نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۳۰۷-۲۹۵

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 295-307

اثر مدیریت تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی

عصمت محمدی[۱]، حمیدرضا اصغری[۲]*، احمد غلامی[۲] و سرور خرم دل[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۰

محمدی، ع.، اصغری، ح.ر.، غلامی، ا.، و خرم دل، س. ۱۳۹۸. اثر مدیریت تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱): ۳۰۷-۲۹۵.

چکیده

به منظور بررسی اثر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت تغذیه‌ای بر گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ (*Zea mays* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سیستم‌های خاک‌ورزی در دو سطح (مرسوم و کم‌خاک‌ورزی) به عنوان عامل اصلی و مدیریت تغذیه‌ای در هفت سطح شامل (شاهد، کود شیمیایی، کود دامی، بیوچار، کود شیمیایی + دامی، کود شیمیایی + بیوچار و کود دامی + بیوچار) به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که مدیریت تغذیه‌ای اثر معنی‌داری بر عناصر غذایی، پروتئین دانه، ویژگی‌های بلال، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت داشت.کمترین و بیشترین نیتروژن دانه، وزن بلال، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به ترتیب مربوط به شاهد و کود شیمیایی بود. کود شیمیایی + دامی نیتروژن دانه، وزن بلال، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را به ترتیب ۱۳/۸۹، ۴۷/۵۶،۰۴/۱۹ و ۶۰/۴۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین کود شیمیایی + بیوچاربه ترتیب باعث افزایش ۱۴/۸۱، ۵۲/۷۸، ۴۲/۶۹ و ۵۶/۳۲ درصدی نیتروژن دانه، وزن بلال، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. کود شیمیایی + دامی و کود شیمیایی + بیوچار با کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. همچنین بین دو سطح خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری در عناصر غذایی، پروتئین دانه، ویژگی‌های بلال، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت مشاهده نشد. بنابراین می‌توان به منظور جلوگیری از اثرات مخرب خاک‌ورزی مرسوم و آلایندگی خاک‌های اراضی زراعی به کود شیمیایی نیتروژن و حفظ کیفیت و سلامت خاک، استفاده از کم‌خاک‌ورزی به همراه کود شیمیایی + دامی و کود شیمیایی + بیوچار را توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، پروتئین دانه، خاک‌ورزی مرسوم، عملکرد دانه، کم‌خاک‌ورزی، کود دامی

مقدمه

استفاده از سیستم‌های خاک‌ورزی رایج به شدت لایه سطحی خاک را تخریب می‌کنند (Six et al., 1999). در کوتاه‌مدت این نوع سیستم‌های خاک‌ورزی، محیط فیزیکی مناسبی را برای جوانه‌زنی، رشد اولیه سریع گیاه، جذب عناصر غذایی و عملکرد بالای محصول فراهم می‌کنند، ولی به هر حال در طولانی مدت باعث تخریب ساختمان خاک، افزایش معدنی شدن ماده آلی، کاهش محتوای عناصر غذایی خاک، فشردگی و فرسایش خاک می‌شوند همه این فرآیندها ساختار خاک را تخریب می‌کند و مانع از پایداری اراضی زراعی می‌شود (Fernandez et al., 2009). از این‌رو، اتخاذ شیوه‌های خاک‌ورزی حفاظتی[۱]، به عنوان مثال سیستم‌های بدون‌خاک‌ورزی[۲] و کم‌خاک‌ورزی[۳] به میزان زیادی در دو دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است (Triplett & Dick, 2008). خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل فواید آن شامل کاهش فرسایش خاک، صرفه‌جویی در زمان، نیروی کار، آب، سوخت و بهبود کیفیت خاک یکی از تکنولوژی‌های مهم در کشاورزی پایدار می‌باشد.

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکترای اکولوژی گیاهان زراعی و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
۳- دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: hamidasghari@gmail.com)

DOI:10.22067/jag.v11i1.65869
1- Conservation tillage
2- No tillage
3- Reduced tillage

در بررسی سه سیستم خاک‌ورزی مرسوم (گاوآهن برگرداندار + دوبار دیسک + ماله)، کم‌خاک‌ورزی (دوبار دیسک) و بی‌خاک‌ورزی (کاشت مستقیم بذر) افضلی‌گروه و همکاران (Afzaligrouh et al., 2012) گزارش کردند که خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی به ترتیب با میانگین ۹۶۳۸/۷۵۰ و ۹۸۳۵/۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه ذرت را به خود اختصاص دادند و از نظر آماری در یک گروه و بی‌خاک‌ورزی با کمترین عملکرد ۷۲۵۷/۵ کیلوگرم در هکتار در گروه دیگر قرار گرفت. همچنین نتایج تحقیقات چن و همکاران (Chen etal., 2011) نشان داد که در دو منطقه مورد مطالعه در سیستم بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، عملکرد سویا (*Glycine max* Merril.) ۸/۹–۱۳/۸ درصد افزایش و عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) ۱۵/۷–۲۸/۴ درصد کاهش پیدا کرد.

ذرت به دلیل نقش آن در تأمین مواد غذایی بشر و سطح بالای تولید، یکی از مهمترین گیاهان زراعی در جهان می‌باشد. از میان عناصر ماکرو (NPK)، کود نیتروژن در بسیاری از خاک‌ها بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد گیاه ذرت دارد. این عنصر در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه، نقش اصلی را ایفا می‌کند. در سیستم‌های کشاورزی فشرده، استفاده از کودهای نیتروژن افزایش یافته است، این افزایش استفاده از کودهای شیمیایی همراه با هدررفت بالای نیتروژن از خاک‌های کشاورزی به محیط زیست همراه شده است (Bouwman et al., 2002) و از میان انواع مختلف کودهای نیتروژن موجود، کود اوره به میزان زیادی در سراسر جهان استفاده می‌شود. استفاده از این نوع کود همراه با آزادسازی مقدار زیادی آمونیاک (NH_3) می‌باشد، این شرایط باعث به خطر افتادن سلامت انسان و محیط، کاهش کارایی استفاده از کود، اسیدی شدن، غنی شدن اکوسیستم‌های طبیعی از نیتروژن و شکل‌گیری ذرات خیلی کوچک در هوا (Turner et al., 2010) و همچنین باعث افزایش انتشار اکسید نیتریک (NO) و اکسید نیتروژن (N_2O) به اتمسفر و ورود نیترات به آب‌های زیرزمینی می‌شود.

