Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 52, No 3, Autum 2021 (25-40)
DOI: 10.22059/IJFCS.2020.295521.654681

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۳، تابستان ۱۴۰۰ (ص ۴۰-۲۵)

ارزیابی اثر خاک‌ورزی، تنش آبی و کود نیتروژن بر کیفیت علوفه ذرت در کرج

اسماعیل افشون[۱]، حسین مقدّم*[۲]، محمدرضا جهانسوز[۳]، سعید صوفی‌زاده[۴]، مصطفی اویسی[۵]

۱و۲و۳و۵- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار، استاد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران،

٤- دانشیار، پژوهشکدهٔ علومی محیطی دانشگاه شهید بهشتی تهران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۷- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۲۵)

چکیده

برای مطالعهٔ اثر نیتروژن به همراه رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و کیفیت ذرت علوفه‌ای کشت شده در خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی، آزمایشی در سال ۱۳۹۷ به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعهٔ دانشگاه تهران اجرا شد. خاک‌ورزی به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح (بی‌خاک‌ورزی و مرسوم)، تنش آبی به‌عنوان عامل فرعی در سه سطح ۳۰، ٦۰ و ۹۰ درصد نیاز رطوبتی و کود نیتروژن به‌عنوان عامل فرعی‌فرعی در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ در صد میزان توصیه شده بر روی صفات کیفی (DMD، WSC، CP، ADF، NDF، CF و Ash) و ماده خشک گیاه ذرت مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشترین ماده خشک تولیدی ذرت (۱۸/۳ تن در هکتار)، به تیمار بدون تنش آب در خاک‌ورزی مرسوم تعلق داشت و ماده خشک تولیدی (۷/۲ تن در هکتار) در تیمار تنش شدید آب و بی‌خاک‌ورزی مشاهده شد. بیشترین درصد پروتئین خام در علوفه ذرت (۱۲/۲۲ درصد) مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به همراه عدم‌وجود تنش آب در خاک‌ورزی مرسوم بود و کمترین آن (٦/۱۱ درصد) به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و تنش آبی متوسط در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی تعلق داشت. بیشترین درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در علوفه ذرت (۲۵/٤۳ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به همراه تنش آبی شدید در خاک‌ورزی حفاظتی مشاهده شد و کمترین شوینده آن (۱۳/۲۷ در صد) از تیمار ۱۰۰ در صد کود نیتروژن به همراه تنش آبی متوسط در خاک‌ورزی حفاظتی به‌دست آمد. از لحاظ زراعی، به نظر می‌رسد که امکان دستیابی به اهداف خاک‌ورزی حفاظتی در کوتاه مدت میسّر نیست؛ به عبارت دیگر، خاک‌ورزی حفاظتی پس از طی دوران گذار تأثیرگذار خواهد بود. همچنین، افزایش مقدار نیتروژن در شرایط تنش آبی تأثیر مثبتی بر خصوصیات کیفی علوفه نداشت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، خاک‌ورزی حفاظتی، خاک‌ورزی متداول، کود شیمیایی، کیفیت علوفه.

Effect of tillage, water stress and nitrogen fertilizer on forage quality of maize in Karaj

Esmaeil Afshoon[1], Hossein Moghadam[*2], Mohammad Reza Jahansooz[3], Saeed Soufizadeh[4], Mostafa Oveisi[5]

1,2,3,5. Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture Faculty, University of Tehran, Iran.
4. Environmental Research Institute, Shahid Beheshti University of Tehran, Iran.

(Received: January 7, 2020 - Accepted: May 14, 2020)

