نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۸ شماره ۴ صفحه‌های ۴۴ تا ۵۶ / سال ۱۳۹۷

اثرهای نیتروژن و آب آبیاری بر تولید ذرت علوفه‌ای در دو سامانه کشت کم‌خاک‌ورزی و مرسوم

عبدالحسین ضیائیان*[۱]، علی‌داد کرمی[۲]، غلامرضا معافپوریان[۲]، لادن جوکار[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش:۹۷/۹/۲۵

۱- دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز.

۲- استادیاران بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز.

۳- مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز.

*مسؤل، مکاتبات، پست الکترونیک: ziaeyan_39@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق، با استفاده از طرح آماری بلوک‌های نواری خرد شده و اجرای دو سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه، اثرهای صفر، ۹۰ ، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره و ۹۶۰۰، ۸۵۵۰، ۷۵۰۰ و ۶۴۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار، در دو سامانه خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی بر روی ذرت (*Zea Mays, L.*) رقم سینکل کراس ۷۰۴ مطالعه گردید. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان کارایی آب، میزان جذب فسفر و عملکرد علوفه دو سامانه خاک‌ورزی وجود نداشت. اثرهای اصلی آبیاری و نیتروژن بر ارتفاع و قطر ساقه‌ها، عملکرد علوفه تر، جذب نیتروژن، فسفر و روی و میزان کربن آلی خاک در سطح احتمال ۱ درصد و بر عملکرد علوفه خشک و میزان کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. در تمامی سطوح نیتروژن، کارایی زراعی و فیزیولوژیک در خاک‌ورزی مرسوم بیشتر از کم‌خاک‌ورزی بود. مناسب‌ترین مقدار علوفه در خاک‌ورزی مرسوم از کاربرد توام ۹۰ کیلوگرم نیتروژن و ۸۵۵۰ مترمکعب آب در هر هکتار و در کم‌خاک‌ورزی از کاربرد توام ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن و ۷۵۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار به دست آمد. از لحاظ کارایی مصرف آب، در خاک‌ورزی مرسوم کاربرد توام ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن و ۷۵۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار و در کم‌خاک‌ورزی کاربرد توام ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن و ۶۴۰۰ مترمکعب آب در هکتار تیمارهای برتر بودند. بر اساس نتایج به دست آمده، می‌توان از روش کم‌خاک‌ورزی بجای روش مرسوم در مزارع ذرت‌کاری مشابه استفاده نمود اما به نیتروژن بیشتر و آب کمتری نیاز است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، خاک ورزی، ذرت، نیتروژن

Effects of Nitrogen and Irrigation Water on the Silage Corn Production under Minimum Tillage and Conventional Tillage Systems

AH Ziaeian [*1], A Karami[2], Gh Moafpourian[2], L Jowkar[3]

Received: 15 September 2015 Accepted: 21 May 2016
[1-]Assoc. Prof. of Soil and Water Res. Dept. Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz.
[2-]Assist. Prof. of Soil and Water Res. Dept. Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz.
[3-]Coach of Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Shiraz.
*Corresponding Author, E-mail: ziaeyan_39@yahoo.com

Abstract

In this research, using a split-block design and implementing two single-line source sprinkler systems, effects of 0, 90, 180 and 270 kg N/ha as urea source and 9600, 8550, 7500 and 6400 m^3/ha of irrigation water on silage corn (*Zea Mays L.*), S.C. 704 variety in two conventional and minimum-tillage systems were studied. The results showed that there was not a significant difference between water use efficiency, phosphorous uptake and foliages yield of two tillage systems. The main effects of water and nitrogen on the stems height and diameter, fresh foliage yield, nitrogen, phosphorus and zinc uptake and the amounts of soil organic carbon were significant at 1% level and on the dry foliage yield and water use efficiency were significant at 0.05% level. At all levels of nitrogen, agronomic and physiological efficiencies in conventional tillage were higher than those in minimum-tillage system. The optimum amount of foliage yield in conventional tillage system was obtained from combined application of 8550 m^3/ha water and 90 kg N/ha and in minimum tillage was obtained from combined application of 7500 m^3/ha irrigation water and 270 kg N/ha. In terms of water use efficiency, in conventional tillage, combined application of 180 kg N/ha and 7500 m^3/ha of water and in minimum tillage combined application of 180 kg N/ha and 6400 m^3/ha of irrigation water were superior treatments. Based on obtained results, minimum-tillage system can be used instead of the conventional system in the similar corn fields but more nitrogen and less water is required.

Keywords: Corn, Irrigation, Nitrogen, Tillage

مقدمه

هر چند در چهار دهه گذشته، نیتروژن عنصر کلیدی در افزایش ۷ برابری تولیدات کشاورزی جهان بوده است اما تلفات بالای ناشی از مصرف زیاد از حد آن موجب آلودگی محیط زیست ازجمله آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌گردد (رحیم‌زاده ۲۰۱۰). بر اساس گزارش استیونس و همکاران (۲۰۰۵) بازیابی نیتروژن به عوامل مختلفی از جمله نوع عملیات خاک‌ورزی، رطوبت، خصوصیات خاک و به‌ویژه میزان ماده آلی خاک، ژنوتیپ و غیره بستگی دارد. سپیده‌دم و رمرودی (۲۰۱۵) اثرهای سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و نیتروژن بر تولید گندم را بررسی نموده و نتیجه‌گیری کردند که برای منطقه مورد مطالعه خاک‌ورزی مرسوم با نیتروژن بالا مناسب‌تر از دیگر روش‌ها است. هالورسون و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که پاسخ ذرت در سامانه بی‌خاک‌ورزی مشابه خاک‌ورزی