امروزه با در نظر گرفتن مسائل و مشکلات ناشی از استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، استفاده از کودهای آلی در کشاورزی اهمیت زیادی یافته است. بیوچار از سوزاندن ناقص بیوماس در غیاب اکسیژن بدست می‌آید. این ماده غنی از کربن می‌باشد و به دلیل توانایی بیوچار در ذخیره‌سازی کربن برای صدها و هزاران سال و کاهش گازهای گلخانه‌ای توجه زیادی به آن شده است (Lehmann, 2007). به هر حال گزارش شده است که حضور آن در خاک باعث بهبود خصوصیات شیمیایی (pH و ظرفیت تبادل کاتیونی)، خصوصیات فیزیکی خاک (ظرفیت نگهداری آب و هدایت هیدرولیکی) و عملکرد محصول (Liu et al., 2014; Zheng et al., 2013; Major et al., 2010) می‌شود. بنابراین، ممکن است بیوچار به عنوان یک تکنولوژی برد–برد برای کاهش گرمایش جهانی و امنیت غذایی پیشنهاد شود (Lehmann, 2007). در یک بررسی بر روی گیاه ذرت حاصلخیزی خاک مخصوصاً کربن آلی خاک، فسفر قابل دسترس، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در اثر استفاده از بیوچار بهبود یافت و با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، جذب عناصر غذایی و عملکرد آن افزایش یافت (Sukartono et al., 2011). همچنین استفاده از ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به همراه ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار بیوچار به ترتیب باعث افزایش ۸/۸ و ۱۲/۱ درصدی عملکرد ذرت شدند در حالی‌که در شرایط استفاده از ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار بیوچار به تنهایی، عملکرد ذرت به ترتیب ۱۵/۸ و ۷/۳ درصد افزایش یافت (Zhang et al., 2012). در گندم دوروم هم استفاده از ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار بیوچار منجر به بهبود عملکرد آن شد و اثر بیوچار بر گندم دوروم برای دو سال متوالی حفظ شد، زمانی که استفاده از بیوچار در سال دوم تکرار نشد (Vaccari et al., 2011).

کود دامی نیز می‌تواند خاک را غنی کرده و باعث افزایش محصول شود. در یک پژوهش استفاده از کود دامی به همرا کود شیمیایی به طور معنی‌داری عملکرد ذرت را در مقایسه با کود شیمیایی افزایش داد و باعث افزایش ماده آلی و بهبود کیفیت خاک شد (Vogeler et al., 2009). در پژوهش دیگری عملکرد دانه و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاهان ذرت و گندم در تیمارهای کود دامی و کود شیمیایی (NPK) نسبت به شاهد افزایش یافت (Rasool et al., 2008).

اثرگذاری سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر روی رشد گیاه پیچیده بوده و عکس‌العمل گیاه به خاک‌ورزی در مناطق مختلف جغرافیایی متفاوت است و از طرفی استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی می‌تواند حاصلخیزی خاک و تولید محصول را در درازمدت کاهش و موجب تخریب خاک، تهدید امنیت غذایی و خروج دی اکسیدکربن شود. بنابراین در سال‌های اخیر به حفظ کیفیت خاک و اهمیت آن برای توسعه کشاورزی پایدار توجه زیادی شده است. به همین منظور آزمایش مورد نظر با هدف بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت تغذیه‌ای بر عملکرد گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی شاهرود به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۹۵–۱۳۹۴ به اجرا درآمد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. قبل از شروع آزمایش از عمق ۳۰–۰ سانتی‌متری خاک و همچنین از کود دامی و بیوچار برای تعیین برخی از خصوصیات آنها نمونه‌برداری به عمل آمد که نتایج آن در جداول ۱و ۲ ارائه شده است. عامل اصلی در دو سطح شامل خاک‌ورزی مرسوم (گاوآهن برگرداندار+ یک بار

دیسک) و کم‌خاک‌ورزی (چیزل) و عامل فرعی نیز در هفت سطح شامل شاهد، کود شیمیایی (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل)، کود دامی (۲۰ تن در هکتار)، بیوچار (۲۰ تن در هکتار)، کود شیمیایی + کود دامی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و ۱۰ تن در هکتار کود دامی)، کود شیمیایی+ بیوچار (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و ۲۰ تن در هکتار بیوچار) و کود دامی+ بیوچار (۲۰ تن در هکتار بیوچار و ۱۰ تن در هکتار کود دامی) در نظر گرفته شد. بیوچار مورد استفاده، در یک کوره از چوب گردو و از کود گاوی به عنوان کود دامی استفاده شد.

جدول ۱- ویژگی‌های خاک قبل از آزمایش
Table 1- Soil properties before the start of experiment

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)
لوم سیلتی Silty loam	8.36	0.71	0.6	0.066	5.54	240

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی مواد آلی (کود دامی و بیوچار) مورد استفاده در آزمایش
Table 2- Chemical properties of organic matters (manure and biochar) used in the experiment

ماده آلی Organic matter	اسیدیته pH	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل Total N (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)
کود دامی Manure	8.10	16.62	0.65	8.4	1.2	4
بیوچار Biochar	8.52	41.15	0.16	0.33	0.01	0.84

در فصل بهار، بعد از اعمال سیستم‌های خاک‌ورزی و اضافه کردن کود دامی، بیوچار و کود سوپرفسفات تریپل اقدام به کاشت گردید. هر کرت فرعی شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۶ متر و به فاصله ۷۰ سانتی‌متر بود. در نیمه اول خردادماه سال ۱۳۹۴ بذور ذرت سینگل کراس ۷۰۴ بر روی ردیف‌ها با فاصله ۲۰ سانتی‌متر کاشته شدند. بلافاصله بعد ازکاشت، آبیاری با نوار تیپ انجام و آبیاری‌های بعدی هر سه روز در میان انجام شد. کود نیتروژن از منبع اوره بود که در سه مرحله (۱/۳ در موقع کاشت، ۱/۳ در مرحله ۸ برگی و ۱/۳ قبل از گلدهی) استفاده شد. علف‌های هرز نیز در دو مرحله به صورت دستی وجین شدند.

دو ردیف کناری به همراه نیم متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان حاشیه محسوب گردید. در مرحله رسیدگی کامل تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب شدند و صفاتی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، طول بلال و وزن صد دانه روی آن‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه (درصد نیتروژن دانه × ۶/۲۵) هم تعیین شدند. نمونه‌های گیاهی پس از انتقال به آزمایشگاه در پاکت‌های جداگانه قرار داده شدند و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند.