ABSTRACT

To study the effect of nitrogen fertilizer and irrigation regimes on yield and some qualitative traits of forage maize cultivated under traditional and conservational tillage systems, an experiment was conducted in 2018 in split-split plot on randomized complete block design with three replications in University of Tehran. The effects of tillage as main factor in two levels (traditional and no-till), water stress as the sub-factor in three levels (30%, 60% and 90% of moisture requirement) and nitrogen fertilizer as a sub sub-factor at three levels (0%, 50% and 100% of the recommended rate) were studied on qualitative traits (DMD, WSC, CP, ADF, NDF, CF and Ash) and dry matter of maize plant. The results showed that the highest dry matter of maize (18.3 t ha^{-1}) was obtained from no-water stress treatment under traditional tillage which was and the lowest (7.2 t ha^{-1}) was observed in severe water stress under no-till condition. 100% nitrogen fertilizer treatment with no-water stress under traditional tillage produced the highest percentage of crude protein (12.22%)and non-nitrogen fertilizer and moderate water stress treatment under no-till resulted in the lowest crude protein (6.11%) . The highest (25.43%) and lowest (13.27%) percentage of acid detergent fiber in corn forage was obtained from 100% nitrogen fertilizer with severe water stress under conservation tillage and 100% nitrogen fertilizer with moderate water stress under no-till conditions, respectively. Agronomically, it seems that it is not possible to achieve the aims of no-till in short-term. In other words, conservation tillage will be effective after the transition stage. Also, increasing nitrogen content under water stress did not have a positive effect on forage quality.

Keywords: Conservational tillage, chemical fertilizer, drought stress, forage quality, traditional tillage.

* Corresponding author E-mail: hmoghadam@ut.ac.ir

مقدمه

بنابر مطالعات انجام شده بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۲۰، تقاضا برای تولیدات دامی، دو برابر شده است و تولید گوشت و شیر در کشورهای در حال توسعه، سالانه به‌ترتیب ۲/۷ و ۳/۲ درصد رشد خواهد کرد. بهبود تولید علوفه هم از لحاظ مقدار تولید و هم از لحاظ کیفیت، راهکار موثری در دستیابی به این سرمایه‌ها و افزایش تولیدات دامی است (Hasanvand *et al*., 2010). ذرت (*Zea mays* L) یکی از مهم‌ترین غلات در تغذیه انسان و دام است که در شرایط مختلف آب و هوایی به صورت دانه‌ای و علوفه‌ای تولید می‌شود. این گیاه به دلیل داشتن مواد قندی و نشاسته‌ای زیاد و همچنین تولید میزان زیادی محصول در واحد سطح، قابل توجه است و یکی از بهترین و مناسب‌ترین گیاهان علوفه‌ای به شمار می‌آید (Klopfenstein *et al*., 2013). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی تاثیرگذار بر تولیدات کشاورزی است که تاثیر چشمگیری بر عملکرد دارد (Lauer, 2003). خشکی، رشد و تولید مثل گیاه را نسبت به دیگر عوامل محیطی، به میزان بیشتری محدود می‌کند (Ozturk & Aydin, 2004). علاوه بر کمبود آب، کمبود نیتروژن نیز فشار مضاعفی بر رشد و عملکرد گیاه وارد می‌کند (Zhao *et al*., 2005). افزایش نیتروژن منجر به افزایش ماده خشک و عملکرد دانه، توسعه ریشه‌ها و جذب بیشتر رطوبت از خاک می‌شود (Haghjoo & Bahrani, 2014). علاوه بر آن افزایش نیتروژن باعث تسریع رشد سبزینه‌ای، افزایش حجم بخش هوایی گیاه و افزایش تبخیر و تعرق می‌شود (Hopkins, 2004). مواد آلی در خاک‌های کشور، در حال تهی شدن است و مقدار آن در این خاک‌ها به کمتر از ۰/۵ درصد کاهش یافته است و این در حالی است که مقدار بهینهٔ مواد آلی خاک برای تولید مناسب، حداقل دو تا پنج در صد می‌باشد (Banai *et al*., 2005). بقایای گیاهی می‌توانند با جایگزینی یا فراهم کردن عناصر غذایی در خاک، سبب حفظ قدرت باروری خاک، افزایش غلظت ماده آلی خاک، حفظ آب در خاک، کاهش تبخیر، تحریک فعالیت‌های میکروبی، افزایش دانه‌بندی، کاهش نوسانات دمایی، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی و بهبود قدرت شخم‌پذیری خاک شوند (Salehi *et al*., 2011). خاک‌ورزی حفاظتی، از روش‌های مهم کشاورزی است که به‌طور معمول به‌عنوان یکی از اقدام‌های مؤثر برای محافظت از خاک در برابر فرسایش شناخته می‌شود (Holland, 2004). روش خاک‌ورزی حفاظتی، قادر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها و افزایش اثربخشی ماشین‌ها و ادوات مورد استفاده، حتی برای نظام‌های کشاورزی در مقیاس کوچک می‌شود (Rosner *et al*., 2008). در نظام خاک‌ورزی حفاظتی، میزان آب در لایهٔ بالایی خاک افزایش می‌یابد و بقایای گیاهی بیشتری روی سطح خاک باقی می‌ماند؛ در نتیجه تبخیر کاهش می‌یابد که با کاهش دمای خاک مرتبط است (Rasmussen, 1999). برای ارزیابی کیفی گیاهان علوفه‌ای، تنها تعیین مادهٔ خشک گیاه کفایت نمی‌کند، بلکه اطلاعاتی در مورد قابلیت هضم مادهٔ خشک[1]، کربوهیدرات‌های محلول در آب[2]، پروتئین خام[3]، الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی[4]، الیاف نامحلول در شویندهٔ اسیدی[5]، فیبر خام[6]، خاکستر[7] و میزان انرژی مورد نیاز است (Singh, 1997). در تحقیقاتی به‌منظور ارزیابی تأثیر کود نیتروژن بر ویژگی‌های شیمیایی ذرت و سورگوم مشخص شد که افزایش منبع نیتروژن، منجر به افزایش محتوای پروتئین و زیست‌توده شد، ولی محتوای فیبر کاهش یافت (Almodares *et al*., 2009). برخی محققان در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشته‌اند که نیتروژن تأثیری بر الیاف نامحلول در شویندهٔ اسیدی نداشته