مرسوم بود به‌طوری که توصیه‌های کودی در خاک‌ورزی مرسوم بر اساس عملکرد مورد انتظار را می‌توان با یکسری ملاحظات و اصلاحات در سامانه بی‌خاک‌ورزی توصیه نمود. افضلی‌گروه و همکاران (۲۰۱۲) با انجام آزمایش بر روی ذرت دانه‌ای، نتیجه‌گیری نمودند که تیمار کم‌خاک‌ورزی با ۹۸۳۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را در بین بقیه تیمارها داشت اما بین دو سطح شخم مرسوم و کم‌خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه مشاهده نشد. فنگ و همکاران (۲۰۱۴) ضمن بررسی اثرهای عملیات خاک‌ورزی و میزان نیتروژن بر عملکرد ذرت و گندم و میزان کربن آلی و نیتروژن خاک نشان دادند که کم‌خاک‌ورزی موجب تنظیم کربن خاک و بهبود وضعیت نیتروژن می‌گردد. بر اساس مطالعات انجام شده توسط جین و همکاران (۲۰۰۹) معلوم شده است که سامانه‌های خاک ورزی حفاظتی ضمن حصول عملکرد دانه مناسب موجب کاهش آب مصرفی گیاه تا ۱۵/۸ درصد می‌گردد. زارعی و همکاران (۲۰۱۵) ضمن مطالعه اثرهای سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و تنش آبی بر تولید گندم گزارش نمودند که در سامانه کم‌خاک‌ورزی نسبت به مرسوم می‌توان با مصرف آب کمتر، عملکردی معادل خاک‌ورزی مرسوم تولید نمود. نتایج تحقیقات رمضانی مقدم و همکاران (۲۰۱۶) بر روی ذرت حاکی از کاهش عملکرد در اثر تنش رطوبتی و کمبود نیتروژن بود. پائلو و رینالدی (۲۰۰۸) دریافتند که با صرفه‌جویی در میزان آب و کود می‌توان در منطقه مدیترانه ذرت با بازده قابل قبول کشت نمود. نتایج مطالعات قیصری و همکاران (۲۰۰۹) بر ذرت علوفه‌ای در ورامین نشان داد که افزایش نیتروژن مصرفی راهکار مناسبی برای جبران کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب نیست. یکی از روش‌های مناسب و متداول در جهت مطالعه کارایی مصرف آب، استفاده از روش آبیاری بارانی تک‌شاخه می‌باشد. در این زمینه هنکس و همکاران (۱۹۷۶) روش آبیاری بارانی تک شاخه‌ای را برای ایجاد رژیم‌های مختلف رطوبتی در شرایط آزمایشات مزرعه‌ای پیشنهاد دادند که به‌دلیل دقت و سهولت مورد توجه قرار گرفته است. در ایران اثرهای متقابل آب و نیتروژن در ذرت علوفه‌ای عمدتا در خاک‌ورزی مرسوم بررسی شده است اما با توجه به توسعهٔ سیستم کم‌خاک‌ورزی و همچنین خشکسالی‌های اخیر کشور، بررسی‌های بیشتری در رابطه با مدیریت نیتروژن در تنش‌های مختلف رطوبتی در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی ضروری است. به همین دلیل این تحقیق با هدف مقایسه اثرهای متقابل آب و نیتروژن در ذرت علوفه‌ای در در دو سامانه کشت مرسوم و کم‌خاک‌ورزی انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای دستیابی به اهداف طرح، طی دو سال ۹۲ و ۹۳ و با استفاده از طرح بلوک‌های نواری خرد شده اثرهای اصلی و برهمکنش چهار سطح صفر، ۹۰ ، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن (معادل N0, N90, N180, N270) و چهار میزان ۹۶۰۰، ۸۵۵۰، ۷۵۰۰ و ۶۴۰۰ متر مکعب آب در هر هکتار (به ترتیب معادل I1, I2, I3, I4)، هر یک در ۳ تکرار در دو سامانه کم‌خاک‌ورزی و مرسوم در کرت‌های ثابت بررسی گردید. انتخاب تیمارها بر اساس نتایج آزمایشات قبلی، که در آن‌ها تیمارهای ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و ۹۶۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار مقادیر بهینه بودند، صورت گرفت. ابتدا یک نمونه خاک مرکب و یک نمونه آب تهیه و در آزمایشگاه تجزیه شدند (علی‌احیایی و بهبهانی‌زاده، ۱۹۹۳). نتایج تجزیه نشان داد خاک مورد نظر بدون محدودیت شوری با کربن آلی کم بود (ضیائیان و ملکوتی ۱۹۹۱). اسیدیته آب مورد استفاده نیز قلیایی و کیفیت آب برای استفاده در سیستم آبیاری بارانی مناسب بود میزان آب قابل استفاده ۱۰٪ بود که با توجه به دور آبیاری مقدار رطوبت در زمان آبیاری بین ۱۶ تا ۱۷ درصد متغیّر بود در زمان کشت، زمین مورد نظر به دو قطعه تقسیم گردید. یکی از قطعات به خاک‌ورزی مرسوم و دیگری به کم‌خاک‌ورزی اختصاص یافت. عملیات کم‌خاک‌ورزی در یک مرحله و با استفاده از یک دستگاه خاک‌ورز مرکب صورت گرفت.

جدول ۱- میانگین نتایج برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش.

Zn	Fe	Mn	K	P	O.C.	T.N.V.	pH	EC
(mg kg^{-1})					(%)			(dS m^{-1})
۰/۶۶	۵/۰	۷/۷	۲۲۴	۸/۵	۰/۶۰	۳۲/۰	۸/۱	۱/۳۱

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده.

مجموع کاتیون‌ها	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	مجموع آنیون‌ها	SO_4^{--}	HBO_3^-	Cl^-	HCO_3^-	EC	pH
(meq L^{-1})									(dS m^{-1})	
۵/۰	۱/۸	۲/۲	۱/۰	۴/۵	۱/۱	ناچیز	۱/۱	۲/۳	۰/۴۸	۸/۰

جدول ۳- برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک محل آزمایش.

جرم مخصوص ظاهری خاک	کلاس بافت	میزان آب قابل استفاده	رطوبت در نقطه پژمردگی دایم (PWP)	رطوبت ظرفیت مزرعه ای (FC)	عمق
(g cm^{-3})		(%)			(cm)
۱/۵	Si.Cl.L	۱۰	۱۱	۲۱	۳۰-۰

در قطعه مربوط به خاک‌ورزی مرسوم، از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک برای آماده‌سازی زمین استفاده شد در هر دو سامانه از خطی‌کار برای کاشت بذر استفاده شد.

بذر مورد استفاده در هر دو سامانه کشت، ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ بود که با فاصله ۲۰-۱۵ سانتی‌متر بر روی خطوط کاشت، کشت شد. در هر دو قطعه بر اساس نتایج تجزیه خاک، کودهای مورد نیاز از منابع سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی، و به ترتیب به میزان ۲۰۰، ۵۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شدند (ضیائیان و ملکوتی ۱۹۹۱). کودهای نیتروژنی مورد نیاز نیز در سه نوبت ۱/۳ زمان کاشت، ۱/۳ مرحله V3 (۴-۵ برگی) و ۱/۳ مرحله V10 (قبل از ظهور گل ابریشمی) به‌صورت پخش سطحی مصرف شد. تیمارهای آبیاری نیز با استفاده از سیستم آبیاری بارانی و بر مبنای تغییرات میزان آب رسیده به واحد سطح با فاصله گرفتن از آبپاش اعمال شد. برای این منظور در هر قطعه یک سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه پیاده شد. بر اساس طرح ۸ عدد آبپاش از نوع مدل Nelson f33 با شعاع پاشش تقریباً ۱۲ متر به فاصله ۶ متر از یکدیگر با پایهٔ آبپاش ۱۵۰ سانتی‌متری بر روی یک خط لوله پلی‌اتیلن ۷۵ میلی‌متری نصب شد. دو آبپاش اول و آخر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. در اواسط دوره رشد ارتفاع آبپاش‌ها به ۲۵۰ سانتی‌متر افزایش یافت. چون شعاع پاشش ۱۲ متر بود ۴ تیمار I_1 تا I_4 در فواصل ۳-۰، ۶-۳، ۹-۶ و ۱۲-۹ متر از طرفین خط لوله اصلی و عمود بر آن قرار گرفتند. بدین ترتیب هر کرت به عرض ۳ متر شامل پنج ردیف کاشت ۶۰ سانتی‌متری و طول ۳ متر به‌عنوان یک رژیم مقدار آب آبیاری در نظر گرفته شد. قبل از شروع آزمایش یکنواختی پاشش آبپاش‌ها امتحان گردید. دور آبیاری ۸ روز یکبار انتخاب گردید. در هر نوبت آبیاری میزان آب مصرفی با اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک در تیمار I_1 یک روز قبل از آبیاری از رابطه $I=[\ (\theta_F-\theta)\rho_b.D]/100$ محاسبه و مصرف گردید. در این رابطه I ارتفاع (عمق) آب مصرفی (سانتی‌متر)، θ_F درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی، θ درصد وزنی رطوبت موجود در خاک، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک و D عمق مؤثر ریشه است. عمق موثر ریشه ذرت ۳۰ سانتیمتر لحاظ گردید. میزان آب آبیاری هر تیمار، در هر نوبت آبیاری توسط قوطی‌های جمع‌آوری آب اندازه‌گیری شد. با توجه به مشخص بودن ابعاد قوطی‌ها، میزان کل آب رسیده به هر کرت مشخص گردید. در نهایت کل میزان آب

اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف در طول فصل رشد تعیین شد و مبنای تیمار آبیاری قرار گرفت. بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده در دو سال، میانگین مقادیر آب مصرفی دو سال به ترتیب ۹۶۰۰ ، ۸۵۵۰ ، ۷۵۰۰ و ۶۴۰۰ مترمکعب در هکتار بود. در انتهای دوره در هر کرت و در اطراف قوطی‌های جمع‌آوری آب، برداشت به مساحت ۴ متر مربع انجام شد. ارتفاع بوته‌ها، قطر ساقه‌ها، عملکرد علوفه تر و عملکرد علوفه خشک تیمارهای مختلف تعیین شد. بعد از برداشت غلظت و جذب نیتروژن، فسفر و روی در علوفه خشک (امامی ۱۹۹۶) و میزان کربن آلی خاک تیمارهای مختلف از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تعیین گردید (علی احیایی و بهبهانی‌زاده ۱۹۹۳). کارایی مصرف آب تیمارهای مختلف نیز از تقسیم عملکرد خشک بر میزان آب مصرفی بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. با استفاده از روابط زیر کارایی زراعی، کارایی فیزیولوژیک، کارایی بازیابی ظاهری نیتروژن در هر دو سامانه کشت محاسبه گردید (هاشمی دزفولی و همکاران ۱۹۹۵). در نهایت با استفاده از نرم‌افزار SAS محاسبات آماری و با استفاده از آزمون دانکن و آزمون t مقایسه میانگین داده‌ها در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

$$\text{کارایی زراعی} = \frac{\text{عملکرد در تیمار بدون کود} - \text{عملکرد در تیمار کود خورده}}{\text{مقدار عنصر غذایی مصرف شده}} \quad (۱)$$

$$\text{کارایی فیزیولوژیک} = \frac{\text{عملکرد در تیمار بدون کود} - \text{عملکرد در تیمار با کود خورده}}{\text{جذب عنصر غذایی درتیمار بدون کود} - \text{جذب عنصر غذایی در تیمار با کود}} \quad (۲)$$

$$\text{بازیابی ظاهری} = \frac{\text{جذب عنصر غذایی درتیمار بدون کود} - \text{جذب عنصر غذایی در تیمار با کود}}{\text{مقدار عنصر غذایی مصرف شده}} \quad (۳)$$

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها: اثر اصلی دو سامانه خاک‌ورزی از نظر عملکرد تر و خشک، جذب نیتروژن و مقدار کربن آلی خاک پس از برداشت در سطح یک درصد و بر جذب روی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. تیمارهای مختلف آبیاری اثرهای معنی‌داری بر عملکرد تر و خشک، قطر ساقه‌ها، جذب نیتروژن، فسفر و روی ، مقدار کربن آلی خاک پس از برداشت و کارایی مصرف آب داشتند. سطوح مختلف نیتروژن نیز اثرهای معنی‌داری بر عملکرد تر و خشک، ارتفاع بوته‌ها و جذب نیتروژن، فسفر و روی، مقدار کربن آلی خاک پس از برداشت و کارایی مصرف آب داشتند.

اثرهای اصلی سال: بر اساس نتایج به دست آمده، در سامانه کشت مرسوم عملکرد تر، جذب روی و میزان کربن آلی خاک پس از برداشت و در سامانه کشت کم‌خاک‌ورزی عملکرد خشک در سال اول برتر از سال دوم بود (جدول‌های ۶ و ۷). موریس و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمود که چون سرعت تجزیه بقایای ذرت کند است، بقایای تجزیه نشده حاصل از کشت اول در خاک در سامانه کم‌خاک‌ورزی، می‌تواند موجب آلی شدن مقدار زیادی از نیتروژن مصرفی و در نتیجه کاهش فراهمی نیتروژن و در نهایت کاهش عملکرد در کشت بعدی گردد. علاوه بر این، در خاک‌ورزی مرسوم، عدم وجود بقایای گیاهی و یا باقی‌ماندن مقدار اندک آن در خاک و تخریب آن‌ها در اثر عملیات خاک‌ورزی، می‌تواند موجب کاهش مواد آلی خاک در سال دوم گردد.

جدول ۴- تجزیه واریانس کاربرد تیمارهای مختلف بر برخی خصوصیات کیفی.

منابع تغییر	درجه ازادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	کربن آلی خاک
سال	۱	۱۴۳۸۲۸ **	۳۶۲۲**	۲۱۳۲۶۷**	۳۴۴۷۸۲۰ **	۰/۰۶۴**
خاکورزی	۱	۱۳۱۷۲۳ **	۱۴۴۱ ns	۱۵۴۸**	۱۰۱۴۸۶۳ *	۰/۱۵۵**
خاکورزی × سال	۱	۹۱۱۶ ns	۵۶۷۶**	۲۰۵۷۳۶**	۴۰۸۶۵۴۲ **	۰/۰۹۴**
خطای (خاکورزی × سال)	۸	۶۶۶۶ ns	۳۸۱ ns	۱۵۵۰۲ ns	۱۵۴۸۱۴ ns	۰/۰۰۴ ns
تیمارهای آبیاری	۳	۱۷۳۷۳۷ **	۵۸۰۸ **	۲۷۴۳۶۵ ns	۱۱۹۶۰۱۷ **	۰/۱۳۹**
آبیاری × سال	۳	۴۸۳۰۷ **	۲۴۳ ns	۳۳۸۳۸ ns	۱۱۹۷۶۰ ns	۰/۰۷۸**
آبیاری × خاکورزی	۳	۱۳۲۸۲ ns	۷۸۰ ns	۴۱۴۹۷ ns	۸۱۱۰۲ ns	۰/۰۰۳**
آبیاری × خاکورزی × سال	۳	۸۳۴۳ ns	۶۰۹ ns	۶۵۹۵۶ ns	۱۵۶۱۸۴ ns	۰/۰۰۳ ns
خطای (آبیاری × خاکورزی × سال)	۲۴	۹۴۷۲ ns	۲۴۹ ns	۴۳۰۸۴ ns	۶۹۷۱۰ ns	۰/۰۰۸ ns
سطوح نیتروژن	۳	۹۰۶۳۸ **	۲۲۳۲**	۲۴۹۶۰۲*	۵۵۶۴۷۷ **	۰/۰۴۶**
نیتروژن × سال	۳	۳۴۱۷۵ ns	۳۵۹ ns	۳۱۲۷۵ ns	۴۹۱۹۴ ns	۰/۰۱۰ ns
نیتروژن × خاکورزی	۳	۲۰۴۹۹ ns	۱۹۴ ns	۵۴۵۷۰ ns	۱۳۶۷۹۴ ns	۰/۰۰۲ ns
نیتروژن × خاکورزی × سال	۳	۲۵۸۸۸ ns	۲۴۳ ns	۵۴۱۶۳ ns	۱۸۴۷۴۱ ns	۰/۰۰۱ ns
خطای(نیتروژن × خاکورزی × سال)	۲۴	۱۲۹۶۸ ns	۲۲۲ ns	۳۹۹۵۵ ns	۶۸۰۶۱ ns	۰/۰۰۵ ns
سطوح آبیاری × سطوح نیتروژن	۹	۲۱۶۶۴ **	۳۱۹ ns	۴۷۰۰۹ ns	۴۵۶۶۳ ns	۰/۰۱۳*
آبیاری × نیتروژن × سال	۹	۱۰۵۴۰ ns	۳۶۰ ns	۴۳۴۶۲ ns	۴۹۰۹۳ ns	۰/۰۰۹ ns
آبیاری × نیتروژن × خاکورزی	۹	۲۴۸۵ ns	۲۷۷ ns	۶۷۹۲ ns	۳۸۹۶۷ ns	۰/۰۰۷ ns
آبیاری × نیتروژن × خاکورزی × سال	۹	۵۲۶۷ ns	۲۱۳ ns	۴۹۸۳۳ ns	۳۷۲۱۴ ns	۰/۰۰۷ ns
خطای آزمایش	۷۲	۸۰۲۳	۲۴۹ ns	۲۵۱۴۶	۹۲۵۲۹	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات (٪)		۱۷/۵	۲۲/۵	۲۸/۶	۲۴/۰	۹/۱۶

ns،** و * به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ .

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب دو ساله کاربرد تیمارهای مختلف بر عملکرد و اجزا عملکرد.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد تر	عملکرد خشک	ارتفاع بوته	قطر بوته	کارایی مصرف آب
سال	۱	۳۶۲ ns	۷۳۷ **	۴۹۵۹۵ **	۴۰۴۳ **	۳/۴۵ ns
خاکورزی	۱	۷۳۹۴ **	۵۴۳۳ **	۵۶۱ ns	۱۱ ns	۰/۸۰ ns
سال × خاکورزی	۱	۲۱۹ **	۴۷۶ *	۴۸ ns	۱۱ ns	۴/۲۳ ns
خطای (سال × خاکورزی)	۸	۱۰۶ ns	۶۳ ns	۵۶۰ ns	۲۶ ns	۱/۱۷ ns
سمت	۱	۳۹۵۹ **	۱۳۴۷ **	۲۹۷۰ *	۵ ns	۴/۱۷ ns
سمت× سال	۱	۳۰۸ **	۱۵۳۲ **	۲ ns	۵۷ **	۵/۱۱ ns
سمت × خاکورزی	۱	۷ ns	۴۹ ns	۲۲۶۲ *	۱۰ ns	۳/۲۱ ns
سمت× خاکورزی × سال	۱	۰/۰۶ ns	۳۰ ns	۹۷۵ ns	۱۰ ns	۱۳/۰۰**
خطای (سمت × خاکورزی × سال)	۸	۱۳۴ ns	۴۶ ns	۴۲۴ ns	۵ ns	۰/۹۶ ns
تیمارهای آبیاری	۳	۴۵۵۶ **	۲۲۴۹ **	۷۷۲۶ **	۱۸۱ **	۱۵/۶۴**
آبیاری × سال	۳	۱۲۷۸ **	۷۲۳ **	۳۷۶۳ **	۷۸ ns	۷/۶۶**
آبیاری × خاکخاکورزی	۳	۲۲۳ *	۲۰۷ **	۴۱۸ ns	۹۰ ns	۳/۷۶**
آبیاری × خاکورزی × سال	۳	۲۰۹ *	۱۱۸ **	۸۴۱۹ **	۴۶ ns	۲/۴۲**
سمت × آبیاری	۳	۴۶۷ **	۱۸۷ **	۱۳۳۵ **	۶۶ ns	۳/۱۱**
سمت × آبیاری × سال	۳	۲۸۳ *	۱۶۲ **	۱۰۰۸ *	۴۲ ns	۰/۴۲ ns
سمت × آبیاری × خاکورزی	۳	۲۵۹ *	۱۶۶ **	۹۰۷ *	۱۱۹ *	۰/۳۳ ns

ادامه جدول ۵

سمت × آبیاری × خاک‌ورزی × سال	۳	۳۶۹ **	۵۲ ns	۲۱۸۸ **	۳۲ ns	۲/۲۳ *
خطای (سمت × آبیاری × خاک‌ورزی × سال)	۴۸	۷۷ ns	۲۷ ns	۲۶۷ ns	۳۵ ns	۰/۶۰ ns
سطوح نیتروژن	۳	۱۰۵۳ **	۳۴۰ **	۵۶۸ ns	۱۱۶ **	۲/۳۸ *
نیتروژن × سال	۳	۱۲۳ ns	۴۰ ns	۲۶۳ ns	۱۰۵ **	۱/۱۴ ns
نیتروژن × خاک‌ورزی	۳	۲ ns	۱۷ ns	۲۷۸ ns	۱۱ ns	۰/۷۱ ns
آبیاری × خاک‌ورزی × سال	۳	۲۳۳ ns	۱۰۰ ns	۴۳ ns	۱۱ ns	۰/۲۵ ns
سمت × نیتروژن	۳	۱۸ ns	۷ ns	۳۲۵ ns	۳ ns	۱/۲۱ ns
سمت × نیتروژن × سال	۳	۱۹۶ ns	۱۰۲ ns	۴۹ ns	۱۴ ns	۲/۸۱ *
سمت × نیتروژن × خاک‌ورزی	۳	۸۲ ns	۳۳ ns	۱۲۴ ns	۴ ns	۱/۷۵ ns
سمت × نیتروژن × خاک‌ورزی × سال	۳	۱۵۱ ns	۶۸ ns	۸۵ ns	۴ ns	۰/۸۳ ns
خطای (سمت × نیتروژن × خاک‌ورزی × سال)	۴۸	۱۳ ns	۵۸ ns	۴۵۲ ns	۱۱ ns	۰/۸۵ ns
سطوح آبیاری × سطوح نیتروژن	۹	۹۲ ns	۳۱ ns	۱۶۹ ns	۱۱ ns	۰/۵۴ ns
آبیاری × نیتروژن × سال	۹	۳۵ ns	۲۸ ns	۱۴۳ ns	۴ ns	۰/۸۵ ns
آبیاری × نیتروژن × خاک‌ورزی	۹	۷۹ ns	۵۷ ns	۳۸۵ ns	۴ ns	۰/۴۲ ns
آبیاری × نیتروژن × خاک‌ورزی × سال	۹	۸۹ ns	۱۸ ns	۲۲۱ ns	۱۸ ns	۰/۲۱ ns
سمت × آبیاری × نیتروژن	۹	۸۲ ns	۲۸ ns	۱۵۸ ns	۲۱ *	۰/۹۱
سمت × آبیاری × نیتروژن × سال	۹	۱۰۰ ns	۴۰ ns	۱۸۸ ns	۱۸ ns	۰/۳۵ ns
سمت × آبیاری × نیتروژن × خاک‌ورزی	۹	۹۰ ns	۴۶ ns	۲۱۶ ns	۱۴ ns	۰/۴۸ ns
سمت × آبیاری × نیتروژن × سال × خاک‌ورزی	۹	۷۱ ns	۱۸ ns	۱۵۲ ns	۸ ns	۰/۳۵ ns
ضریب تغییرات (٪)		۱۶/۴۶	۲۰	۵/۱۳	۱۳/۶۳	۱۸/۸۳

ns،** و * به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های اثرهای اصلی سال بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی.

سال	عملکرد تر (t ha^{-1})		عملکرد خشک (t ha^{-1})		کارایی مصرف آب (kg m^{-3})		ارتفاع بوته‌ها (cm)		قطر بوته‌ها (mm)	
	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی
اول	۶۳/۸۸ a	۶۰/۰۴ a	۳۸/۹۱ a	۴۰/۰۵ a	۴/۹ a	۴/۶ b	۲۴۸/۱ a	۲۴۹/۳ a	۲۰/۷ a	۱۹/۷ a
دوم	۵۷/۳۱ b	۶۰/۰۱ a	۳۹/۴۵ a	۳۶/۵۶ a	۴/۹ a	۵/۰ a	۲۴۷/۹ a	۲۵۱/۶ a	۲۰/۱ a	۲۰/۳ a

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های اثرهای اصلی سال بر جذب عناصر مورد مطالعه در دو سامانه مورد مطالعه خاک‌ورزی.

سال	جذب نیتروژن (kg ha^{-1})		جذب فسفر (kg ha^{-1})		جذب روی (g ha^{-1})		میزان کربن آلی خاک پس از برداشت (%)	
	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی
اول	۵۱۷ a	۴۵۱ b	۶۲/۹ b	۶۳/۳ a	۱۲۰۵ a	۱۰۵۹ b	۰/۸۳ a	۰/۸۵ a
دوم	۵۵۸ a	۵۱۹ a	۸۲/۵ a	۶۶/۱ a	۱۱۸۱ a	۱۶۱۸ a	۰/۷۵ b	۰/۸۵ a

حروف لاتین مشابه در هر ستون نمایانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

اثرهای اصلی دو سامانه خاک‌ورزی:

نتایج آزمون t (نشان داده نشده است) نشان داد که از لحاظ عملکرد تر و خشک تفاوت آماری معنی‌داری بین دو سامانه کشت وجود نداشت. محققین گزارش کرده‌اند که خاک‌ورزی حفاظتی موجب بهبود تهویه خاک، تخلخل خاک، حفظ آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و افزایش جمعیت موجودات میکروبی خاک می‌گردد (پاتیل و شلاوانتا ۲۰۰۶). اعتقاد بر این است که کم‌خاک‌ورزی، نگهداری بقایا بر روی سطح خاک می‌تواند موجب افزایش نفوذ آب در خاک، کاهش فرسودگی خاک، افزایش کارایی مصرف آب، کاهش تلفات آب و افزایش محصول گردد (شاور و همکاران ۲۰۰۲).