درصد نیتروژن دانه با استفاده از کجلدال و فسفر دانه به روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Emami, 1996). برای تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SAS 9.2 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید و محاسبه همبستگی بین صفات با نرم‌افزار SPSS 22 و اشکال در اکسل ترسیم شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سیستم‌های خاک‌ورزی بر ارتفاع بوته و قطر ساقه ذرت تأثیر معنی‌دار ندارد، ولی مدیریت تغذیه‌ای بر ارتفاع بوته و قطر ساقه دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۳).

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر خاکورزی و مدیریت تغذیه‌ای بر وزن صد دانه، عملکرد و شاخص برداشت ذرت

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of tillage and nutrient management on 100 grain weight, yield and harvest index of maize

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن صد دانه 100 grain weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.3	13653130.7	4184164.1	0.8
خاک‌ورزی (A) Tillage (A)	1	0.1 ns	7785601.2ns	1355408.9 ns	3.5 ns
خطای اصلی Main error	2	1.7	1568247.6	346353.5	2.3
مدیریت تغذیه‌ای Nutrient management (B)	6	16.5**	38170521.1**	19341758.0**	62.7**
A×B	6	1.8 ns	2749595.0 ns	809180.7 ns	3.5 ns
خطای فرعی Sub error	24	1.1	1639244.7	717911.9	5.6
CV (%)		4.4	8.9	11.1	4.5

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر خاکورزی و مدیریت تغذیه‌ای بر ارتفاع، قطر ساقه، عناصر غذایی دانه، پروتئین دانه و ویژگی‌های بلال ذرت

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of tillage and nutrient maagement on height, stem diameter, grain nutrients and grain protein and ear characteristics of maize

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	نیتروژن دانه Grain N	فسفر دانه Grain P	پروتئین دانه Grain protein	طول بلال Ear length	قطر بلال Ear diameter	وزن بلال Ear weight	تعداد ردیف در بلال Number of row in ear	تعداد دانه در ردیف Number of grain per row
تکرار Replication	2	77.5	4.4	0.067	0.00007	2.6	2.0	0.9	1425.2	0.2	50.3
خاک‌ورزی (A) Tillage (A)	1	140.2 ns	8.3 ns	0.005 ns	0.00044 ns	0.2 ns	0.1 ns	0.0 ns	408.6 ns	6.1 ns	89.1 ns
خطای اصلی Main error	2	70.1	0.8	0.007	0.00005	0.3	0.7	1.6	125.1	1.2	13.7
مدیریت تغذیه‌ای Nutrient management (B)	6	101.1**	8.2**	0.035**	0.00022**	1.4**	14.9**	37.3**	5403.4**	2.2*	108.9**
A×B	6	44.5 ns	1.9 ns	0.005 ns	0.00002 ns	0.2 ns	1.4 ns	1.5 ns	236.2 ns	0.2 ns	5.3 ns
خطای فرعی Sub error	24	21.1	0.8	0.005	0.00003	0.2	0.6	0.6	203.2	0.6	8.4
CV (%)		2.7	4.8	5.8	6.2	5.8	5.1	1.9	10.7	5.6	8.0

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج ویک درصد

ns, * and **: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

بر اساس مقایسه میانگین‌ها، کود شیمیایی+ دامی بیشترین ارتفاع بوته و کود شیمیایی بیشترین قطر ساقه را به ترتیب با متوسط ۱۷۳/۶۲ سانتی‌متر و ۱۹/۹۹ میلی‌متر دارا بودند و کمترین ارتفاع بوته و قطر ساقه نیز مربوط به شاهد با متوسط ۱۶۲/۸۷ سانتی‌متر و ۱۶/۵۵ میلی‌متر بود (جدول ۵).

به نظر می‌رسد که در تیمارهای کود شیمیایی + دامی و کود شیمیایی قابلیت دسترسی به عناصر غذایی افزایش یافته و شرایط بهتری برای رشد گیاه فراهم شده و افزایش ارتفاع بوته و قطر ساقه در آن‌ها مشاهده شد.

ارتفاع بوته از بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد بیولوژیک برخوردار بود (۰/۶۷) و قطر ساقه نیز بالاترین همبستگی را با وزن صد دانه داشت (۰/۶۵) (جدول ۶). هر چه ارتفاع گیاه افزایش یابد، برگ‌های جوان در مقایسه با برگ‌های قدیمی نور خورشید را با کارایی بیشتری جذب نموده که باعث افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاه خواهد شد (Tabatabaei et al., 2014). محققین دیگر نیز نتایج مشابه را گزارش کرده‌اند (Tabatabaei et al., 2014; Khavari Khorasani et al., 2010). اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی و مدیریت تغذیه‌ای بر ارتفاع بوته و قطر ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۳).

عناصر غذایی و پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سیستم‌های خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر میزان عناصر غذایی و پروتئین دانه ندارد، اما مدیریت تغذیه‌ای در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر میزان عناصر غذایی و پروتئین دانه داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان نیتروژن دانه به کود شیمیایی و کمترین آن به شاهد تعلق داشت (به‌ترتیب ۱/۲۹ و ۱/۰۸ درصد) و بین کود شیمیایی + دامی و کود شیمیایی + بیوچار با کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). احتمالاً کود شیمیایی باعث شده نیتروژن بیشتری در مقایسه با سایر سطوح تغذیه‌ای در اختیار گیاه قرار گیرد و به همین علت میزان نیتروژن دانه در این تیمار بالاتر می‌باشد. این نتایج با یافته‌های مجاب قصرالدشتی و همکاران (Mojab Ghasrodashti et al., 2014) و امیرآبادی و همکاران (Amirabadi et al., 2012) همخوانی دارد.

همانطور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود، بیشترین و کمترین فسفر دانه به ترتیب به کود دامی و شاهد تعلق داشت (به ترتیب ۰/۰۹۷ و ۰/۰۸۰ درصد). همچنین کود شیمیایی+ دامی و کود شیمیایی + بیوچار به ترتیب باعث افزایش ۷/۵ و ۸/۷۵ درصدی فسفر دانه نسبت به شاهد شدند که از نظر آماری با کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری نداشتند. به نظر می‌رسد کود دامی دارای فسفر قابل جذب بیشتری بوده، به همین علت فسفر دانه افزایش یافته است. افزایش جذب نیتروژن و فسفر در ذرت در تیمارهای کود دامی+ NK و کود دامی+ NPK و افزایش جذب نیتروژن در گندم در اثر استفاده از کود نیتروژن + بیوچار در سایر پژوهش‌ها هم (Vanzwieten et al., 2010; Vogeler et al., 2009) گزارش شده است.