1- Dry Matter Digestibility (DMD)
2- Water-Soluble Carbohydrates (WSC)
3- Crude Protein (CP)
4- Neutral Detergent Fibers (NDF)
5- Acid Detergent Fiber (ADF)
6- Crude Fiber (CF)
7- Ash

است (Budakli-Carpici *et al*., 2010). با بررسی تاثیر تنش خشکی روی کیفیت ارزن، سورگوم و ذرت علوفه‌ای گزارش شد که با کاهش مقدار آب مورد نیاز برای گیاه، مقدار پروتئین به‌طوربه‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Nabati & Rezvani Moghaddam, 2006). برخی محققین نیز گزارش کردند که در فستوکا بلند(*Festuca arundinaceae*) ، کاهش آب آبیاری باعث افزایش مقدار پروتئین خام می‌شود، ولی عملکرد پروتئین خام در هکتار کاهش می یابد، زیرا در شرایط مطلوب آبی، عملکرد ماده خشک بالا است (Asay *et al*., 2002). در تحقیقی، اثر چهار تیمار آبیاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه ذرت را مورد بررسی قرار دادند که بیشترین درصد ماده خشک (۲۶/۵ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد و کمترین آن (۲۳ درصد) در تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (Simsek *et al*., 2011).

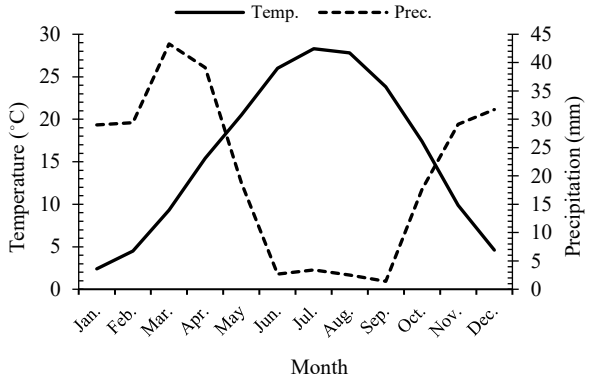
از لحاظ زیستی و زراعی، خاک‌ورزی حفاظتی در راستای کاهش فرسایش خاک (آبی و بادی) و بهبود خصوصیات فیزیکی آن نظیر محتوای ماده آلی، تخلخل، تهویه، نفوذ پذیری و ظرفیت نگهداری آب اتخاذ می‌شود. از این‌رو، در دراز مدت، مواد آلی در خاک افزایش می‌یابد و موجب تقویت فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود که متعاقب آن، محتوای مواد مغذی نیز ارتقاء می‌یابد؛ همچنین، فرآیند معدنی شدن تدریجی مواد آلی از آبشویی عناصر غذایی مهم مانند نیتروژن می‌کاهد. در این نوع مدیریت، مواد آلی، منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود و به‌طور غیرمستقیم، اثرات منفی تنش آبی را تقلیل می‌دهد. از لحاظ اقتصادی، کاهش تردد ماشین‌های کشاورزی نیز موجب صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش هزینهٔ تولید می‌شود. تحقیق حاضر بر مبنای این که بی خاک‌ورزی (نوعی خاک‌ورزی حفاظتی) در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم (شخم عمیق و دو مرحله دیسک قبل از کاشت) می‌تواند در کوتاه مدت تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در عملکرد کمّی و کیفی گیاه زراعی داشته باشد، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج با مشخصات جغرافیایی طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ۱۳۲۱ متر ارتفاع از سطح دریا ، اجرا شد. این منطقه بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، دارای آب