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های اثرهای اصلی دو سامانه مورد مطالعه خاک‌ورزی بر برخی صفات مورد بررسی.

سامانه‌های مختلف کشت	ارتفاع بوته‌ها	قطر ساقه‌ها	عملکرد		کارایی مصرف آب	میزان جذب کل			کربن آلی خاک
			تر	خشک		نیتروژن	فسفر	روی	
	(cm)	(mm)	(t ha^{-1})		(kg m^{-3})	(kg ha^{-1})		(g ha^{-1})	(%)
مرسوم	۲۵۰/۴ a	۲۰/۰ b	۶۰/۰۳ a	۳۸/۳۱ a	۴/۸۰ a	۴۳۷ b	۶۷/۲ a	۱۳۳۹ a	۰/۸۵ b
کم‌خاک‌ورزی	۲۳۶/۸ b	۲۳/۱ a	۶۰/۵۹ a	۳۹/۱۸ a	۴/۸۹ a	۴۸۵ a	۶۷/۷ a	۹۰۷ b	۰/۸۹ a

حروف لاتین مشابه در هر ستون نمایانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

اثرهای اصلی تیمارهای آبیاری

نتایج نشان داد که در کشت مرسوم بالاترین عملکرد تر و خشک به‌ترتیب به میزان‌های ۶۸/۴۶ و۴۵/۵۴ تن در هکتار از کاربرد ۸۵۵۰ مترمکعب آب و در سامانه کشت کم‌خاک‌ورزی به‌ترتیب به میزان‌های۶۵/۱۰ و ۴۲/۰۳ تن در هکتار از کاربرد ۹۶۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار به‌دست آمد (جدول ۸). هر چند بین تیمارهای آبیاری هر سامانه کشت تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت اما با انجام آزمون t (در جدول نشان داده نشده است) مشخص شد که از لحاظ عملکرد تر و خشک بجز در تیمار I2 تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای مشابه (I1، I3 و I4) در دو سامانه کشت وجود نداشت. علاوه بر این هر چند در بین تیمارهای مختلف آبیاری، بیشترین ارتفاع و قطر بوته در سامانه مرسوم از کاربرد ۹۶۰۰ مترمکعب آب و در سامانه کم‌خاک‌ورزی از کاربرد ۸۵۵۰ مترمکعب آب به‌دست آمد (جدول ۹)، اما با انجام آزمون t (در جدول نشان داده نشده است) مشخص شد که از لحاظ قطر و ارتفاع بوته‌ها تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای مشابه آبیاری، در دو سامانه کشت وجود نداشت. نشان داده شده است که افزایش قطر و طول ساقه رابطه مستقیمی با میزان مصرف آب، توسعه ریشه در عمق بیشتر خاک جهت جذب آب و مواد آلی خاک دارد و این خصوصیات متاثر از سامانه‌های خاک‌ورزی می‌باشد. در خاک‌ورزی مرسوم، خاک تا عمق بیشتری زیر و رو شده و شرایط بهتری برای رشد ریشه و ساقه فراهم می‌شود (همت و مصدقی ۱۹۹۱). بیشترین میزان کارایی مصرف آب در سامانه کشت مرسوم و کم‌خاک‌ورزی به‌ترتیب به‌میزان ۵/۴۱ و ۴/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب به‌ترتیب از مصرف ۷۵۰۰ و ۶۴۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار به‌دست آمد (جدول ۹). این نتیجه نشان می‌دهد که در کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم با میزان آب کمتر، کارایی مصرف آب بیشتر شده است دلیل این امر می‌تواند احتمالا ناشی از ذخیره آب بیشتر در کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم باشد. گزارش شده است که در خاک‌ورزی حفاظتی، بقایای گیاهی باقی مانده در سطح خاک مزرعه موجب کاهش تبخیر و تعرق از خاک و در نتیجه حفظ رطوبت در خاک شده که این امر عامل ارزشمندی در حفظ آب به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک است (پاتیل و شلاوانتا ۲۰۰۶). در هر دو سامانه کشت بیشترین میزان جذب روی و میزان کربن آلی خاک پس از برداشت از کاربرد ۸۵۵۰ مترمکعب آب به‌دست آمد در حالی که در سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی بیشترین میزان جذب نیتروژن و فسفر به‌ترتیب از کاربرد ۸۵۵۰ و ۹۶۰۰ مترمکعب آب به‌دست آمد.

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی تیمارهای آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده در دو سامانه خاک‌ورزی.

سطوح آبیاری	عملکرد تر		عملکرد خشک		کارایی مصرف آب		ارتفاع بوته‌ها		قطر ساقه‌ها	
	(t ha^{-1})				(kg. m^{-3})		(mm)			
	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی
I1	۶۴/۰۰ b	۶۵/۱۰ a	۴۰/۴۰ b	۴۲/۰۳ a	۴/۲۵ c	۳/۴۸ c	۲۶۲ a	۲۵۹ a	۲۱/۰ a	۱۹/۷ ab
I2	۶۸/۴۶ a	۶۳/۱۵ a	۴۵/۵۴ a	۴۰/۱۱ ab	۵/۱۴ a	۳/۹۸ b	۲۵۹ a	۲۶۱ a	۲۱/۰ a	۲۰/۹ a
I3	۶۲/۱۹ b	۶۱/۳۷ a	۴۰/۶۱ b	۳۹/۲۸ b	۵/۴۱ a	۴/۳۰ a	۲۴۸b	۲۵۴ a	۲۰/۳ ab	۲۰/۳ ab
I4	۴۷/۷۳ c	۵۰/۵۸ b	۳۰/۱۷ c	۳۱/۸۰ c	۴/۷۱ b	۴/۴۳ a	۲۲۴ c	۲۲۹ b	۱۹/۳ b	۱۹/۳ b

حروف لاتین مشابه در هر ستون نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دو تیمار مربوطه در آن صفت می‌باشد.

در هر دو سامانه کمترین میزان جذب هر سه عنصر از کاربرد ۶۴۰۰ مترمکعب آب به دست آمد (جدول ۱۰). با توجه به افزایش عملکرد در اثر آبیاری، افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه منطقی بنظر می‌رسد. موروک و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند که مواد آلی ناشی از خاک‌ورزی حفاظتی نفوذ آب به خاک، ساختمان خاک و خلل و فرج درشت را بهبود می‌بخشد. افزایش سرعت نفوذ عموماً باعث تحرک بیشتر عناصر غذایی در خاک می‌گردد و تحرک بیشتر عناصر غذایی شانس دسترسی عناصر غذایی به سطح ریشه‌ها را زیاد می‌کند.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثرهای اصلی تیمارهای آبیاری بر جذب عناصر غذایی و کربن آلی خاک در دو سامانه خاک‌ورزی.

سطوح آبیاری (m^3 ha^{-1})	جذب نیتروژن		جذب فسفر		جذب روی		کربن آلی خاک پس از برداشت	
	(kg ha^{-1})				(g ha^{-1})		(%)	
	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی
I1 (۹۶۰۰)	۵۷۷ a	۵۴۶ a	۷۸/۴ ab	۸۰/۳ a	۱۲۲۶ a	۱۴۸۰ a	۰/۷۴ b	۰/۸۲ b
I2 (۸۵۵۰)	۵۹۳ a	۴۹۳ b	۸۵/۸ a	۶۹/۹ b	۱۳۴۸ a	۱۴۹۹ a	۰/۸۵ a	۰/۹۰ a
I3 (۷۵۰۰)	۵۳۰ a	۵۰۱ a	۷۰/۸ b	۶۳/۲ bc	۱۱۹۲ a	۱۲۵۰ b	۰/۸۴ a	۰/۸۹ a
I4 (۶۴۰۰)	۴۵۰ b	۴۰۱ b	۵۵/۸ c	۵۵/۶ c	۱۰۰۷ b	۱۱۲۴ b	۰/۷۴ b	۰/۷۹ b

حروف لاتین مشابه در هر ستون نمایانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

اثرهای اصلی تیمارهای نیتروژن

با انجام آزمون t (در جدول نشان داده نشده است) مشخص شد که از لحاظ عملکرد تر و خشک تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای مشابه در دو سامانه کشت وجود نداشت. هر چند در هر دو سامانه کشت تفاوت آماری معنی‌داری بین سطوح مختلف نیتروژن، از لحاظ کارایی مصرف آب وجود نداشت، اما بیشترین میزان کارآیی آب در سامانه کشت مرسوم (۵/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب) از مصرف ۹۰ و در کم‌خاک‌ورزی (۵ کیلوگرم بر مترمکعب) از مصرف ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد. از نظر آماری، کارایی مصرف آب در سطح ۲۷۰ کیلوگرم با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تفاوتی نداشت (جدول ۱۱). در عین حال با انجام آزمون t (در جدول نشان داده نشده است) مشخص شد که از لحاظ قطر و ارتفاع بوته‌ها تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای مشابه در دو سامانه کشت وجود نداشت.

