

ارزیابی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک و صفات کمی ذرت علوفه‌ای در تناوب با نخود

امین اله موسوی بوگر^۱، خسرو عزیزی^{۲*}، محمدرضا جهانسوز^۳ و محمد فیضیان^۴

۱. دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

۲. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

۳. استاد گروه زراعت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴. استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۱۴)

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت علوفه‌ای در تناوب با نخود و ویژگی‌های شیمیایی و زیستی (بیولوژیکی) خاک، آزمایشی طی دو سال ۹۴-۱۳۹۲ در مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) اجرا شد. طرح آزمایش به صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اصلی آزمایش شامل سه روش خاک‌ورزی (خاک‌ورزی متداول، حداقل و کشت مستقیم) و عامل فرعی شامل سه رقم ذرت (SC704، Maxima, Zp677) بودند. زمین آزمایش ۳۰ درصد از بقایای نخود روی سطح خاک داشت. نتایج نشان داد، میزان کربن آلی، اسیدیته خاک، شمار و وزن کرم خاکی در تیمارهای حداقل و کشت مستقیم نسبت به خاک‌ورزی متداول بالاتر بود، ولی خاک‌ورزی تأثیری بر نیتروژن کل، شوری و سدیم خاک نداشت. نتایج نشان داد، بیشترین وزن خشک و تر ساقه، وزن خشک بلال و وزن تر علوفه کل در رقم Zp677 به ترتیب ۱۸۶۶/۵، ۶۹۱/۵، ۶۶۴/۴ و ۴۸۹۶/۹ گرم در مترمربع مشاهده شد. وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک بلال و وزن خشک کل در بین تیمار خاک‌ورزی متداول و حداقل، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین صفات اندازه‌گیری شده در تیمار کشت مستقیم نسبت به دیگر تیمار خاک‌ورزی در سال دوم آزمایش افزایش بیشتری داشت. به طوری که بین تیمارهای خاک‌ورزی متداول و کشت مستقیم در سال دوم آزمایش اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج، استفاده از خاک‌ورزی حداقل و کشت مستقیم در تناوب نخود- ذرت می‌تواند جایگزین خاک‌ورزی متداول شود.

واژه‌های کلیدی: کشت مستقیم، وزن خشک، کربن آلی، نیتروژن خاک.

Soil tillage methods effects on soil chemical and biological properties and quantitative traits of silage maize (*Zea mays* L.) in rotation with chickpea

Aminollah Mousavi Boogar¹, Khosrow Azizi^{2*}, Mohammad Jahansouz³ and Mohammad Feizian⁴

1. PhD of Crop Ecology of Lorestan University, College of Agriculture, Department of Agronomy, Khorramabad, Iran

2. Associate Professor of, Lorestan University, College of Agriculture, Department of Agronomy, Khorramabad, Iran

3. Professor of Tehran University, College of Agriculture and Natural Resources, Karaj, Iran

4. Assistance Professor of Lorestan University, College of Agriculture, Department of Soil Science, Khorramabad, Iran

(Received: September 18, 2016- Accepted: April 3, 2017)

ABSTRACT

This experiment was done to evaluate the effects of soil tillage methods on chemical and biological properties of the soil along with quantitative traits of silage corn after chickpea as a preceding or companion crop. The experiment was conducted for two cropping years of 2013-15 at farm of Tehran University. The experiment was set up as a split plot in RCBD in four replications. The main factor considered three soil tillage methods (conventional, minimum and no-tillage) and the sub-factor included three varieties of maize (SC704, Zp677, Maxima). The experimental units covered by chickpea residue by at least 30 percent of the surface area. Results showed that the no-tillage and minimum tillage treatments had higher amount of soil organic carbon, pH and number and body mass of earthworm than the conventional tillage treatment. Tillage treatments had no significant effect on total nitrogen, electrical conductivity and sodium of measured soil. Also, the highest maize wet and dry stem weight (691.5 and 1866.5 gm⁻²), Ear dry weight (664.4 gm⁻²) and total plants wet weight (4896.9 gm⁻²) observed in Zp677 maize cultivar. Conventional and minimum tillage methods had significant effects on leaf and ear wet and dry weights and total plant dry weight traits. Thus, in the 2nd year of this experiment, no-tillage was more effective than other tillage methods. But, there was no significant effect between no-tillage and conventional tillage treatments in the second year. According to the results, both conservation tillage methods is recommended as replacement methods for conventional tillage in maize/chickpea rotation.

Keywords: No-tillage, Dry weight, Organic carbon, Soil nitrogen.

* Corresponding author E-mail: azizi.kh@lu.ac.ir

مقدمه

کل خاک در روش کشت مستقیم و باقی گذاردن بقایای گیاهی کمتر از روش خاک‌ورزی مرسوم و دفن کامل بقایا است (Heenan *et al.*, 1995). نتایج بررسی نظام‌های مختلف خاک‌ورزی در آیوا مرکزی نشان داد، عملکرد ذرت در نظام شخم نواری بر نظام دیسک برتری داشت و دو نظام یادشده عملکرد بیشتری نسبت به نظام بدون خاک‌ورزی داشتند (Al-Kaisi & Licht, 2004). استفاده از تناوب زراعی مناسب و مدیریت صحیح، برای کسب درآمد کافی از زمین و پایداری تولید لازم و ضروری است. کشت دو گیاه زراعی در سال و مدیریت مناسب برای حفاظت خاک در برابر فرسایش، از راه کاهش آیش فصلی و کسب درآمد از دو محصول همراه با کاربرد بهینه از نهاده‌ها می‌تواند در افزایش تولید در واحد سطح و پایداری آن مؤثر واقع شود. در مناطقی که محصولات پاییزه مانند نخود زود برداشت می‌شوند، می‌توان از گیاهان گرمادوستی مانند ذرت به‌عنوان کشت دوم استفاده کرد (Carbtree *et al.*, 1990; Mercau *et al.*, 2001; Heggenstaller *et al.*, 2008). آزمایشی طی ۶ سال به‌منظور بررسی اثرگذاری‌های تناوب ذرت و سویا روی عملکرد گیاهان انجام گرفت، نتایج نشان داد، در شرایط تناوب، گیاهان مورد بررسی بازده مصرف آب بیشتری داشتند و بهبود عملکرد در شرایط تناوب ناشی از افزایش بازده مصرف آب، افزایش سطح ریشه‌زایی و فعالیت بهتر ریشه‌های گیاه گزارش شد (Copeland *et al.*, 1993). در آزمایشی تأثیر نوع خاک‌ورزی و تناوب زراعی بر عملکرد ذرت، سویا و گندم بررسی شد، نتایج آن نشان داد که عملکرد ذرت ۱۰ درصد در حالت تک‌کشتی نسبت به شرایطی که گیاه در تناوب بود، کاهش یافت (Lund *et al.*, 1993). از سویی نیز گزارش شده است که تأثیر خاک‌ورزی حفاظتی در میزان عملکرد می‌تواند برابر یا حتی بهتر از خاک‌ورزی متداول باشد (Schillinger *et al.*, 2010). ذرت در سطح گسترده‌ای به‌عنوان گیاه دوم در منطقه کرج کشت می‌شود. به‌علت نبود اطلاعات علمی در مورد اثر خاک‌ورزی مختلف در تناوب زراعی نخود-ذرت بر ویژگی‌های شیمیایی خاک و عملکرد ذرت در