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیر مدیریت تغذیه‌ای بر ارتفاع، قطر ساقه، عناصر غذایی دانه، ویژگی‌های بلال، وزن صد دانه و شاخص برداشت ذرت

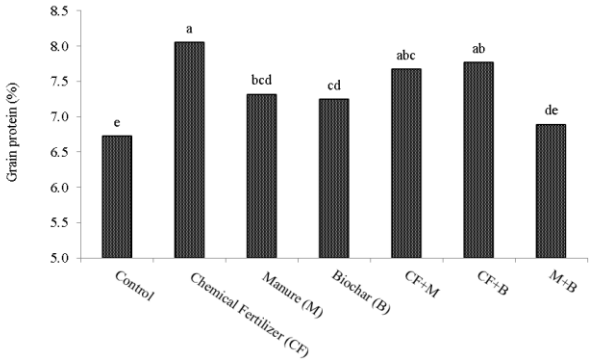
Table 5- Mean comparison for the effects of nutrient management on height, stem diameter, grain nutrient, ear characteristics, 100 grain weight and harvest index of maize

تیمارها Treatments	ارتفاع Height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	نیتروژن دانه Seed N (%)	فسفر دانه Seed P (%)	طول بلال Ear length (cm)	قطر بلال Ear diameter (mm)	تعداد ردیف در بلال Number of row in ear	تعداد دانه در ردیف Number of grain per row	وزن صد دانه 100 grain weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
شاهد Control	162.87^{c*}	16.55^{c}	1.08^{c}	0.080^{c}	12.98^{c}	40.28^{c}	13.50^{c}	32.62^{b}	21.97^{c}	48.68^{b}
کود شیمیایی Chemical Fertilizer (CF)	167.83^{bc}	19.99^{a}	1.29^{a}	0.091^{ab}	16.65^{a}	45.67^{a}	14.83^{a}	41.05^{a}	25.79^{a}	56.62^{a}
کود دامی Manure (M)	166.29^{c}	18.59^{b}	1.17^{bcd}	0.097^{a}	14.04^{b}	41.32^{b}	14.33^{abc}	32.96^{b}	23.34^{b}	50.28^{b}
بیوچار Biochar (B)	163.56^{c}	18.04^{b}	1.16^{cd}	0.083^{cde}	14.17^{b}	40.78^{bc}	13.67^{bc}	32.79^{b}	21.97^{c}	50.66^{b}
دامی + کود شیمیایی CF+M	173.62^{a}	19.83^{a}	1.23^{abc}	0.086^{bcd}	16.52^{a}	45.28^{a}	15.00^{a}	41.08^{a}	25.58^{a}	55.29^{a}
بیوچار + کود شیمیایی CF+B	172.10^{ab}	18.97^{ab}	1.24^{ab}	0.087^{bc}	16.54^{a}	45.58^{a}	14.50^{ab}	40.58^{a}	25.32^{a}	55.51^{a}
بیوچار + کود دامی M+B	165.50^{c}	18.36^{b}	1.10^{de}	0.080^{de}	13.62^{bc}	41.20^{bc}	13.67^{bc}	33.46^{b}	23.33^{b}	50.06^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD ندارند.

* Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to LSD test.

بیشترین و کمترین پروتئین دانه به ترتیب در کود شیمیایی و شاهد بدست آمد و تیمارهای کود شیمیایی+ دامی و کود شیمیایی + بیوچار به ترتیب باعث افزایش ۱۴/۲۸ و ۱۵/۶۲ درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد شدند (شکل ۱).



شکل ۱- اثر مدیریت تغذیه‌ای بر پروتئین دانه گیاه ذرت

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 1- Effect of nutrient management on the grain protein of maize

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to LSD test

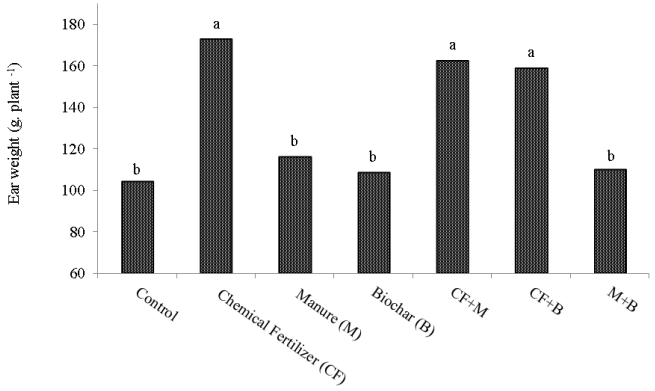
در واقع، با افزایش میزان قابلیت دسترسی به نیتروژن، پروتئین دانه نیز افزایش یافته است که با نتایج امیرآبادی و همکاران (Amirabadi et al., 2012) و تاممورگ و همکاران (Tammeorg et al., 2014) مطابقت دارد. اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی و مدیریت تغذیه‌ای بر میزان عناصر غذایی و پروتئین دانه معنی‌دار نشد (جدول ۳).

بیشترین و کمترین همبستگی نیتروژن دانه به ترتیب به عملکرد بیولوژیک و فسفر دانه و در مورد فسفر دانه به ترتیب به وزن صد دانه و ارتفاع تعلق داشت. وقتی جذب عناصر غذایی در طول دوره رشد گیاه افزایش می‌یابد، این عناصر در برگ‌ها و ساقه‌ها تجمع یافته و در طول دوره رشد زایشی گیاه به دانه انتقال یافته و سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شوند. پروتئین دانه نیز از همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته، قطر ساقه، نیتروژن دانه، ویژگی‌های بلال، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت برخوردار بود (جدول ۶). نتایج مشابه توسط محققین دیگر در گیاهان جو و ذرت گزارش شده است (Sadeghi & Bahrani, 2002; Agegnehu et al., 2016).