بر اساس مطالعات انجام شده، هر چند نیتروژن عنصر مهمی برای تغذیه انسان و گیاه است اما مصرف بالای نیتروژن و عملیات خاک‌ورزی زیاد نه تنها تولیدات گیاهی را کاهش می‌دهند بلکه شرایط را برای فرسایش خاک و آلودگی آب و هوا زیاد می‌کنند (گودفرای و همکاران ۲۰۱۰).

جدول ۱۱- مقایسه میانگین‌های برخی صفات مورد بررسی در دو سامانه خاک‌ورزی برای اثر اصلی نیتروژن.

سطوح نیتروژن	عملکرد تر		عملکرد خشک		کارایی مصرف آب		ارتفاع بوته‌ها		قطر ساقه‌ها	
	(t ha^{-1})				(kg m^{-3})		(mm)			
	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی
N0	۵۵/۹۰ b	۵۶/۷۳ b	۳۷/۰۱ b	۳۶/۸۴ a	۴/۶۳ a	۴/۶۰ a	۲۳۹ b	۲۵۹ a	۱۹/۵ b	۱۹/۳ b
N90	۶۲/۱۰ a	۵۹/۶۰ ab	۴۰/۰۸ a	۳۷/۴۷ a	۵/۰۲ a	۴/۶۹ a	۲۵۴ a	۲۶۱ a	۲۰/۷ a	۲۰/۳ ab
N180	۶۳/۲۳ a	۶۲/۶۵ a	۴۰/۱۰ a	۳۹/۱۳ a	۴/۹۸ a	۴/۹۰ a	۲۵۴ a	۲۵۴ a	۲۱/۵ ab	۲۰/۶ a
N270	۶۱/۴۲ a	۶۱/۱۴ ab	۳۹/۵۳ ab	۳۹/۷۹ a	۴/۹۲ a	۵/۰۰ a	۲۳۸ b	۲۲۹ b	۱۹/۹ b	۱۹/۹ ab

حروف لاتین مشابه در هر ستون نمایانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

از اثرهای نیتروژن بر افزایش عملکرد گزارش‌هایی در دست است. اعتقاد بر این است که نیتروژن با اثر بر تقسیم سلولی و همچنین کمک به جذب سایر عناصر غذایی باعث افزایش رشد می‌گردد (عزیزیان و سپاسخواه ۲۰۱۴).

نتایج نشان داد که اثر نیتروژن مصرفی بر عملکرد تابعی از فراهمی آب در خاک است و با افزایش تنش بایستی مقدار نیتروژن کاربردی را کاهش داد که با نتایج قیصری و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی دارد.

بر اساس نتایج به دست آمده، در خاک‌ورزی مرسوم بیشترین جذب نیتروژن و فسفر از کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و در کم‌خاک‌ورزی از کاربرد ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. بیشترین جذب روی در سامانه‌های مرسوم و کم‌خاک‌ورزی از کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد. در سامانه‌های مرسوم و کم‌خاک‌ورزی، بالاترین میزان کربن آلی خاک پس از برداشت به میزان‌های ۰/۸۵ و ۰/۸۸ درصد به‌ترتیب از کاربرد ۹۰ و ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. در هر دو سامانه کمترین میزان جذب نیتروژن و فسفر از عدم کاربرد نیتروژن به‌دست آمد. در هر سطحی از نیتروژن، مقدار جذب نیتروژن، فسفر و روی در سامانه کشت مرسوم بیش از مقدار جذب این عناصر در سامانه کم‌خاک‌ورزی بود. اما در هر سطحی از نیتروژن، میزان کربن آلی خاک پس از برداشت در سامانه کم‌خاک‌ورزی بیش از مرسوم بود.

اعتقاد بر این است که بقایای گیاهی باقیمانده از عملیات کم‌خاک‌ورزی موجب افزایش فعالیت موجودات میکروبی خاک می‌گردد افزایش جمعیت میکروبی خاک ناشی از بقایای گیاهی، به نیتروژن بیشتری نیاز دارد تا با تعدیل نسبت کربن به نیتروژن، از زردی گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد ناشی از آلی شدن نیتروژن توسط موجودات میکروبی جلوگیری نماید (پاتیل و شلاوانتا ۲۰۰۶). هورمن و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که در سیستم بی‌خاک‌ورزی زمین توسط بقایای گیاهی پوشانده می‌شود.

بقایا و پوشش‌های گیاهی مشکلات و مسائلی را از نظر آلی شدن نیترات بوجود می‌آورند در این شرایط مواد آلی مورد حمله ریزجانداران خاک قرار گرفته و نیتروژن موجود در بقایای گیاهی و خاک را مصرف نموده و جزیی از بدن خود می‌کنند در نتیجه گیاه با کمبود نیتروژن مواجه خواهد شد. فنگ و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش نمودند که کم‌خاک‌ورزی موجب تنظیم کربن خاک و بهبود وضعیت نیتروژن می‌گردد.

اثرهای توام سطوح مختلف آب، نیتروژن و دو سامانه خاک‌ورزی:

بر اساس نتایج به دست آمده بالاترین عملکرد تر و خشک در سامانه کشت مرسوم به‌ترتیب به میزان‌های ۷۲/۷۵۰ و ۴۷/۴۷۳ تن در هکتار از کاربرد توام ۹۰ کیلوگرم نیتروژن و ۸۵۵۰ مترمکعب آب (تیمار N90I2) به دست آمد.

مقایسه این تیمار با تیمارهایی که از لحاظ آماری در یک گروه قرار داشتند نشان داد که همین تیمار برای شرایط مشابه از نظر اقلیمی و شرایط خاکی قابل توصیه می‌گردد اما در سامانه کشت کم‌خاک‌ورزی بیشترین عملکرد تر و خشک به‌ترتیب به میزان‌های ۶۹/۵۰۰ و ۴۳/۶۴۲ تن در هکتار از کاربرد توام ۱۸۰

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثرهای اصلی نیتروژن بر جذب عناصر غذایی و کربن آلی خاک در دو سامانه خاک‌ورزی.