خاک مهم‌ترین عامل تولید محصولات زراعی است و عملیات خاک‌ورزی مؤثرترین نقش را در افزایش عملکرد محصول از نظر اقتصادی به عهده دارد. روش‌های مختلف خاک‌ورزی می‌توانند با تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر استقرار گیاه، رشد ریشه و اندام‌های هوایی و درنهایت عملکرد محصول تأثیر بگذارند (Cassel & Raczkowski, 1995). شیوه‌های خاک‌ورزی با تأثیر بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی (بیولوژیکی) خاک ممکن است باعث تغییر در رشد گیاه و عملکرد شود (Rashidi & Ozpinar and Cay, 2006; Keshavarzpour, 2009). در نظام‌های زراعی، کاهش عملیات شخم به دلیل محدودیت زمان در آماده‌سازی بستر و کاهش هزینه‌های تولید (Limon-Ortega *et al.*, 2002)، حفظ یا افزایش کیفیت خاک (Aziz *et al.*, 2013; Irfan *et al.*, 2013) ضروری است. بنابراین استفاده از نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی از جمله کشت مستقیم نسبت به خاک‌ورزی متداول در شرایط کشت دو محصول در یک سال زراعی به دلیل داشتن مزایایی همچون صرفه‌جویی در زمان و مصرف سوخت (Mock & Erbach., 1977; Webber *et al.*, 2006; Halvorson *et al.*, 1987)، افزایش میزان رطوبت، کاهش فرسایش آبی و بادی (Mock & Erbach., 1977; Webber *et al.*, 1987) و کاهش انتشار گازکربنیک خاک (Borie *et al.*, 2006) به‌عنوان راهکارهای مناسب در حفظ منابع آب‌و خاک و در راستای کشاورزی پایدار به شمار می‌آیند. همچنین گزارش شده است باقی گذاشتن بقایای گیاهی در نظام بدون خاک‌ورزی باعث بهبود ساختمان خاک و میزان کربن آلی می‌شود (Bear & Hendrix., 1994). گزارشی دیگر نشان داد، میزان بالایی از کربن آلی در خاک سطحی در نظام بدون خاک‌ورزی وجود دارد و باعث افزایش پایداری خاکدانه می‌شود (Carter & Rennie., 1982; Lal & Mahboubi., 1994). در بررسی تأثیر خاک‌ورزی، تناوب و مدیریت بقایای گیاهی نشان داد، کاهش کربن آلی و نیتروژن

ویژگی‌های خاک مورد آزمایش

به‌منظور تعیین بافت خاک و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن (در سال اول آزمایش و پیش از کشت)، شش نمونه خاک به‌صورت تصادفی از زمین محل اجرای آزمایش از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشته و به آزمایشگاه منتقل شد، که نتایج آن در جدول ۱، آورده شده است.

آماده‌سازی بستر و کشت

کشت ذرت پس از برداشت نخود و در اوایل تیرماه اجرا شد. پس از برداشت نخود، با انجام عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر برای کشت ذرت سیلویی در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی شامل حداقل خاک‌ورزی و کشت مستقیم بر پایه اندازه‌گیری وزنی، ۳۰ درصد از بقایای نخود بر سطح خاک زراعی حفظ شد. نگهداری حداقل ۳۰ درصد از بقایای گیاهی در سطح خاک مشخصه‌ای است که خاک‌ورزی حفاظتی را از روش‌های سنتی و متداول متمایز می‌کند (Hösl & Strauss, 2016). کشت ذرت پس از نخود به‌عنوان یک تناوب در نظر گرفته شد که به مدت دو سال اجرا شد.

شرایط منطقه، این بررسی با هدف انتخاب بهترین نوع روش خاک‌ورزی و رقم ذرت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و اقلیم منطقه مورد بررسی

این پژوهش در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشکده پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (واقع در کرج) با مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۲۲ متر از سطح دریا در طی دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۴ اجرا شد. اقلیم منطقه سرد و خشک و میانگین بارش ۳۰ ساله آن، ۲۵۰ میلی‌متر بود.

پیشینه زراعی زمین آزمایش

پیشینه زراعی زمین مورد آزمایش مربوط به کشت تناوبی گیاهان زراعی گندم، سویا، ذرت، نخود به مدت پنج سال زراعی بوده که در کنار نخود زراعی مندرج در این تحقیق به مدت دو سال زراعی در تناوب با ذرت علوفه‌ای مدت‌زمان هفت سال زراعی را شامل می‌شود.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of tested soil.

| Characteristics | K | P | Soil texture | Silt | Clay | Sand | OC | Total N | EC Extract saturation dSm ⁻¹ | Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | pH Extract saturation |
|-----------------|-------------------------------|------|--------------|------|------|------|------|---------|---|--------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| | Absorption mgkg ⁻¹ | | | % | | | | | | Me.l ⁻¹ | | | |
| | 244 | 16.2 | C.L | 38 | 29 | 33 | 0.85 | 0.11 | 1.27 | 2.75 | 4.4 | 1.19 | 8.5 |

برای انجام خاک‌ورزی متداول از دستگاه‌های متداول و مرسوم منطقه که به‌صورت کامل خاک‌ورزی را انجام می‌دهد استفاده شد. زمین پس از گاو رو شدن در آغاز با گاوآهن برگردان دار شخم عمیق (۲۵-۲۰ سانتی‌متری) زده و پس از آن دو دیسک عمود برهم با عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر برای نرم کردن کلوخ‌ها زده شد و در آخر با استفاده دستگاه تسطیح‌کننده، زمین تسطیح شد. برای کاشت بذر نیز از ردیف‌کار تراشکده استفاده شد (تردد ماشین‌ها برای آماده‌سازی و کاشت

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارها متشکل از ترکیب سه سطح عامل اصلی شامل: خاک‌ورزی متداول، خاک‌ورزی حداقل و کشت مستقیم و سه سطح عامل فرعی شامل رقم‌های ذرت سینگل کراس ۷۰۴ (دیررس)، Zp₆₇₇ (متوسط رس) و Maxima (با دوره رشد ۱۱۰-۱۰۵ روز مناسب برای کشت دوم) بودند. اندازه هر کرت اصلی ۱۵×۹ متر و کرت فرعی ۱۵×۳ متر در نظر گرفته شد.

دستگاه ردیف‌کار کشت مستقیم تراشکده استفاده شد که تنها بذر را در خاک می‌کارد بدون اینکه خاک شخم بخورد (تردد ماشین‌ها برای آماده‌سازی و کاشت بذر یک بار است). همچنین ویژگی‌های فنی دستگاه‌های مورد استفاده در عملیات خاک‌ورزی و کاشت بذر در جدول ۲ نشان داده شده است.

