	۷۶۸۰۰۰۰	تومان
درآمد خالص	۵۰۸۷۶۱۵	۴۶۵۰۳۶۵	۴۴۳۰۳۱۵	تومان
اختلاف خاک‌ورزی مرسوم با کم خاک‌ورزی			۴۳۷۲۵۰	تومان
اختلاف خاک‌ورزی مرسوم با بدون خاک‌ورزی			۶۵۷۳۰۰	تومان
اختلاف کم‌خاک‌ورزی با بدون خاک‌ورزی			۲۲۰۰۵۰	تومان

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 2, Summer. 2017, p. 267-285

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۲۸۵-۲۶۷

Effect of Different Tillage Systems on Growth Indices and Yield of *Zea mays* L. (Corn Forage)

M. H. Ranjbar[1] - J. Gherekhloo[2*] - A. Soltani[3]

Received: 14-03-2015
Accepted: 28-05-2016

Introduction: The maize as the oldest cultivated plant, is ranked second and first in terms of cultivated area and amount of production, in the world respectively. Although, researchers have improved the yield of corn by introducing new lines and hybrids, new genotypes alone cannot increase agricultural production, and it is necessary that appropriate and advanced agricultural techniques also be used to maximize corn yield. Maize is one of the most important crops in Golestan province, which is planted in more than 5000 hectares of agricultural land. In Golestan Province, different tillage systems are used for planting maize. Conservation tillage is a new and widespread method in this province, which many farmers use this method every year for cultivating their crops. The main objective of this study was to investigate the effects of different tillage systems on growth indices and yield of maize.

Materials and Methods: To study the effects of different tillage systems on qrowth indices and forage yield of corn, an experiment was conducted using a Nested design at Azadshahr city. Treatments included no-tillage, minimum-tillage and conventional tillage. Each treatment was carried out in a separate 30 × 50 m plot. Cultivar 770 was planted in all plots with row spacing of 75 cmand the distance between plants on the ridges was 14 cm. Sampling was done by a 1*1 m^2 quadrate in six phenological stages of maize including two leaf-stage (9 days after planting), six-leaf stage (26 days after planting), flowering (55 days after planting), (71 days after planting), (85 days after planting) and 86 days after planting. At each stage, 15 quadrates were randomly sampled in each plot. Leaf area and dry weight, height of each plant and total fresh and dry weight of maize was measured at laboratory.

Results and Discussion: Net assimilation rate decreased following a quadratic equation in all treatments. Although the amount of NAR was estimated 13.5, 13.16 and 13.11 $g.m^{-2}.day^{-1}$ for conventional, minimum and no tillage, respectively but there was not significance different between the tillage systems in this regard. The maximum amount of NAR occurred at 17.3, 17.4 and 17.5 days after planting for conventional, minimum and no tillage, respectively. The value of this index at the end of the growing season (86 days after planting) was estimated as 0.41, 0.45 and 0.47 $g.m^{-2}.day^{-1}$ for conventional, minimum and no tillage, respectively.

Relative growth rate decreased following a quadratic trend for all tillage systems. In conventional tillage, RGR declined from 0.24 $g.g^{-1}.day^{-1}$ at the beginning of the growing season to 0.01 $g.g^{-1}.day^{-1}$ at the end of the growing season. There was no difference between estimated RGR of the tillage systems both at beginning and at the end of growing season.

Maximum crop growth rate occurred at 54 days after planting in all three tillage systems. The maximum value of CGR was estimated 41, 41 and 40 $g.m^{-2}.day^{-1}$ for maize in conventional, minimum and no tillage systems, respectively. CGR was estimated as 3 $g.m^{-2}.day^{-1}$ at the beginning of the growing season for all treatments; this index was estimated 15, 15 and 14 $g.m^{-2}.day^{-1}$ at the end of the growing season, for conventional, minimum and no tillage systems, respectively.

Result showed that although tillage systems did not effect on dry weight of maize, forage yield of maize in conventional system (71 $ton.ha^{-1}$) was significantly more than minimum (67 $ton.ha^{-1}$) and no tillage (64 $ton.ha^{-1}$) systems.

Keywords: Conservation tillage, Crop growth rate, Net assimilation rate, Relative growth rate

1- MSc. Student of Agronomy, Department of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2 and 3- Associate Prof. and Prof. Respectively, Department of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
(*- Corresponding Author Email: gherekhloo@gau.ac.ir)