سطوح نیتروژن	جذب نیتروژن		جذب فسفر		جذب روی		میزان کربن آلی خاک پس از برداشت
	(kg ha^{-1})				(g ha^{-1})		(%)
	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی
N0	۴۸۸ b	۴۱۶ b	۶۴/۸ b	۵۷/۵ b	۱۹۵۲ b	۱۹۳۰ b	۰/۷۴۴ b	۰/۸۰۰ b
N90	۵۴۳ ab	۴۸۰ ab	۶۹/۵ ab	۶۷/۸ a	۲۰۶۵ ab	۲۰۳۰ ab	۰/۸۵۰ a	۰/۸۵۷ a
N180	۵۶۹ a	۴۸۶ ab	۷۸/۴ a	۶۸/۰ a	۲۱۵۰ a	۲۰۶۰ a	۰/۸۳۷ a	۰/۸۶۵ a
N270	۵۵۰ ab	۵۵۸ a	۷۸/۲ a	۷۵/۷ a	۱۹۸۵ b	۱۹۹۰ ab	۰/۷۴۰ b	۰/۸۷۶ a

حروف لاتین مشابه در هر ستون نمایانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

کیلوگرم نیتروژن و ۹۵۰۰ مترمکعب آب (تیمار N180I1) به‌دست آمد که با چند تیمار دیگر از جمله تیمار N90I2 و N270I3 در یک گروه آماری قرار داشتند که به‌علت مصرف آب کمتر، تیمار N270I3 (کاربرد توام ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن و ۷۵۰۰ مترمکعب آب) به‌عنوان تیمار برتر از لحاظ عملکرد در این سامانه معرفی می‌گردد.بیشترین کارایی مصرف آب در سامانه کشت مرسوم به میزان ۵/۵۵ کیلوگرم از تیمار N180I2 به‌دست آمد که با برخی تیمارها از جمله N180I3 و N90I2در یک گروه آماری قرار داشتند که به‌دلیل مصرف آب کمتر، تیمار N180I3 (کاربرد توام ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و ۷۵۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار) تیمار برتر این سامانه از لحاظ کارایی مصرف آب معرفی می‌گردد.

در سامانه کشت کم‌خاک‌ورزی بیشترین کارایی مصرف آب در سامانه کشت مرسوم به میزان ۵/۵۰ کیلوگرم به ازا هر مترمکعب آب از تیمار N180I2 به‌دست آمد که با برخی تیمارها از جمله N180I4 در یک گروه آماری قرار داشتند که در مجموع همین تیمار N180I4 (کاربرد توام ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و ۶۴۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار) به‌عنوان تیمار برتر این سامانه کشت از لحاظ کارایی مصرف آب معرفی می‌گردد.

مقایسه دو سامانه مختلف خاک‌ورزی نشان داد که در مجموع در تمامی سطوح نیتروژن مصرفی، میزان کارایی زراعی و کارایی فیزیولوژیک در کشت مرسوم بالاتر از کشت کم‌خاک‌ورزی بود.

مقایسه کارایی نیتروژن در دو سامانهٔ خاک‌ورزی: نتایج نشان داد که در سامانهٔ کشت مرسوم بیشترین مقدار کارایی زراعی، کارایی فیزیولوژیک و کارایی بازیابی ظاهری از کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد در حالی که در کشت کم‌خاک‌ورزی، بالاترین مقادیر کارایی زراعی و کارایی فیزیولوژیک از کاربرد ۱۸۰ و بیشترین مقدار کارایی کارایی بازیابی ظاهری از کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد (جدول ۱۴).

نشان داده شده است که افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش محسوس کارایی زراعی نیتروژن می‌گردد به‌طوری که، در شرایط تنش شدید خشکی افزایش مصرف این عنصر اثر بسیار ناچیزی بر افزایش عملکرد دارد و موجب کاهش قابل توجه کارایی زراعی کود می‌گردد (همت و مصدقی ۱۹۹۱).

باربیری و همکاران (۲۰۰۸) نیز کاهش کارایی بازیابی ظاهری بر اثر مصرف نیتروژن را به‌علت ثابت بودن ظرفیت جذب و استفاده از نیتروژن توسط گیاه و افزایش هدرروی این عنصر می‌دانند.

جدول ۱۳-مقایسه میانگین‌های اثرهای توام تیمارها بر برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در دو سامانه مختلف خاک‌ورزی.

تیمارها	عملکرد تر		عملکرد خشک		کارایی مصرف آب		ارتفاع بوته‌ها		قطر ساقه‌ها	
	($t\ ha^{-1}$)				($kg\ m^{-3}$)		(mm)			
	مرسوم	کم خاک‌ورزی	مرسوم	کم خاک‌ورزی	مرسوم	کم خاک‌ورزی	مرسوم	کم خاک‌ورزی	مرسوم	کم خاک‌ورزی
N0I1	۵۶/۷۵ de	۶۰/۸۳ bcd	۳۷/۹۹ d	۳۹/۱۷ bc	۴/۰۰ f	۴/۳۳ ed	۲۴۵ bcd	۲۵۱ cd	۲۰/۰ ad	۱۹/۸ abc
N0I2	۶۱/۴۲ cd	۵۸/۲۵ ce	۴۱/۶۸ bcd	۳۸/۲۳ abc	۴/۰۳ ef	۴/۲۹ e	۲۲۱ abc	۲۵۳ bcd	۱۹/۳ bcd	۲۰/۶ a
N0I3	۵۷/۸۳ cd	۶۰/۰۰ b.e	۳۸/۵۷ cd	۳۸/۵۷ abc	۴/۵۷ cef	۴/۵۹ cde	۲۳۵ c.f	۲۴۵ d	۱۹/۹ ad	۱۹/۱ bc
N0I4	۴۷/۵۸ f	۴۷/۸۳ g	۲۹/۸۰ e	۲۹/۳۹ e	۴/۴۱ def	۴/۴۸ de	۲۲۴ ef	۲۲۲ f	۱۸/۸ cd	۱۸/۰ c
N90I1	۶۳/۰۰ bcd	۶۴/۱۷ abc	۳۸/۳۰ cd	۴۰/۷۵ ab	۴/۷۴ a.f	۴/۳۵ de	۲۶۷ a	۲۵۱ cd	۲۱/۴ ab	۱۹/۸ abc
N90I2	۷۲/۷۵ a	۶۷/۴۲ ab	۴۷/۴۷ a	۴۱/۲۴ ab	۵/۵۴ a	۴/۶۹ b.e	۲۶۰ ab	۲۵۳ bcd	۲۱/۳ abc	۲۰/۳ abc
N90I3	۶۳/۵۰ bcd	۵۷/۱۷ c.f	۴۱/۶۰ bcd	۳۶/۳۶ bcd	۵/۲۵ a.d	۴/۵۴ d.e	۲۶۰ ab	۲۴۵ d	۲۱/۰ abc	۲۱/۰ ab
N90I4	۴۹/۱۷ ef	۴۹/۶۷ fg	۳۱/۶۳ e	۳۱/۵۱ de	۵/۱۷ a.d	۴/۶۷ b.e	۲۳۰ def	۲۲۲ f	۱۸/۸ cd	۲۰/۳ abc
N180I1	۶۹/۷۵ ab	۶۹/۵۰ a	۴۳/۴۵ a.d	۴۳/۶۴ a	۵/۱۴ a.d	۵/۱۴ a.d	۲۶۶ a	۲۶۴ a	۲۱/۶ ba	۲۰/۲ abc
N180I2	۷۰/۷۵ ab	۶۳/۵۸ abc	۴۶/۲۱ ab	۳۹/۹۳ abc	۵/۵۵ a	۴/۸۵ a.e	۲۶۷ a	۲۶۴ a	۲۲/۲ a	۲۱/۷ a
N180I3	۶۵/۴۲ a.d	۶۵/۵۸ abc	۴۱/۳۶ bcd	۴۱/۲۵ ab	۵/۵۱ ab	۵/۵۰ a	۲۵۸ ab	۲۵۸ abc	۲۱/۲ abc	۲۱/۱ ab
N180I4	۴۷/۰۰ f	۵۱/۹۲ efg	۲۹/۳۸ e	۳۱/۷۱۷ de	۴۶/۵abc	۵/۴۶ ab	۲۲۴ ef	۲۳۱ ef	۲۱/۲ abc	۱۹/۴ bc
N270I1	۶۶/۵۰ abd	۶۵/۹۲ abc	۴۱/۸۶ a.d	۴۲/۵۶۷ ab	۴/۶۶ a.f	۴/۵۹ cde	۲۶۷ a	۲۵۷ abc	۲۰/۹ abc	۱۹/۳ bc
N270I2	۶۸/۹۲ ab	۶۳/۳۳ abc	۴۵/۴۹ abc	۴۱/۰۵۸ ab	۴/۹۴ a.e	۴/۹۲ a.e	۲۵۸ ab	۲۶۱ abc	۲۱/۲ abc	۲۱/۰ ab
N270I3	۶۲/۰۰ bcd	۶۲/۳۳ abc	۴۰/۹۱ bcd	۴۰/۹۴۲ ab	۴/۵۹ b.f	۴/۹۶ a.e	۲۴۰ b.e	۲۵۳ bcd	۱۹/۱ bcd	۱۹/۸ abc
N270I4	۴۷/۱۷ f	۵۲/۹۲ d.g	۲۹/۸۶ e	۳۴/۵۷۵ cde	۴/۶۷ a.f	۵/۴۰ abc	۲۱۶ f	۲۲۸ ef	۱۸/۳ d	۱۹/۳ bc

حروف لاتین مشابه در هر ستون نمایانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۱۴- مقایسه میانگین کارایی زراعی، فیزیولوژیک و بازیابی ظاهری نیتروژن در دو سامانه مختلف خاک‌ورزی.