بذر ۵ بار است). در خاک‌ورزی حداقل، دستگاه شخم حداقل، یک دستگاه خاک‌ورز مرکب بود که برای آماده‌سازی زمین برای کشت تنها یک بار وارد زمین شد. پس از تهیه زمین، ردیف‌کار تراشکده برای کاشت بذر وارد زمین شد (تردد ماشین‌ها برای آماده‌سازی و کاشت بذر دو بار است). در تیمار کشت مستقیم، از

جدول ۲. ویژگی‌های فنی دستگاه‌های مورد استفاده در عملیات خاک‌ورزی و کاشت بذر
in tillage and seed planting operations of devices used characteristics Table 2. Technical

| سال ساخت | سرعت پیشروی (کیلومتر در ساعت) | ویژگی‌های فنی | دستگاه‌های مورد استفاده |
|----------|----------------------------------|---|-----------------------------|
| ۱۹۸۰ | ۸-۱۰ | مدل ۳۱۴۰ آلمان- آمریکا، ۹۰ اسب بخار، تک دیفرانسیل | تراکتور جان‌دیر |
| ۲۰۱۲ | ۱۰-۱۲ | مدل TM155، ۱۵۵ اسب بخار، جفت دیفرانسیل | تراکتور نیولند |
| ۱۳۶۹ | ۶-۸ | ۳ خیش، چرخ‌دار، یک‌سویه سوار | گلاوین برگردان دار |
| ۲۰۰۶ | ۸-۱۰ | خاک ورز مرکب (حفاظتی) پنج شاخه-5LMT-SCO | خاک ورز مرکب |
| ۱۳۶۰ | ۷-۸ مرحله اول و ۸-۱۰ مرحله دوم | مدل SNA32-22، ۳۶۰ سانتی‌متر، شمار پره ۳۲ | دیسک افست تاندوم |
| ۱۳۷۷ | ۱۲ | مدل SAR-M-805، تک اتصال به مالبنده، داری جک برای حمل‌ونقل، عرض کار ۳ متر | دستگاه تسطیح زمین |
| ۱۳۷۷ | ۱۲ | TARASHKADEH، ردیف‌کار پنوماتیکی، شش ردیفه بافاصله ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر، دارای تیغه پیش برنده برای کاشت بذر | ردیف‌کار کشت مستقیم تراشکده |
| ۱۳۶۳ | ۱۲ | ردیف‌کار پنوماتیکی، شش ردیفه بافاصله ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر | ردیف‌کار تراشکده |

ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک هر تیمار شد. اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری سطح خاک در نظر گرفته شد. برای نمونه‌گیری، پنج نمونه خاک از هر کرت آزمایش به صورت زیگزاگی گردآوری و مخلوط شد و آنگاه ۱ کیلوگرم از آن برای اندازه‌گیری صفات مربوطه به آزمایشگاه منتقل شد.

برای به دست آوردن میزان کربن آلی موجود در خاک، از روش (Fuentes *et al.*, 2016) استفاده شد. نیتروژن خاک نیز با استفاده از روش کج‌دال تعیین شد. pH خاک با استفاده از pH متر (Horiba pH meter, model D-52, Japan) مشخص شد. میزان شوری خاک با روش Kalra & Maynard (1994) با استفاده از دستگاه EC سنج (Iuchi meter, CyberScan 100, TDS/Conductivity meter, Singapore) اندازه‌گیری شد. روش انجام کار به این صورت بود که میزان ۵۰ گرم خاک را وزن کرده و داخل بوتله چینی شد و سپس گل اشباع تهیه شد آنگاه پس از ۲۴ ساعت توسط دستگاه سانتی‌فیوژ با قیف بوخنر عصاره خاک جدا شد سپس زیر الکتروود دستگاه EC سنج که پیشتر کالیبره شده است قرار

پس از آماده‌سازی زمین، کشت رقم‌های ذرت در اواسط تیرماه انجام شد. میزان بذر مصرفی ۳۵ کیلوگرم در هکتار (بر پایه وزن هزاردانه و هدف برداشت ذرت علوفه‌ای است) و فاصله بین ردیف و روی ردیف نیز به ترتیب ۷۵ و ۹ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هنگام کاشت با توجه به آزمایش خاک، میزان مطلوب نیاز کودی مزرعه استفاده شد. برای جوانه‌زنی و سبز شدن یکنواخت مزرعه، همه کرت‌ها بی‌درنگ پس از کشت آبیاری شدند. روش آبیاری در این کشت، سامانه آبیاری تحت فشار (کلاسیک) بود. به منظور دستیابی به تراکم مناسب، گیاه در یک مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله چهار برگی تنک شد. در طی دوره رشد برای مهار علف‌های هرز پهن‌برگ در مرحله ۸-۶ برگی ذرت به میزان ۱/۵ لیتر علف‌کش توفوردی و برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ بی‌درنگ ۲۴ ساعت پس از سم‌پاشی توفوردی به میزان ۲ لیتر در هکتار از علف‌کش کروز (نیکوسولفورون) استفاده شد.

ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک
در پایان تناوب زراعی در هر سال، اقدام به اندازه‌گیری

دو طرف نمونه برداری و به آزمایشگاه انتقال داده شد و وزن تر برگ، بلال و ساقه، وزن تر کل علوفه، وزن خشک برگ، بلال و ساقه و وزن خشک کل علوفه محاسبه شد.

تجزیه آماری

داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS (SAS Institute, 2001) با استفاده از دستور PROC GLM تجزیه شدند. پس از تعیین همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب برای هر قسمت جداگانه انجام شد (Burr & Foster, 1972; Shapiro and Wilk, 1965). مقایسه میانگین نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد (SAS Institute, 2001).

نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تنها تأثیر خاک‌ورزی بر اسیدیته، کربن آلی، پتاسیم و شمار و وزن کرم خاکی معنی‌دار بود. دیگر تیمارها تأثیری بر ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک نداشتند (جدول ۳).

داده و میزان EC خوانده شد. برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم از دستگاه نورسنج شعله‌ای (فلیم فتومتر) استفاده شد (Burt, 2004). در آغاز برای هر دو عنصر استانداردهای انجام شد و با استانداردهای به دست آمده دستگاه واسنجی (کالیبره) شد و منحنی مربوطه استخراج شد سپس نمونه‌ها مورد آزمایش قرار گرفت. برای پتاسیم از استانداردهای ۲-۴-۶-۸-۱۰ ppm نمک پتاسیم و برای سدیم از استانداردهای ۵-۱۰-۲۰-۳۰-۴۰-۵۰ ppm نمک سدیم استفاده شد.

برای اندازه‌گیری شمار کرم خاکی در مترمربع، پس از برداشت محصول از هر کرت آزمایش با استفاده از قاب چوبی ۱×۱ مترمربع با پنج تکرار برای هر نمونه، خاک تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با بیل زیررو شد. سپس شمار کرم خاکی با استفاده از دست جدا و شمار آن‌ها شمارش شد و برای محاسبه وزن آن‌ها، پنج تکرار برای هر نمونه با استفاده از ترازوی دیجیتال مدل GF3000 با حساسیت ۰.۰۱ گرم (۰/۰۱) توزین شد.