ویژگی‌های بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده عدم معنی‌داری اثر سیستم‌های خاک‌ورزی و معنی‌داری اثر مدیریت تغذیه‌ای بر ویژگی‌های بلال می‌باشد (جدول ۳). بیشترین و کمترین طول بلال، قطر بلال و وزن بلال به ترتیب مربوط به کود شیمیایی و شاهد بود. کود شیمیایی+ دامی و کود شیمیایی+ بیوچار به ترتیب وزن بلال را ۵۶/۱۹ و ۵۲/۷۸ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۲).

همچنین استفاده از نیتروژن باعث افزایش تعداد ردیف و تعداد دانه در ردیف بلال گردید. همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بیشترین تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف در کود شیمیایی+ دامی بدست آمد و بین کود شیمیایی، کود شیمیایی+ دامی وکود شیمیایی+ بیوچار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. افزایش ویژگی‌های بلال در شرایط استفاده از کود شیمیایی+ دامی و کود شیمیایی+ بیوچار می‌تواند به دلیل فراهمی میزان مناسبی از عناصر غذایی و بهبود ویژگی‌های خاک باشد. در اوایل رشد در تیمار کود شیمیایی+ دامی و کود شیمیایی+ بیوچار کاهش موقتی نیتروژن توسط کود شیمیایی جبران خواهد شد و با فراهمی مواد آلی باعث ایجاد شرایط بهتری برای انجام فتوسنتز و رشد گیاه می‌شود که در نهایت، منجر به افزایش ویژگی‌های بلال خواهد شد. محققین دیگر گزارش کرده‌اند کود دامی از طریق بهبود کیفیت و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (Mijangos et al., 2006; Zamani Babgohari et al., 2011; Sainju et al., 2008) و افزایش عناصر غذایی قابل دسترس (Khadem et al., 2014) و بیوچار هم با افزایش کارایی استفاده از عناصر غذایی (Peng et al., 2011) و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (Liu et al., 2014) شرایط را برای افزایش کیفیت و عملکرد بالای محصول فراهم می‌کند. مجیدیان و همکاران (Majidian et al., 2008) در یافته‌های خود گزارش کردند استفاده از نیتروژن باعث افزایش طول بلال، وزن بلال، تعداد دانه در ردیف بلال و قطر بلال گردید. بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی و مدیریت تغذیه‌ای بر ویژگی‌های بلال معنی‌دار نبود (جدول ۳).



شکل ۲- اثر مدیریت تغذیه‌ای بر وزن بلال گیاه ذرت

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 2- Effect of nutrient management on the ear weight of maize

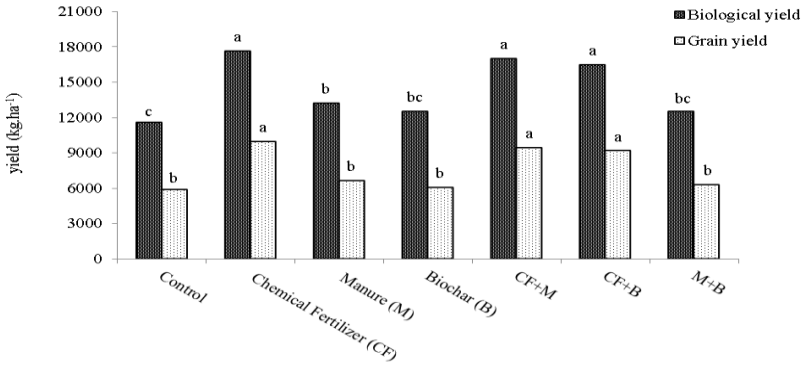
Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to LSD test

ویژگی‌های بلال شامل طول بلال، قطر بلال، وزن بلال، تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با عملکرد بیولوژیک و دانه داشتند (جدول ۶). این نتایج با نتایج طباطبایی و همکاران (Tabatabaei et al., 2014) مطابقت دارد.

وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سیستم‌های خاک‌ورزی بر وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). عدم معنی‌داری سیستم‌های خاک‌ورزی بر عملکرد گیاه می‌تواند ناشی از عدم تأثیر آن بر کربن آلی، محتوی آب و نیترات خاک باشد. در تحقیق حاضر تغییرات کربن آلی خاک در کم‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم اندک بوده (Mohammadi et al., 2017)، بنابراین با تغییرات اندک در کربن آلی خاک اثر مثبتی بر عملکرد ذرت مشاهده نشد. همچنین سیستم‌های خاک‌ورزی با تغییر محتوی آب و نیترات خاک بر عملکرد گیاهان اثر می‌گذارند (Alvarez & Steinbach, 2009) که در تحقیق حاضر در محتوی آب و نیترات خاک، تفاوت معنی‌داری بین سیستم‌های خاک‌ورزی وجود نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است). از طرف دیگر سیستم‌های خاک‌ورزی مختص هر منطقه بوده و میزان اثرگذاری آن‌ها به خاک، اقلیم و دیگر عملیات مدیریتی بستگی دارد، بنابراین در بلندمدت، احتمال اثرگذاری سیستم‌های خاک‌ورزی بر عملکرد گیاه وجود دارد. در این زمینه مالتاس و همکاران (Maltas et al., 2013) مشاهده کردند که سیستم کم‌خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر عملکرد ذرت نداشت و در پژوهش‌های لال (Lal, 2006) نشان داده شد با افزایش محتوی کربن آلی خاک، عملکرد گندم و ذرت افزایش یافت.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت به طور معنی‌دار (سطح احتمال یک درصد) تحت تأثیر مدیریت تغذیه‌ای قرار گرفتند. براساس مقایسه میانگین‌ها بیشترین وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت از کود شیمیایی بدست آمد که با کود شیمیایی + دامی و کود شیمیایی + بیوچار تفاوت معنی‌داری نداشت اما با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۵، شکل ۳). کود شیمیایی + دامی عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را ۴۷/۰۴ و ۶۰/۴۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین کود شیمیایی + بیوچار باعث افزایش ۴۲/۶۹ و ۵۶/۳۲ درصدی عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (شکل ۳). در نتیجه افزایش کود نیتروژن، فعالیت فتوسنتزی، شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ افزایش یافته و باعث افزایش عملکرد می‌شود. این نتایج با مطالعه جاگاداما و همکاران (Jagadamma et al., 2008) مطابقت داشت. کود دامی علاوه بر اینکه خود حاوی عناصر غذایی می‌باشد، در صورت کاربرد همراه کود شیمیایی، عناصر غذایی را به طور یکنواخت در طول دوره رشد در اختیار گیاه قرار داده و مانع از کمبود عناصر غذایی در گیاه خواهد شد. بنابراین در تیمارهای کود شیمیایی+ دامی و کود شیمیایی+ بیوچار دسترسی بهتر به عناصر غذایی و وجود ماده آلی باعث ایجاد شرایط بهتر برای فتوسنتز و رشد گیاه می‌شود و این امر می‌تواند توجیه‌کننده افزایش رشد گیاه در این تیمارها باشد



شکل ۳- اثر مدیریت تغذیه‌ای بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گیاه ذرت

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 3- Effect of nutrient management on biological yield and grain yield of maize

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to LSD test.