سطوح نیتروژن ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد علوفه خشک		کارایی زراعی		کارایی فیزیولوژیک		کارایی بازیابی ظاهری	
	($t\ ha^{-1}$)		($kg\ kg^{-1}$)					
	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	مرسوم	کم‌خاک‌ورزی
N0	۳۷/۰۱ b	۳۶/۸۴ a	–	–	–	–	–	–
N90	۴۰/۰۸ a	۳۷/۴۷ a	۳۴/۱	۷/۰	۵۵/۸	۹/۸	۰/۶۱	۰/۷۱
N180	۴۰/۱۰ a	۳۹/۱۳ a	۱۷/۲	۱۲/۸	۳۸/۲	۳۲/۸	۰/۴۵	۰/۳۹
N270	۳۹/۵۳ ab	۳۹/۷۹ a	۹/۴	۱۰/۹	۴۰/۷	۲۰/۸	۰/۲۳	۰/۵۳

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این آزمایش تفاوت آماری معنی‌داری بین دو سامانه خاک‌ورزی از لحاظ ارتفاع و قطر ساقه‌ها، عملکرد علوفه تر و خشک، میزان کارایی آب و میزان جذب نیتروژن وجود نداشت و در شرایط مشابه می‌توان سامانه کشت کم‌خاک‌ورزی را جایگزین روش مرسوم نمود. علاوه بر این گرچه بر اساس نتایج به‌دست آمده، تیمارهای انتخابی از لحاظ عملکرد تر و خشک در سامانه‌های کشت مرسوم و کم‌خاک‌ورزی به‌ترتیب از اعمال تیمارهای N90I2 و N270I3 بودند اما از لحاظ کارایی مصرف آب، در سامانه کشت مرسوم تیمار N180I3 (کاربرد توام ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و ۷۵۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار) و در سامانه کم‌خاک‌ورزی تیمار N180I4 (کاربرد توام ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و ۶۴۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار) با به ترتیب ۵/۵۱ و ۵/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب تیمارهای برتر بودند. این نتیجه

نشان داد که برای دستیابی به مطلوب‌ترین عملکرد در سامانه خاک‌ورزی مرسوم به آب بیشتر و نیتروژن کمتری نسبت به خاک‌ورزی مرسوم نیاز است. از لحاظ کارایی مصرف آب نیز سامانه کم‌خاک‌ورزی با آب کمتری به بیشترین میزان کارایی می‌رسد.

منابع مورد استفاده

Afzali Gorouh H, Asoodar MA 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(3): 47-58. (In Farsi).

AliEhyaee M and Behbahani Zadeh AA, 1993. Description of Soil Chemical Analysis Methods. Technical publication No. 1024, Vol. 2. Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. (In Farsi).

Azizian A and Sepaskhah AR, 2014. Maize response to different water, salinity and nitrogen levels: agronomic behavior. International Journal of Plant Production 8 (1):107-130.

Barbieri PA, Echeverría EH, Rozas HRS and Andrade FH, 2008. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. Agronomy Journal 100:1094–1100.

Emami A. 1996. Methods of Plant Analysis. Technical Publication No. 182. Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. (In Fasi).

Feng Y, Ning T, Li Z, Han B, Han Li Y, Sun T and Zhang X, 2014. Effects of tillage practices and rate of nitrogen fertilization on crop yield and soil carbon and nitrogen. Plant Soil Environment 60(3): 100–104.

Gheysari M, Mirlatifi SM, Bannayan M, Homaee M and Hoogenboom G, 2009. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. Agricultural Water Management 96(5): 809-821.

Godfray HC, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM and Toulmin C, 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. Science, 327: 812–818.

Halvorson A, Mosier AR, Reule CA and Bausch WC, 2006. Nitrogen and tillage effects on irrigated continuous corn yields. Agronomy Journal 98(3):63–71.

Hanks RJ, Keller J, Rasmussen VP and Wilson BD, 1976. Line source sprinkler for continious variable irrigation crop production studies. Soil Science Society of America Journal 40:426-429.

Hashemi M, Koochaki A and Banayan M, 1995. Maximizing Crop Yield. (Translated). 10th ed. Ferdowsi University Press. Iran, Mashhad. 288 pages. (In Farsi).

Hemat, A and Mosadeghi M, 1991. Tillage for Crop Production Areas of Low Rainfall (Translated). Agricultural Research, Education and Extension Press. Tehran, Iran. 161 Pages. (In Persian).

Hoorman H, Islam R, Sundermrier A and Reeder R, 2009. Using cover crop to convert to no-till. Ohio State University Extension. Available at: http://ohioline.osu.edu

Jin H, Qingjie W, Hongwen L, Lijin L and Huanwen G, 2009. Effect of alternative tillage and residue cover on yield and water use efficiency in annual double cropping system in North China Plain. Soil and Tillage Research 104:198-205

Judith N, Chantigny M, Dayegamiye A and Laverdiere M, 2009. Dairy cattle manure improves soil productivity in low residue rotation systems. Agronomy Journal 101:207-214.

Moroke TS, Schwartz RC, Brown KW and Juo ASR, 2005. Soil water depletion and root distribution of three dryland crops. Soil Science Society of America Journal 69: 197-205.

Morris NL, Miller PCH, Orson JH and Froud-Williams RJ, 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment – A review. Soil and Tillage Research 108: 1–15.

Paolo ED and Rinaldi M, 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crops Research 105: 202-210.

Patil SL and Sheelavantar MN, 2006. Soil water conservation and yield of winter sorghum as influenced by tillage, organic materials and nitrogen fertilizer in semi-arid tropical India. Soil and Tillage Research 89: 246-257.

Rahimizadeh M, 2010. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. Australian Journal of Crop Science 3:89-93.

Ramezani Moghaddam J, Houshmand AR, Naseri AA, Meskarbashi M, Azizi Mobaser A. 2016. Effect of different levels of irrigation and nitrogen fertilizer on spring maize yield in the presence of groundwater. Water and Soil Science, Tabriz Univercity. 27(4): 229-251. (In Farsi).

Sepidehdam S and Ramroudi M, 2015. Effects of tillage systems and nitrogen fertilizers on yield, yield components and wheat protein content. Journal of Applied Research of Plant Echophysiology. 2(2): 33-46.

Shaver TM, Peterson GA, Ahuja LR, Westfall DG, Sherrod LA and Dunn G, 2002. Surface soil properties after twelve years of dryland notill management. Soil Science Society America Journal 66: 1292–1303.

Stevens WB, Hoeft RG and Mulvaney RL, 2005. Fate of N15 in a long-term nitrogen rate study: II. Nitrogen uptake efficiency. Agronomy Journal, 97: 1046 - 1053.

Zaree M, Kazemaini SAR and Bahrani MJ, 2015. Effect of tillage systems and water stress on wheat growth and yield. Iranian Journal of Field Crops Research. 12(4): 793-804. (In Farsi).

Ziaeian AH and Malakouti MJ, 1991. The Necessity of Applying Optimum Fertilizer Management in Order to Increase Yield and Improve the Quality of Corn. Technical Publication No. 2002. Agricultural Education Press, Karaj, Iran. (In Farsi).