ویژگی‌های زراعی

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های ذرت، بدین ترتیب که دو خط از هر کرت آزمایشی پس از حذف اثر حاشیه از

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک در رقم‌های ذرت در تناوب با نخود
Table 3. Variance analysis of chemical and biological soil properties on silage corn cultivars in rotation with chickpea.

| S.O.V | Df | pH | EC | Total nitrogen | Organic carbon | Potassium | Sodium | Number of earthworm | Weight of earthworm |
|------------------------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Year | 1 | 9.21** | 15.19** | 0.01** | 0.61** | 5408** | 2.06** | 496.12** | 55.12** |
| Replication | 6 | 0.67 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 328.70* | 0.03 ^{ns} | 11.83 ^{ns} | 1.46 ^{ns} |
| Tillage | 2 | 8.95** | 0.04 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 0.07** | 420.72* | 0.01 ^{ns} | 70061.26** | 8568.31** |
| Tillage×Year | 2 | 0.00 ^{ns} | 0.06 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 21.5 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 1.54 ^{ns} | 0.00 ^{ns} |
| Tillage error | 12 | 0.27 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 61.53 | 0.04 | 9.27 | 0.82 |
| C.V | - | 6.76 | 14.38 | 9.14 | 6.60 | 3.16 | 8.44 | 4.16 | 4.26 |
| Cultivar | 2 | 0.10 ^{ns} | 0.04 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 63.01 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 1.68 ^{ns} | 0.01 ^{ns} |
| Cultivar×Year | 2 | 0.00 ^{ns} | 0.04 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 53.37 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 1.12 ^{ns} | 0.27 ^{ns} |
| Cultivar×Tillage | 4 | 0.08 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 16.38 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 10.28 ^{ns} | 0.00 ^{ns} |
| × Tillage × Year Cultivar | 4 | 0.00 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 21.5 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 7.10 ^{ns} | 0.00 ^{ns} |
| Total error | 36 | 0.46 | 0.03 | 0.00 | 0.01 | 138.73 | 0.05 | 14.76 | 1.76 |
| C.V | - | 8.75 | 9.98 | 14.18 | 8.24 | 4.75 | 9.26 | 5.25 | 5.11 |

*, ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و بدون معنی‌داری

*, ** and ns: significant at P=0.05, P=0.01 and no significant respectively.

متداول و خاک‌ورزی حداقل نسبت به کشت مستقیم بیشتر بود (جدول ۴). بالاتر بودن اسیدیته در

خاک‌ورزی باعث تغییر در میزان اسیدیته خاک شد، به طوری که اسیدیته خاک در تیمار خاک‌ورزی

انجام‌شده که به مقایسه تیمارهای بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی حداقل و خاک‌ورزی متداول به مدت چهار سال (Bhattacharyya *et al.*, 2008) و هشت سال (Tebrügge & Düring, 1999) نشان داد، میزان درصد کربن آلی در تیمارهای کشت مستقیم و خاک‌ورزی حداقل نسبت به خاک‌ورزی متداول بالاتر است. یکی از دلایل کاهش کربن آلی در خاک‌ورزی متداول ممکن است دلیل به هم خوردن ساختمان خاک و شکستن خاکدانه‌های درشت (ماکرو) با شخم‌های پیاپی و عمیق باشد و خاک‌ورزی به‌طور موقت باعث افزایش سطح اکسیژن در خاک و افزایش سرعت کانی شدن مواد آلی شده، بنابراین باعث افزایش رهاسازی CO₂ به اتمسفر می‌شود (Alvarez *et al.*, 1995). میزان پتاسیم خاک در خاک‌ورزی حداقل نسبت به دو تیمار دیگر بالاتر بود و در خاک‌ورزی متداول و کشت مستقیم همسان بود (جدول ۴).

خاک‌ورزی متداول در بررسی‌های Barzegar *et al.* (2003) و Duiker & Curran (2005) نیز گزارش شد. López-Fando & Pardo (2009) در نتایج آزمایشی در طی پنج سال عنوان کردند اسیدیته خاک در کشت مستقیم نسبت به خاک‌ورزی متداول پایین‌تر بود، که دلیل آن را اسیدی شدن خاک با تبدیل مواد آلی به کانی، نیتراتی شدن (نیتروفیکاسیون) کود نیتروژن اعمال‌شده و تراوش ریشه عنوان کردند. کربن آلی خاک نیز روند همسان اسیدیته خاک داشت، و میزان آن در خاک‌ورزی متداول کمتر بود. در سال دوم نسبت به سال اول آزمایش درصد کربن آلی افزایش یافت. در تیمار خاک‌ورزی متداول (۰/۸۳ درصد) درصد کربن آلی خاک نسبت به دو تیمار دیگر کمتر بود. بیشترین میزان کربن آلی در خاک‌ورزی حداقل (۰/۹۳ درصد) و کشت مستقیم (۰/۹۲ درصد) مشاهده شد (جدول ۴). گزارش Celik *et al.* (2011) نیز نشان داد، میزان کربن آلی در تیمار کشت مستقیم افزایش معنی‌داری نسبت به خاک‌ورزی متداول داشت. بررسی‌های

جدول ۴. مقایسه میانگین اسیدیته خاک، کربن آلی و پتاسیم خاک تحت خاک‌ورزی‌های مختلف در تناوب نخود-ذرت

Table 4. Means comparison of the average pH, organic carbon and potassium under different tillage in corn- chickpea rotation

| Treatment | pH | | | Organic carbon (%) | | | Potassium (Absorption mgkg ⁻¹) | | |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--|---------------------|---------------------|
| | 2014-15 | 2015-16 | Average | 2014-15 | 2015-16 | Average | 2014-15 | 2015-16 | Average |
| Conventional tillage | 7.81 ^a | 8.52 ^a | 8.16 ^a | 0.74 ^b | 0.93 ^b | 0.83 ^b | 236.92 ^b | 255.08 ^b | 246.00 ^b |
| Minimum tillage | 7.78 ^a | 8.48 ^a | 8.13 ^a | 0.84 ^a | 1.03 ^a | 0.93 ^a | 245.17 ^a | 260.33 ^a | 252.75 ^a |
| No-tillage | 6.73 ^b | 7.45 ^b | 7.09 ^b | 0.83 ^a | 1.01 ^a | 0.92 ^a | 235.75 ^b | 254.42 ^b | 245.08 ^b |

میانگین‌هایی با حرف‌های همسان در هر ستون، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Averages with the same letters in each column according to Duncan's multiple range test at P=0.05. show no significant difference

جدول ۵. مقایسه میانگین کرم خاکی تحت خاک‌ورزی‌های مختلف در تناوب نخود-ذرت

Table 5. Mean comparison of the average number and weight earthworm under different tillage in corn-chickpea rotation

| Treatment | Number earthworm per m ² | | | Weight earthworm (gm ²) | | |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| | 2014-15 | 2015-16 | Average | 2014-15 | 2015-16 | Average |
| Conventional tillage | 26.17 ^c | 31.75 ^c | 28.96 ^c | 9.16 ^c | 10.91 ^c | 10.03 ^c |
| Minimum tillage | 54.58 ^b | 59.25 ^b | 56.92 ^b | 19.10 ^b | 20.85 ^b | 19.98 ^b |
| No-tillage | 130.58 ^a | 136.08 ^a | 133.33 ^a | 45.70 ^a | 47.45 ^a | 46.58 ^a |

میانگین‌هایی با حرف‌های همسان در هر ستون، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری

Averages with the same letters in each column according to Duncan's multiple range test at P=0.05. show no significant difference

(2007; Raimbault & Vyn, 1991). با کاهش عملیات

خاک‌ورزی و تردد ماشین‌ها، شمار و وزن کرم خاکی

خاک‌ورزی حداقل باعث افزایش میزان پتاسیم در

لایه‌های بالایی خاک شود (Najafinezhad *et al.*,)

متأثر از تغییرات شخم و مدیریت خاک است (Izquierdo *et al.*, 2003; Yang *et al.*, 2011). بالا بودن شمار و وزن کرم خاکی در این پژوهش در تیمار کشت مستقیم به ترتیب با ۱۳۳/۳ و ۴۶/۵ گرم در مترمربع مشاهده شد که این نتایج ارتباط مستقیمی به بالا بودن میزان کربن آلی خاک دارد که در نظام کشت مستقیم میزان آن (۰/۹۲ درصد) بود.