جدول ٦- ضرایب همبستگی صفات اندازه گیری شده ذرت

Table 6- Correlation coefficients among the measured traits maize

ردیف Row	شاخص Index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	ارتفاع Height	1													
2	قطر ساقه Stem diameter	0.24^{ns}	1												
3	نیتروژن دانه Grain nitrogen	0.43**	0.56**	1											
4	فسفر دانه Grain phosphorus	-0.02^{ns}	0.25^{ns}	0.07^{ns}	1										
5	پروتئین دانه Grain protein	0.43**	0.56**	1.00**	0.07^{ns}	1									
6	طول بلال Ear length	0.44**	0.62**	0.64**	0.15^{ns}	0.64**	1								
7	قطر بلال Ear diameter	0.58**	0.57**	0.65**	0.23^{ns}	0.66**	0.83**	1							
8	وزن بلال Ear weight	0.62**	0.59**	0.71**	0.13^{ns}	0.72**	0.82**	0.87**	1						
9	تعداد ردیف در بلال Number of row in ear	0.50**	0.21^{ns}	0.52**	0.15^{ns}	0.52**	0.35*	0.57**	0.57**	1					
10	تعداد دانه در ردیف Number of grain per row	0.63**	0.36*	0.55**	0.02^{ns}	0.56**	0.73**	0.76**	0.79**	0.54**	1				
11	وزن صد دانه 100 - grain weight	0.56**	0.65**	0.54**	0.37*	0.54**	0.68**	0.82**	0.79**	0.47**	0.62**	1			
12	عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.67**	0.62**	0.72**	0.10^{ns}	0.72**	0.81**	0.85**	0.98**	0.57**	0.76**	0.77**	1		
13	عملکرد دانه Grain yield	0.62**	0.60**	0.69**	0.15^{ns}	0.70**	0.82**	0.88**	0.99**	0.59**	0.79**	0.80**	0.98**	1	
14	شاخص برداشت Harvest index	0.39*	0.40**	0.47**	0.27^{ns}	0.48**	0.66**	0.78**	0.80**	0.51**	0.70**	0.70**	0.70**	0.83**	1

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

این نتایج با یافته‌های سایر محققین (Major et al., 2010; Peng et al., 2011; Zhang et al., 2012; Majidian et al., 2008).مطابقت داشت. در این زمینه بیان شده است که بیوچار با افزایش pH و قابلیت دسترسی پتاسیم، کلسیم و منیزیم (Major et al., 2010) و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک مانند کاهش وزن مخصوص ظاهری، افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی و کارایی استفاده از نیتروژن (Peng et al., 2011; Zhang et al., 2012) عملکرد گیاه ذرت را افزایش می‌دهد و کودهای دامی هم از طریق دارا بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، افزایش کارایی جذب مواد غذایی و بهبود ساختمان خاک از طریق اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل خاکدانه‌ها باعث افزایش حاصلخیزی خاک و تولید محصول می‌شوند (Tabatabaei et al., 2014).

همان‌گونه که در جدول ۶ نشان داده شده است، وزن بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال و طول بلال با عملکرد دانه ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری (به ترتیب با ۰/۹۹، ۰/۵۹، ۰/۷۹، ۰/۸۸، ۰/۸۲) داشتند. همچنین ارتفاع، قطر ساقه و وزن صد دانه نیز با عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند (۰/۶۲، ۰/۶۰ و ۰/۸۰). با توجه به شرایط، تیماری که تعداد ردیف در بلال و طول بلال بیشتری داشت، وزن صد دانه و عملکرد دانه نیز بیشتر بود. عملکرد بیولوژیک نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته، قطر ساقه، نیتروژن دانه، ویژگی‌های بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن صد دانه با تعداد دانه در ردیف (۰/۶۲) و ارتفاع (۰/۵۶) نشان‌دهنده آن است که گیاهان بزرگتر دارای بلال‌های بزرگتر بوده که دانه‌های درشت‌تری را تولید نموده‌اند. همچنین از آنجایی که تعداد دانه‌های درشت‌تر در بلال‌های بزرگتر نسبت به بلال‌های کوچکتر بیشتر است، بنابراین در بلال‌های بزرگتر وزن صد دانه بیشتر بوده است. در سایر پژوهش‌ها هم بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با بیوماس (Zamani Babgohari et al., 2011; Agegnehu et al., 2016)، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال (Tabatabaei et al., 2014) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج بدست آمده بیشترین و کمترین قطر ساقه، نیتروژن دانه، پروتئین دانه، ویژگی‌های بلال، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت به‌ترتیب مربوط به کود شیمیایی و شاهد بود. هر چند کاربرد کود شیمیایی بیشترین مقدار صفات را دارا بود، اما اختلاف معنی‌داری با کود شیمیایی+ دامی و کود شیمیایی + بیوچار نداشته و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفته است. همچنین قرارگیری دو سیستم خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی در یک گروه آماری نشان‌دهنده این است که می‌توان به جای خاک‌ورزی مرسوم از سیستم کم‌خاک‌ورزی استفاده کرد. بنابراین با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی نیتروژن و نیز با توجه به اثرات منفی خاک‌ورزی مرسوم بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، می‌توان توصیه نمود که برای شرایطی مشابه منطقه مورد پژوهش استفاده از کم‌خاک‌ورزی به همراه کود شیمیایی+ دامی و کود شیمیایی+ بیوچار مدنظر قرار گیرد تا علاوه بر افزایش عملکرد گیاه ذرت و صرفه‌جویی در مصرف کود نیتروژن، باعث حفظ کیفیت خاک و محیط‌زیست نیز شد.