و هوای سرد و خشک است. سردترین (حداقل‌ها) و گرم‌ترین (حداکثرها) ماه سال، به‌ترتیب در ماه بهمن (میانگین دمای ۲/۹- درجهٔ سانتی‌گراد) و تیر (میانگین دمای ۳۴/۶ درجهٔ سانتی‌گراد) است. بر اساس اطلاعات ایستگاه سینوپتیک کرج، میانگین بارندگی ۳۳ ساله این منطقه تقریباً ۲۴۸ میلی‌متر است که مقدار ۱۷۳ میلی‌متر (۶۹/۸ درصد) از بارش‌ها در نیمهٔ اول سال زراعی (پائیز و زمستان) و میزان ۶۹/۹ میلی‌متر (۲۸/۱ درصد) از آن در سه ماههٔ سوم سال زراعی (فصل بهار) و بقیه ۵/۲ میلی‌متر (۲/۱ درصد) نیز در فصل تابستان رخ می‌دهد (شکل ۱). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش نیز در جدول ۱ بیان شده است.

این تحقیق به صورت کرت‌های دو بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی در این آزمایش، خاک‌ورزی با دو سطح (بی‌خاک‌ورزی و مرسوم)، عامل فرعی، آبیاری با سه سطح (بدون تنش[1]، متوسط[2] و شدید[3] به‌ترتیب بر اساس ۹۰، ۶۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و عامل فرعی‌فرعی، کود نیتروژن در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص) بودند.

[1]- No water stresses
[2]- Moderate water stress
[3]- Severe water stress



شکل ۱- میانگین دما و بارش ماهانهٔ از دوره دراز مدت (۱۳۶۳-۱۳۹۶) در ایستگاه سینوپتیک کرج.
Figure 1. Average long-term (1985-2017) monthly temperature and precipitation at Karaj synoptic station.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.
Table 1. Physiochemical properties of the experimental site soil.

Depth (cm)	Available K (mg kg^{-1})	Available P (mg kg^{-1})	pH	EC (dS m^{-1})	Soil texture	Sand	Silt	Clay	OC	Total N
						%				
0-30	125	8.3	8.4	0.97	Clay Loam	25	44	31	0.76	0.09
30-60	125	2.2	8.5	1.16	Clay Loam	26	44	30	0.62	0.07

جهت برآورد نقطهٔ ظرفیت زراعی[1] و نقطهٔ پژمردگی دائم[2]، از دستگاه صفحه فشاری[3] استفاده شد و میزان رطوبت خاک به‌ترتیب ۲۵/۳۸ و ۱۲/۳ در صد به‌دست آمد. با توجه به نمونه‌برداری، جرم مخصوص ظاهری خاک، ۱/۳۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب تعیین شد. برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری از رابطه ۱ استفاده شد (Alizadeh, 2004):

$$Dn=[(FC-PWP)/100]\ pb.\ Dr.\ F \qquad \text{رابطه ۱}$$

که در آن، Dn: مقدار آب در هر آبیاری (mm)، FC: درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی، PWP: درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم، pb: جرم مخصوص ظاهری خاک (gr cm^{-3})، Dr: عمق مؤثر ریشه (mm) و F: ضریب تخلیه رطوبت خاک (%) می‌باشد.