ویژگی های زراعی

نتایج تجزیه واریانس نشان می دهد برهمکنش شخم × سال بر وزن تر برگ، وزن تر و خشک ساقه، بلال و کل علوفه معنی دار بود (جدول ۶).

افزایش یافته است به طوری که شمار و وزن کرم خاکی در تیمار کشت مستقیم نسبت به خاک ورزی متداول به ترتیب ۴/۶ و ۴/۶ برابر شده است (جدول ۵).

خاک ورزی متداول اثرگذاری منفی بر ویژگی های شیمیایی و زیستی خاک دارد (Carter & Stewart, 1996). خاک ورزی متداول باعث اختلال در فعالیت میکروبی و پایداری خاکدانه و نیز کاهش مواد آلی خاک می شود (Bayer *et al.*, 2001). از سویی گزارش شده است که فعالیت های زیستی در نظام کشت مستقیم نسبت به نظام های خاک ورزی بیشتر است (Omidi *et al.*, 2008). ویژگی های زیستی به شدت

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر خاک ورزی های مختلف بر صفات زراعی ذرت علوفه ای

Table 6. Variance analysis of different tillage on silage corn agricultural treats.

| S.O.V | Df | Leaf wet weight | Leaf dry weight | Stem wet weight | Stem dry weight | Ear wet weight | Ear dry weight | plant wet weight | plant dry weight |
|---------------------------|----|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Year | 1 | 35507.12 ^{ns} | 44536.04 ^{**} | 3178779.41 ^{**} | 431477.73 ^{**} | 437996.52 ^{ns} | 109425.76 ^{**} | 610280.29 ^{ns} | 321307.24 [*] |
| Replication | 6 | 98433.42 ^{ns} | 5299.10 ^{ns} | 45343.69 ^{ns} | 9085.60 ^{ns} | 37121.05 ^{ns} | 1932.07 ^{ns} | 73797.51 ^{ns} | 76544.10 ^{ns} |
| Tillage | 2 | 156109.65 [*] | 11383.28 [*] | 262908.62 ^{**} | 31709.35 ^{**} | 183450.43 [*] | 26187.17 ^{**} | 1841946.20 ^{**} | 232855.19 ^{**} |
| Tillage×Year | 2 | 109162.98 [*] | 7384.68 ^{ns} | 210759.99 ^{**} | 31396.98 ^{**} | 274130.06 ^{**} | 37055.39 ^{**} | 1926046.20 ^{**} | 243411.04 ^{**} |
| Tillage error | 12 | 23574.68 | 2017.80 | 8038.52 | 2435.59 | 32283.68 | 1150.61 | 46993.12 | 10914.62 |
| C.V | - | 14.89 | 13.08 | 5.10 | 7.57 | 10.62 | 5.33 | 4.61 | 6.12 |
| Cultivar | 2 | 15341.18 ^{ns} | 40.58 ^{ns} | 273062.93 ^{**} | 42282.04 ^{**} | 94026.30 ^{ns} | 12864.02 ^{**} | 830050.71 [*] | 115094.11 ^{ns} |
| Cultivar×Year | 2 | 16936.60 ^{ns} | 7961.96 ^{ns} | 979.50 ^{ns} | 715.94 ^{ns} | 5335.11 ^{ns} | 741.58 ^{ns} | 145923.55 ^{ns} | 14560.97 ^{ns} |
| Cultivar × Tillage | 4 | 16155.66 ^{ns} | 2434.92 ^{ns} | 30409.15 ^{ns} | 4938.71 ^{ns} | 16424.15 ^{ns} | 2470.67 ^{ns} | 105023.18 ^{ns} | 20408.23 ^{ns} |
| × Tillage × Year Cultivar | 4 | 13091.10 ^{ns} | 833.42 ^{ns} | 5395.26 ^{ns} | 505.01 ^{ns} | 5365.87 ^{ns} | 720.58 ^{ns} | 15538.27 ^{ns} | 1247.54 ^{ns} |
| Total error | 36 | 64516.65 | 4447.73 | 37694.44 | 6994.70 | 135557.24 | 2115.66 | 206221.17 | 69146.40 |
| C.V | - | 24.63 | 19.43 | 11.02 | 12.83 | 21.76 | 7.23 | 9.65 | 15.42 |

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و بدون معنی داری

*, ** and ns: significant at P=0.05, P=0.01 and no significant respectively.

بدون خاک ورزی، خاک بدون شرایط مناسب برای رشد گیاه است. همچنین کمترین وزن خشک برگ نیز در تیمار کشت مستقیم مشاهده شد (جدول ۷). نتایج تحقیقی در این ارتباط نشان داد، بیشترین وزن تر برگ ذرت را در بین تیمارهای خاک ورزی مربوط به خاک ورزی حداقل بود (Ghanbaryan *et al.*, 2013). در گزارشی دیگر، وزن تر برگ ذرت در تیمارهای خاک ورزی حداقل و کشت مستقیم نسبت به خاک ورزی متداول بیشتر بود (Haddadi, 2016). بدون کاهش وزن تر برگ در خاک ورزی حداقل در مقایسه با خاک ورزی متداول را می توان به دلیل حفظ

وزن تر برگ و بلال در تیمارهای خاک ورزی متداول و حداقل در هر دو سال تفاوت معنی داری با هم نداشتند. افزایش رشد برگ و تولید بلال های سنگین در خاک ورزی مرسوم و حفاظتی ممکن است به دلیل دسترسی بیشتر به عنصرهای غذایی (Halvorson *et al.*, 2006) و تجمع گرمایی بیشتر باشد (Beyaert *et al.*, 2002). کمترین وزن تر برگ و بلال در سال اول در تیمار کشت مستقیم مشاهده شد (جدول ۷). نتایج بررسی های Franchini *et al.* (2012)، کمتر بودن وزن تر بلال در تیمار کشت مستقیم را نشان داد. آنان بیان داشتند که در تیمار

مواد آلی خاک و کاهش فشردگی خاک در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و جذب بهتر رطوبت شده در نتیجه وزن تر برگ و بلال بهبود یافت.