منابع

Afzali Gorouh, H., Asoodar M.A., and Khodarahmpoor, Z. 2012. Effect of irrigation method and tillage level on water use efficiency and corn grain yield (*Zea mays* L.) in Kerman. Water and Soil Science 22: 47-58. (In Persian with English Summary)

Agegnehu, G., Nelson, P.N., and Bird, M.I. 2016. Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments and nitrogen fertilization on Nitisols. Soil and Tillage Research 160: 1-13.

Alvarez, R., and Steinbach, H.S. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. Soil and Tillage Research 104: 1-15.

Amirabadi, M., Seifi, M., Rejali, F., and Ardakani, M.R. 2012. Study the concentration of macroelements in forage mays (*Zea mays* L.) (SC 704) as effected by inoculation with mycorrhizal fungi and *Azotobacter chroococcum* under different levels of nitrogen. Journal of Agroecology 4: 33-40. (In Persian with English Summary)

Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M., and Batjes, N.H. 2002. Emissions of N_2O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data. Global Biogeochemical Cycles 16: 1-13.

Chen, Y., Liu, S., Li, H., Li, X.F., Song, C.Y., Cruse, R.M., and Zhang, X.Y. 2011. Effects of conservation tillage on corn and soybean yield in the humid continental climate region of Northeast China. Soil and Tillage Research 115: 56-61.

Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Publication No. 982, Soil and Water Research Institute. (In Persian)

Fernández-Ugalde, O., Virto, I., Bescansa, P., Imaz, M.J., Enrique, A., and Karlen, D.L. 2009. No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. Soil and Tillage Research 106: 29-35.

Jagadamma, S., Lal, R., Hoeft, R.G., Nafziger, E.D., and Adee, E.A. 2008. Nitrogen fertilization and cropping system impacts on soil properties and their relationship to crop yield in the central Corn Belt, USA. Soil and Tillage Research 98: 120-129.

Khadem, A., Golchin, A., Shafiei, S., and Zaree, E. 2014. Effects of manure and sulfur on nutrients uptake by corn (*Zea mays* L.). Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 103: 2-11. (In Persian with English Summary)

Khavari Khorasani,S., Golbashy, M., Azizi, F., Ashofteh Beiragi M., and Fatemi, R. 2010.Evaluation of growth traits and yield of new forage corn (*Zea mays* L.) single cross combinations. Journal of Agroecology 2: 335-342. (In Persian with English Summary)

Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. Land Degradation and Development 17: 197-209.

Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. Nature 447: 143-144.

Liu, X., Ye, Y., Liu, Y., Zhang, A., Zhang, X., Li, L., Pan, G., Kibue, G.W., Zheng, J., and Zheng, J. 2014. Sustainable biochar effects for low carbon crop production: A 5-crop season field experiment on a low fertility soil from Central China. Agricultural Systems 129: 22-29.

Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N.A., and Kamgar Haghighi, A.A. 2008. Effects of moisture stress, nitrogen fertilizer, manure and integrated nitrogen and manure fertilizer on yield, yield components and water use efficiency of SC 704 corn. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 12: 417-432. (In Persian with English Summary)

Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J., and Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant and Soil 333: 117-128.

Maltas, A., Charles, R., Jeangros, B., and Sinaj, S. 2013. Effect of organic fertilizers and reduced-tillage on soil properties, crop nitrogen response and crop yield: Results of a 12-year experiment in Changins, Switzerland. Soil and Tillage Research 126: 11-18.

Mijangos, I., Pérez, R., Albizu, I., and Garbisu, C. 2006. Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters. Enzyme and Microbial Technology 40: 100-106.

Mohammadi, E., Asghari, H.R., Gholami, A., and Khorramdel, S. 2017. Evaluation of soil carbon management index and belowground net primary productivity of maize in different tillage and nutrient management systems. In 15th Iranian Soil Science Congress, Isfahan, Iran, 28-30 August 2017, p. 1-7. (In Persian with English Summary)

Mojab Ghasrodashti, A., Balouchi, H.R., Yadavi, A., and Ghobadi, M. 2014. Effect of different levels of municipal solid waste compost and nitrogen on some grain elements concentration of sweet corn (*Zea mays* L. Saccharata) and some soil properties under Marvdasht conditions. Journal of Agroecology 6: 118-129. (In Persian with English Summary)

Peng, X., Ye, L.L., Wang, C.H., Zhou, H., and Sun, B. 2011. Temperature-and duration-dependent rice straw-derived biochar: Characteristics and its effects on soil properties of an Ultisol in southern China. Soil and Tillage Research 112: 159-166.

Rasool, R., Kukal, S.S., and Hira, G.S. 2008. Soil organic carbon and physical properties as affected by long-term application of FYM and inorganic fertilizers in maize–wheat system. Soil and Tillage Research 101: 31-36.

Sadeghi, H., and Bahrani, M.J. 2002. Effects of plant density and nitrogen rates on morphological characteristics and kernel protein contents of corn (*Zea mays* L.). Iranian Agriculture Science 33: 403-412. (In Persian with English Summary)

Sainju, U.M., Senwo, Z.N., Nyakatawa, E.Z., Tazisong, I.A., and Reddy, K.C. 2008. Soil carbon and nitrogen sequestration as affected by long-term tillage, cropping systems, and nitrogen fertilizer sources. Agriculture, Ecosystems and Environment 127: 234-240.

Six, J., Elliott, E.T., and Paustian, K. 1999. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. Soil Science Society of America Journal 63: 1350-1358.

Sukartono, W.H.U., Kusuma, Z., and Nugroho, W.H. 2011. Soil fertility status, nutrient uptake, and maize (*Zea mays* L.) yield following biochar and cattle manure application on sandy soils of Lombok, Indonesia. Journal of Tropical Agriculture 49: 47-52.

Tabatabaei, S.A., Shakeri, E., and Nasiri, H. 2014. Effect of different method irrigation and manure on reduce water use in the planting grain maize cv. KSC704. Iranian Journal of Field Crops Research 12: 766-775. (In Persian with English Summary)

Tammeorg, P., Simojoki, A., Mäkelä, P., Stoddard, F.L., Alakukku, L., and Helenius, J. 2014. Short-term effects of biochar on soil properties and wheat yield formation with meat bone meal and inorganic fertilizer on a boreal loamy sand. Agriculture, Ecosystems and Environment 191: 108-116.

Triplett, G., and Dick, W.A. 2008. No-tillage crop production: a revolution in agriculture! Agronomy Journal 100: 153-165.