رطوبت خاک و کاهش تبخیر از سطح خاک و در اختیار قرار گرفتن آب مورد نیاز گیاه در طی دوره رشد دانست. وزن تر برگ و بلال در تیمار کشت مستقیم در سال دوم نسبت به سال اول به ترتیب ۱۸ و ۲۲ درصد افزایش داشت (جدول ۷). افزایش میزان

جدول ۷. مقایسه میانگین تأثیر خاک‌ورزی بر ویژگی‌های زراعی ذرت علوفه‌ای

Table 7. Means comparison of the average effect of different tillage on agricultural traits (gm²) of Silage corn

| Tillage | Year | Leaf wet weight | Leaf dry weight | Stem wet weight | Stem dry weight | Ear wet weight | Ear dry weight | Total wet weight | Total dry weight |
|----------------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| Conventional tillage | 2013-14 | 1029.74 a | 350.58 a | 1707.68 c | 631.84 b | 1747.66 a | 646.63 ab | 5044.84 a | 1791.95 a |
| | 2014-15 | 1041.72 a | 369.14 a | 2036.68 a | 747.40 a | 1780.57 a | 682.25 a | 4858.97 ab | 1798.79 a |
| Minimum tillage | 2013-14 | 1144.81 a | 329.65 a | 1599.75 c | 591.91 b | 1700.33 a | 629.12 b | 4799.87 ab | 1705.75 a |
| | 2014-15 | 1073.51 a | 372.58 a | 1895.65 b | 702.52 a | 1732.58 a | 658.76 ab | 4701.74 b | 1733.87 a |
| No-tillage | 2013-14 | 851.79 b | 274.67 a | 1346.29 d | 498.13 c | 1393.18 b | 515.48 c | 3986.04 c | 1417.10 b |
| | 2014-15 | 1044.35 a | 362.40 a | 1982.10 ab | 736.43 a | 1795.99 a | 684.13 a | 4822.43 ab | 1782.96 a |
| Average | | | | | | | | | |
| Conventional tillage | - | 1035.73 a | 359.86 a | 1872.18 a | 689.62 a | 1764.11 a | 664.44 a | 4951.90 a | 1795.37 a |
| Minimum tillage | - | 1109.16 a | 351.12 a | 1747.70 ab | 647.21 ab | 1716.45 a | 643.94 a | 4750.81 ab | 1719.81 a |
| No-tillage | - | 948.07 b | 318.54 b | 1664.20 b | 617.28 b | 1594.59 b | 599.80 b | 4404.24 b | 1600.03 b |

میانگین‌هایی با حرف‌های همسان در هر ستون، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Averages with the same letters in each column according to Duncan's multiple range test at P=0.05. show no significant difference

افزایش مواد آلی خاک در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و کشت مستقیم در سال دوم آزمایش منجر به رشد بهتر گیاه و افزایش وزن ساقه شد. در سال اول، بیشترین وزن خشک بلال در تیمار خاک‌ورزی متداول مشاهده شد و با خاک‌ورزی حداقل اختلاف معنی‌داری نداشت. این نتیجه با نتایج بررسی‌های Franchini *et al.* (2012) همخوانی دارد. در سال دوم در تیمار خاک‌ورزی متداول و کشت مستقیم به ترتیب ۶۸۲/۲ و ۶۸۴/۱ گرم در مترمربع به دست آمد همچنین وزن خشک بلال در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول در همه تیمارهای خاک‌ورزی افزایش یافت که این افزایش در تیمار کشت مستقیم ۲۴/۶ درصد بود (جدول ۷). وجود بقایای بیشتر در تیمار حفظ بقایا و نظام خاک‌ورزی حداقل با ساکن سازی نیتروژن و یا کاهش دمای محیط، سرعت رشد گیاه را کاهش داده است (Limon-Ortega *et al.*, 2000; Licht & Beyaert *et al.*, 2002). اما نتایج تحقیقات Al-Kaisi (2005) روی ذرت نشان داد، تفاوت

در سال اول آزمایش، بیشترین وزن تر و خشک ساقه در خاک‌ورزی متداول و خاک‌ورزی حداقل مشاهده شد. از دلایل بیشتر بودن وزن ساقه در خاک‌ورزی متداول و حفاظتی در سال اول آزمایش، کاهش فشردگی خاک و جذب بهتر عنصرهای غذایی توسط گیاه در طی دوره رشد و در نتیجه افزایش سرعت رشد گیاه است (Curran & Duiker, 2005).

وزن تر و خشک ساقه در سه نوع تیمار خاک‌ورزی در سال دوم نسبت به سال اول آزمایش افزایش یافت که میزان افزایش در تیمار کشت مستقیم بیشتر و به ترتیب ۳۲/۱ و ۳۲/۲ درصد بود. بیشترین وزن تر ساقه در خاک‌ورزی متداول و کشت مستقیم در سال دوم به ترتیب به میزان ۲۰۳۶/۷ و ۱۹۸۲/۱ گرم در مترمربع مشاهده شد. همچنین بیشترین وزن خشک ساقه در هر سه نوع خاک‌ورزی در سال دوم مشاهده شد. در نتایج بررسی دیگری نیز وزن خشک ساقه در خاک‌ورزی‌های مختلف همسان گزارش شد (Haddadi, 2016). بهبود شرایط فیزیکی خاک با

کلسیم کاهش یافت. افزایش وزن خشک و تر علفه کل در نظام کشت مستقیم در سال دو آزمایش، نشان دهنده بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و رشد بهتر گیاه در سال دوم آزمایش بوده است. همچنین در تناوب قرار گرفتن ذرت با یک لگوم به دلیل وجود تثبیت زیستی نیتروژن در ریشه نخود و افزایش میزان نیتروژن خاک باعث فراهم شدن بهتر عنصرهای غذایی در طی رشد ذرت شده است. در سامانه بدون خاک‌ورزی به دلیل نبود پسماندها در اعماق مختلف خاک، میزان نیتروژن خاک برای کشت ذرت نسبت به خاک‌ورزی متداول کمتر است (Meisinger *et al*, 1985). یک روش برای حل این دشواری تأمین نیتروژن استفاده از گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن در تناوب با ذرت است. در این بررسی، تداوم استفاده از نخود به‌عنوان یک محصول بینابین باعث افزایش میزان نیتروژن در خاک برای استفاده گیاه در سال دوم آزمایش شد. تأثیر دوگانه خاک‌ورزی و رقم تأثیری بر ویژگی‌های زراعی ذرت نداشت. اثر ساده رقم‌ها نشان داد، در بین رقم‌ها، بیشترین میزان وزن خشک و تر ساقه، وزن خشک بلال و وزن تر علفه کل در رقم Zp₆₇₇ به ترتیب به میزان ۱۸۶۶/۵، ۶۹۱/۵، ۶۶۴/۴ و ۴۸۹۶/۹ گرم در مترمربع مشاهده شد و کمترین آن‌ها در رقم سینگل گراس ۷۰۴ به دست آمد (جدول ۸).

معنی‌داری در عملکرد ذرت بین خاک‌ورزی‌های مختلف وجود ندارد که با نتایج این بررسی در سال دوم همخوانی دارد. همچنین Haddadi (2016) در گزارشی روی ذرت علفه‌ای عنوان کرد وزن خشک بلال در تیمارهای کشت مستقیم و خاک‌ورزی متداول یکسان بود. بیشترین و کمترین وزن تر علفه کل به ترتیب در تیمارهای خاک‌ورزی متداول (۵۰۴۴/۸ گرم در مترمربع) و کشت مستقیم (۳۹۸۶ گرم در مترمربع) در سال اول مشاهده شد. کاهش استقرار و رشد اولیه گیاهچه و تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک از دلایلی است که در آزمایشی دیگر برای کاهش عملکرد گیاه در نظام‌های کشت مستقیم عنوان کردند (Hammel, 1995). وزن خشک بلال در سال دوم آزمایش در هر سه تیمار خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند که با نتایج بررسی (Haddadi, 2016) همخوانی دارد. افزایش قابل ملاحظه‌ای در وزن تر و خشک علفه کل در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول در تیمار کشت مستقیم مشاهده شد که میزان این افزایش به ترتیب ۱۷ و ۲۰ درصد بود (جدول ۷). کمترین وزن تر و خشک علفه کل در تیمار کشت مستقیم به ترتیب با ۳۹۸۶ و ۱۴۱۷ گرم در مترمربع در سال اول مشاهده شد. در نتایج آزمایشی یک‌ساله (Morachan *et al*, 1972) نشان دادند، با افزایش بقایای گیاهی در واحد سطح خاک، وزن خشک کل ذرت به دلیل کاهش اسیدیته و کمبود

جدول ۸. مقایسه میانگین صفات زراعی رقم‌های ذرت علفه‌ای

Table 8. Comparison of the average of agricultural traits (gm²) of silage corn cultivars

| Cultivars | Leaf wet weight | Leaf dry weight | Stem wet weight | Stem dry weight | Ear wet weight | Ear dry weight | Total wet weight | Total dry weight |
|-------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| SC 704 | 1048.5 ^a | 341.7 ^a | 1653.23 ^b | 607.81 ^b | 1648.9 ^a | 619.02 ^b | 4526.35 ^b | 1639.3 ^a |
| Zp ₆₇₇ | 1002 ^a | 344.3 ^a | 1866.5 ^a | 691.55 ^a | 1763.5 ^a | 662.42 ^a | 4896.89 ^a | 1777.9 ^a |
| Maxima | 1042.3 ^a | 343.3 ^a | 1764.33 ^{ab} | 654.75 ^{ab} | 1662.6 ^a | 626.71 ^b | 4683.7 ^{ab} | 1698.4 ^a |

میانگین‌هایی با حرف‌های همسان در هر ستون، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Averages with the same letters in each column according to Duncan's multiple range test at P=0.05. show no significant difference

سرماهی انتهای دوره رشد استفاده از رقم‌های زودرس‌تر عملکرد بهتری دارند (Nielsen *et al*, 1994). بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مناسب‌ترین رقم برای کشت ذرت سیلویی در کشت

رقم‌های دیررس به دلیل دوره رشد طولانی نسبت به رقم‌های زودرس عملکرد بهتری دارند (Shahkarami & Rafiee, 2009). اما در شرایط کوتاه بودن دوره رشد (کشت به‌عنوان محصول دوم) و وجود

مشاهده نشد. میزان ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در سال دوم نسبت به سال اول افزایش یافت این افزایش در تیمار کشت مستقیم بیشتر بود. افزایش بیشتر میزان ویژگی‌های رشدی در سال دوم آزمایش در تیمار کشت مستقیم در نتیجه بهبود شرایط فیزیکی و زیستی خاک و افزایش عنصرهای غذایی خاک در تناوب نخود-ذرت بود. خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر رقم‌های ذرت نداشت. بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب در رقم Zp677 و سینگل گراس ۷۰۴ مشاهده شد که می‌توان گفت رقم‌های با دوره رشد کوتاه‌تر در کشت دوم عملکرد بهتری خواهند داشت. با توجه به نتایج، استفاده از خاک‌ورزی حداقل و کشت مستقیم را به دلیل کاهش مصرف آب، افزایش مواد آلی خاک می‌توان جایگزین خاک‌ورزی رایج در تناوب نخود-ذرت به کشاورزان منطقه پیشنهاد و تأیید کرد.

دوم در تناوب نخود-ذرت با توجه به شرایط آب‌وهوای معتدل سرد منطقه کرج، رقم Zp677 پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک در تناوب نخود-ذرت نشان داد، اسیدیته خاک و درصد کربن آلی در تیمار خاک‌ورزی متداول نسبت به تیمارهای خاک‌ورزی حداقل و کشت مستقیم کمتر بود. تیمار کشت مستقیم باعث افزایش فعالیت زیستی خاک شد، به طوری که بیشترین شمار و وزن کرم خاکی در تیمار کشت مستقیم مشاهده شد. خاک‌ورزی تأثیری بر شوری خاک، نیتروژن کل و سدیم خاک نداشت. بررسی ویژگی‌های زراعی نیز نشان داد، بین تیمارهای خاک‌ورزی متداول و حداقل از نظر وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک بلال و وزن خشک کل برتری

REFERENCES

- Al-Kaisi, M. & Licht, M.A. (2004). Effect of strip tillage on corn nitrogen uptake and residual soil nitrate accumulation compared with no-tillage and chisel plow. *Agronomy Journal*, 96(4), 1164-1171.
- Alvarez, R., Díaz, R.A., Barbero, N., Santanotoglia, O.J. Blotta, L. (1995). Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. *Soil and Tillage Research*, 33, 17-28.
- Aziz, I., Mahmood, T., Raut, Y., Lewis, W., Islam, R. Weil, R.R. (2013). Active organic matter as a simple measure of field soil quality. *Soil and Tillage Research*, 131, 28-35.
- Barzegar, A. R., Asoodar, M. A. Khadish, A. & Hashemi. A. M. (2003) Soil physical characteristics and chickpea yield responses to tillage treatments. *Soil and Tillage Research*, 71: 49-57.
- Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Pillon, C.N. Sangoi, L. (2001). Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping system. *Soil Science Society of America Journal*, 65, 1473-1478.
- Bear, M.H. & Hendrix, P.F. (1994). Water stable aggregates and organic carbon fractions in conventional and no tillage soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 777-786.
- Beyaert, R.P., Schott, J.W. & White, PH., (2002). Tillage effect on corn production in a Coarse-Textured soil in Southern Ontario. *Agronomy Journal*, 94: 767-774.
- Bhattacharyya, R., Kundu, S., Pandey, S.C., Singh, K.P. Gupta, H.S. (2008). Tillage and irrigation effects on crop yields and soil properties under the rice-wheat system in the Indian Himalayas. *Agriculture water management*, 95, 993-1002.
- Borie, F., Rubio, R., Rouanet, J.L., Morales, A., Borie, G., Rojas, C. (2006). Effects of tillage systems on soil characteristics, glomalin and mycorrhizal propagules in a Chilean Ultisol. *Soil and Tillage Research*, 88, 253-261.
- Burr, I.W. Foster, L.A., (1972). *A Test for Equality of Variances*. University of Purdue, West Lafayette, USA (26 Mimeo series, 282).
- Burt, R. (2004). Soil survey laboratory methods manual. NRCS Soil Survey Investigations Report No. 42.
- Carbtree, R.J., Parter, J.D. & Mbolde, P. (1990). Long term wheat, soybean and grain sorghum double cropping under rain-fed conditions. *Agronomy Journal*, 82: 683-686.
- Carter, M.R. & Rennie, D.A. (1982). Changes in soil quality under zero tillage farming system: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potential. *Canadian journal of soil science*, 62: 587-597.
- Carter, M.R. Stewart, B.A. (1996). *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. Advances in Soil Science. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 182-245.