Turner, D.A., Edis, R.B., Chen, D., Freney, J.R., Denmead, O.T., and Christie, R. 2010. Determination and mitigation of ammonia loss from urea applied to winter wheat with N-(n-butyl) thiophosphorictriamide. Agriculture, Ecosystems and Environment 137: 261-266.

Vaccari, F.P., Baronti, S., Lugato, E., Genesio, L., Castaldi, S., Fornasier, F., and Miglietta, F. 2011. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. European Journal of Agronomy 34: 231-238.

Van Zwieten, L., Kimber, S., Downie, A., Morris, S., Petty, S., Rust, J., and Chan, K.Y. 2010. A glasshouse study on the interaction of low mineral ash biochar with nitrogen in a sandy soil. Australian Journal of Soil Research 48: 569-576.

Vogeler, I., Rogasik, J., Funder, U., Panten, K., and Schnug, E. 2009. Effect of tillage systems and P-fertilization on soil physical and chemical properties, crop yield and nutrient uptake. Soil and Tillage Research 103: 137-143.

Zamani Babgohari, J., Afyuni, M., Khoshgoftarmanesh, A.H., and Eshghizadeh, H.R. 2011. Effect of Polyacryl sewage sludge, municipal compost and cow manure on soil properties and maize yield. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Journal of Water and Soil Science) 14: 153-166 (In Persian with English Summary).

Zhang, A., Liu, Y., Pan, G., Hussain, Q., Li, L., Zheng, J., and Zhang, X. 2012. Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from Central China Plain. Plant and Soil 351: 263-275.

Zheng, H., Wang, Z., Deng, X., Herbert, S., and Xing, B. 2013. Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil. Geoderma 206: 32-39.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 295-307

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۳۰۷-۲۹۵

Effect of Nutrient Management on Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.) influenced by Different Tillage Systems

E. Mohammadi[1*], H.R. Asghari[2], A. Gholami[2] and S. Khorramdel[3]

Submitted: 08-07-2017
Accepted: 03-10-2017

Mohammadi, E., Asghari, H.R., Gholami, A., and Khorramdel, S. 2019. Effect of nutrient management on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) influenced by different tillage systems. Journal of Agroecology. 11(1):295-307.

Introduction

Conventional tillage systems disturb the soil in the long term and obstruct farmland sustainability. Hence, adoption of conservation tillage systems, for example no tillage and reduced tillage has been widely accepted in the last two decades.

The use of chemical fertilizers has increased in intensive farming systems, but this brings with environmental problems. Nowadays, due to the problems of chemical fertilizers, the use of organic fertilizers such as manure and biochar has been more prevalent in agriculture. Biochar is the product of incomplete combustion of biomass in the absence of oxygen. Its presence in the soil is reported to improve physical and chemical properties and crop yield.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of nutrition management on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) under different tillage systems, a field experiment was carried out at research farm of Shahrood University of Technology in 2015. The experiment was conducted as a split plot arranged in a randomized complete block design with three replications. The main plots were tillage systems (conventional tillage and reduced tillage) and subplots were control, chemical fertilizer (300 $kg.ha^{-1}$ urea and 100 $kg.ha^{-1}$ triple superphosphate), manure (20 $t.ha^{-1}$), biochar (20 $t.ha^{-1}$), chemical fertilizer + manure (150 $kg.ha^{-1}$ urea and 50 $kg.ha^{-1}$ triple superphosphate and 10 $t.ha^{-1}$ of manure), chemical fertilizer + biochar (150 $kg.ha^{-1}$ urea and 50 $kg.ha^{-1}$ triple superphosphate and 20 $t.ha^{-1}$ biochar) and manure + biochar (20 $t.ha^{-1}$ biochar and 10 $t.ha^{-1}$ of manure). After adding manure, biochar and triple superphosphate, corn was planted on 10 days and urea was used in stages three. At full maturity 10 plants were randomly selected and the biological yield, grain yield, 100-grain weight, ear weight, number of row per ear, number of grains per row, ear length, ear diameter, height and stem diameter were measured.

Results and Discussion

The results showed that the effect of tillage systems and the interaction of tillage systems and nutrient management were not significant on any of the measured traits. Tillage systems affect yield mainly by altering water and nitrate content in soil. The water content and nitrate concentration in the soil had no significant difference between tillage systems (data not shown). As well as tillage systems are site-specific, so the degree of their success depends on soil, climate and management practices. The nutrition management had significant effect on grain nutrients, grain protein, ear characteristics, 100-grain weight, biological yield, grain yield and harvest index. The highest and lowest grain nitrogen, ear weight, biological yield and grain yield were obtained in chemical fertilizer and control, respectively. The chemical fertilizer + manure increased grain nitrogen, ear weight, biological yield and grain yield 13.89, 56.19, 47.04 and 60.41 percent compared to the control, respectively. As well as chemical fertilizer + biochar increased grain nitrogen, ear weight, biological yield and grain yield compared to control 14.81, 52.78, 42.69 and 56.32 percent, respectively. Crops respond to nitrogen fertilization mainly by increasing

1 and 2- PhD Student of Crop Ecology and Associate Professor at Department of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, respectively.
3- Associate Professor at Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: hamidasghari@gmail.com)

aboveground and root biomass production. As a result of increasing nitrogen doses, the photosynthetic activity, leaf area index (LAI) and leaf area density (LAD) increase. Providing organic matter and nutrients create better conditions for photosynthesis and plant growth. The increased maize yield in biochar amended soil could be attributed to increased nutrient availability and to improved soil physical properties indicated by decreased soil bulk density.

Conclusion

Based on results, the effect of nutrition management was significant on height, stem diameter, grain nutrients, grain protein, ear characteristics, 100-grain weight, biological yield, grain yield and harvest index. Maximum and minimum of stem diameter, grain nitrogen, grain protein, ear characteristics, 100-grain weight, biological yield, grain yield and harvest index were obtained in chemical and control, respectively. Although using of chemical fertilizer had the highest amount of traits, it had no significant difference with chemical fertilizer + manure and chemical fertilizer + biochar. Also, there were no significant effect between conventional tillage and reduced tillage. Therefore, due to the excessive use of nitrogen fertilizer and also due to the negative effects of conventional tillage on the physical, chemical and biological properties of soil, it can be concluded that use of reduced tillage and chemical fertilizer + manure and chemical fertilizer + biochar for corn production is recommended for similar conditions with the study area to reduce both chemical fertilizer and environmental pollution.

Keywords: Biochar, Conventional Tillage, Grain protein, Grain yield, Manure, Reduced tillage