15. Cassel, C.W. & Raczkowski, D.K. (1995). Tillage effects on corn production and soil physical conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 59: 1436-1443.
16. Celik, I., Barut, Z.B., Ortas, I., Gok, M., Demirbas, A., Tulun, Y. & Akpinar, C. (2011). Impacts of different tillage practices on some soil microbiological properties and crop yield under semi-arid Mediterranean conditions. *International Journal of Plant Production*, 5 (3): 237-254.
17. Copeland, P. J., Allmaras, R. R., Crookston, R. H. & Nelson, W. W. (1993). Corn, Soybean rotation effects on soil water depletion. *Agronomy Journal*, 85: 203-210.
18. Duiker, S.W. & Curran, W.S. (2005) Rye cover crop management for corn production in the northern mid-atlantic region. *Agronomy Journal*, 97: 1413-1418.
19. Franchini, J.C., Debiassi, H., Balbinot Junior, A.A., Tonon, B.C., Boucas Farias, J.R., de Oliveira, M.C.N. Torres E. (2012). Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern. Brazil. *Field Crops Research*, 137:178–185.
20. Fuentes, M., Baigorri, R and González-gaitano, G. (2016). New methodology to assess the quantity and quality of humic substances in organic materials and commercial products for agriculture. *Journal Soils Sediments*, 11368-016-1514-2.
21. Ghanbaryan Alavijeh H. R., Ahmadi Chenarbon, H., Zand B. (2013). Effect of different tillage methods on soil physical properties and yield of two varieties of forage maize in varamin province. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6-15:1092-1098.
22. Haddadi, MH., (2016). The effects of tillage system and varieties on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 5-1: 16-20
23. Halvorson, A.D., Mosier, A.R., Reule, C.A., & Bausch, W.C. (2006). Nitrogen and tillage effects on irrigated continuous corn yields. *Agronomy Journal*, 98: 63-71.
24. Hammel, J.E. (1995). Long-term tillage and crop rotation effects on winter production in northern Idaho. *Agronomy Journal*, 87: 16-22.
25. Heenan, DP., WJ. Mcghie, & Thomson FM. (1995). Decline in soil organic carbon and total nitrogen in relation to tillage, stubble management and rotation. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 35 (7): 877-884
26. Heggenstaller, A.H., Anex, R.P., Liebman, M., Sundberg, D.N. & Gibson, L.R. (2008). Productivity and nutrient dynamics in bioenergy double-cropping systems. *Agronomy Journal*, 100: 1740-1748.
27. Hösl, R. & Strauss, P. (2016). Conservation tillage practices in the alpine forelands of Austria- Are they effective? *Catena*, 137 :44- 51.
28. Institute, S.A.S. (2001). *Proprietary of Software*, Version 8.2, 6th ed. SAS Institute, Cary, NC, USA.
29. Irfan, A., Tariq, M. Rafiq Islam, K., (2013). Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. *Soil and Tillage Research*, 131, 28–35.
30. Izquierdo, I., Caravaca, F., Alguacil, M.M. Roldan, A. (2003). Changes in physical and biological soil quality indicators in a tropical crop system (Havana, Cuba) in response to different agro ecological management practices. *Journal of Environmental Management*, 32, 639-645.
31. Kalra, Y.P. Maynard, D.G. (1994). Particle-size analysis. *Methods Manual for Forest Soil and Plant Analysis*. Canadian Forest Service, Edmonton, Alberta, Canada. Inform Repo NOR-X-319, 42–53.
32. Lal, R. & Mahboubi, A. (1994). Long term tillage and rotation effects on properties of central Ohio soils. *Soil Science Society of America Journal*, J. 58: 517-522.
33. Licht, M.A. & Al-Kaisi, M. (2005). Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. *Soil & Tillage Research*, 80(1), 233-249.
34. Limon-Ortega, A., Sayer, K. D., Drijber, R. A. & Francis, C. A. (2002). Soil attributes in a furrow-irrigated bed planting system in north-west Mexico. *Soil and Tillage Research*, 63: 123-132.
35. Limon-Ortega, A., Sayre, K.D. & Francis, C.A. (2000). Wheat and maize yields in response to straw management and nitrogen under a bed planting system. *Agronomy Journal*, 92: 295-302.
36. López-Fando, C. & Pardo, M.T. (2009): Changes in soil chemical characteristics with different tillage practices in a semi-arid environment. *Soil and Tillage Research*, 104: 278–284.
37. Lund, M. G., Carter, P. R. and Oplinger, E. S. 1993. Tillage and crop rotation affect corn, soybean, and winter wheat yields. *Journal of Production Agriculture*, 6: 207 213.
38. Meisinger, J. J., Bandel, V. A., Stanford, G. & Legg, J. O. (1985). Nitrogen utilization of corn under minimal tillage and moldboard plow tillage. I. Four-year results using labeled N fertilizer on an Atlantic coastal plain soil. *Agronomy Journal*, 77(4): 602-611.
39. Mercau, J.L., Sadras, V.O., Satorre, E.H., Balbi, C., Uriblarrea, M. & Hall, A.J. (2001). On-farm assessment of regional and seasonal variation in sunflower yield in Argentina. *Agricultural Systems*, 67: 83-103.
40. Mock, J.J. & Erbach, D.E. (1977). Influence of conservation tillage environments on growth and productivity of corn. *Agronomy Journal*, 69: 337-340.

41. Mohammad Hossein Haddadi, (2016). The Effects of Tillage System and Varieties on Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 16-20: 16-20.
42. Morachan, Y.B., Molden hauer, W.C. & Larson, W.E. (1972). Effects of increasing amounts of organic residue on continuous corn: I. Yield and soil physical properties. *Agronomy Journal*, 64: 199-203
43. Najafinezhad, A., Javaheri, MA., Gheibi, M. & Rostamia, MA. (2007). Influence of Tillage Practices on the grain yield of maize and some soil properties in maize-wheat cropping system of Iran. *Journal of Agriculture and Social Science*, 3(3): 1813-2235.
44. Nielsen, RL., Thomison, PR., Brown, GA. & Halter, AL. (1994). Hybrid maturity selection for delayed planting: Do GDD maturity ratings help? P. 191-205. In: Rep. Annual Corn and Sorghum Industry Res. Conf., 49th, Chicago. 7-8 Dec. American Seed Trade Association, Washigton, DC.
45. Omid, H., Tahmasebi, Z., Torobi, H. Miransari, M. (2008). Soil enzymatic activities and available P and Zn as affected by tillage practices, canola (*Brassica napus* L.) cultivars and planting dates. *European Journal of Soil Biology*, 44, 443-450.
46. Ozpinar, S. & Cay, A. (2006). Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-loam soil in semi-arid north-western Turkey, *Soil and Tillage Research*, 88 (1-2): 95-106.
47. Raimbault, B.A. & Vyn. T.J. (1991). Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. *Agronomy Journal*, 83:979-985.
48. Rashidi, M. & Keshavarzpour, F. (2009). Effect of Different Tillage Methods on Grain Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.), *International Journal of Agriculture and Biology*, 9 (2): 274-277.
49. Schillinger, W. F., Young, D. L., Kennedy, A. C. paulitz, T. C., (2010). Diverse no-till irrigated crop rotations instead of burning and plowing continuous wheat. *Field Crops Research*, 115 (1): 39-49.
50. Shahkarami, G. & Rafiee, M. (2009). Response of corn (*Zea mays* L.) to planting pattern and density in Iran. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*, 5: 69-73.
51. Shapiro, S.S. Wilk, M.B. (1965). An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, 52: 591-611.
52. Tebrügge, F., Düring, R.A., (1999). Reducing tillage intensity- a review of results from a long-term study in Germany. *Soil and Tillage Research*, 53, 15-28.
53. Webber, C.L., Gebhardt, M.R. & Kerr, H.D. (1987). Effect of tillage on soybean growth and production. *Agronomy Journal*, 79: 952-956.
54. Yang, X., Chen, C., Luo, Q., Li, L. Yu, Q. (2011). Climate change effects on wheat yield and water use in oasis cropland. *International Journal of Plant Production*, 5: 83-94.