به‌منظور تشخیص زمان آبیاری، از دستگاه رطوبت‌سنج خاک ساخت شرکت IMKO استفاده شد. اندازه‌گیری رطوبت خاک، تا عمق ۳۰ سانتی‌متری توسعه ریشه انجام گرفت. آبیاری قطره‌ای به صورت تیپ با فاصلهٔ نازل‌های ۲۰ سانتی‌متر انجام شد و عامل تنش در مرحلهٔ شش برگی ذرت اعمال شد. عامل نیتروژن در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد میزان مورد نیاز (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) با منبع کود اوره به‌ترتیب در مقادیر صفر، ۳۲۶ و ۶۵۲ کیلوگرم در هکتار بود که در سه نوبت (قبل از کشت، هشت برگی و تاسل‌دهی) به‌وسیله دست به صورت نواری پای بوته‌ها اضافه شد. همچین، بر اساس توصیه‌های کودی، کودهای فسفر و پتاسیم به‌ترتیب در مقادیر ۱۲۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت مصرف شد. زمین مورد آرمایش قبل از اعمال تیمارها، تحت کاشت جو بود. در خاکورزی مرسوم، ابتدا زمین توسط گاوآهن برگردان دار شخم و سپس دو مرحله دیسک زده شد و در نهایت برای کاشت ذرت، از کارنده پنوماتیک استفاده

[1]- Field capacity
[2]- Permanent wilting point
[3]- Pressure plate

شـــد. برای کاشـــت ذرت در روش بی‌خاک‌ورزی، با اســتفاده از کارندهٔ مخصــوص بی‌خاک‌ورزی پنوماتیک شرکت تراشکده اقدام به کشت مستقیم بذرها در خاک شـد. در داخل هر کرت، شـش خط کشـت ۱۰ متری وجود داشت. فاصله ردیف‌های کشت ذرت رقم سینگل کراس ۴۰۷ در کرت‌ها، ۵۷ سانتی‌متر و فا صله بوته‌ها روی ردیف نه ســانتی‌متر بود. همچنین فاصــلهٔ بین ســطوح عامل تنش آب، ۱/۵ متر، بین ســطوح عامل نیتروژن، یک متر و بین بلوک‌ها ۱۰ متر در نظر گرفته شده بود.

ردیف‌های اول و شـشـم هر کرت و همچنین دو متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثرات حاشیه‌ای در نظر گرفته شـد. پنج مترمربع از وسـط هر کرت (۷۴ بوته) به‌عنوان برداشت نهایی وزن تر آن ثبت شد و سپس در آون دمای ۷۵ درجهٔ ســانتی‌گراد پس از ۷۲ ســاعت، وزن خ شک آن‌ها توزین شد. برای اندازه‌گیری صفات کیفی، از هر کرت ده بوته به‌طور تصادفی انتخاب شدند و پس از ۷۲ ســا عت در آون با د مای ۷۵ در جهٔ ســانتی‌گراد، آســیاب شــدند و ۱۰ گرم از هر تیمار، به مؤسســه تحقیقات جنگـل‌هـا و مراتـع کشـور منتقل شد و صفات کیفی علوفه شامل درصد ماده خشـــک قابـل هضـم (DMD)، درصـد قنـدهای محلـــــول در آب (WSC)، درصـــد پروتئین خام (CF)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، درصد فیبر خام (CF) و درصد خاکســتر کل (Ash) با اســتفاده از دســتگاه ان‌آی‌آر[1] مدل ۸۶۲۰ اندازه‌گیری شد.

تجزیـــه و تحلیـــل‌هـــای آماری بـــا اســـتفاده از نـــرم‌افزارهـــای SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با اســتفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر ســادهٔ عامل خاک‌ورزی بر صــفات ماده خشـــک، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شـــوینده اســـیدی، فیبر خام و خاکســـتر علوفه در ســـطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار شـــد و بر صـــفات کربوهیدرات های محلول در آب و الیاف نامحلول در شـــوینده خنثی غیرمعنی‌دار بود. همچنین اثر ســـاده عامل تنش آبی و عامل کود نیتروژن بر صـــفات ماده خشـــک، قابلیت هضـــم ماده خشـــک، پروتئین خام، کربوهیدرات های محلول در آب، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (سلولز، لیگنین و سیلیس)، فیبر خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (سلولز، همی سلولز و لیگنین) و خاکســـتر علوفه در ســـطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بودنـد. اثر متقـابـل دوگـانـه تنش آبی و خاک‌ورزی بر صـــفت ماده خشـــک در ســـطح احتمال ۰/۰۵ و بر صفات قابلیت ه ضم ماده خ شک، پروتئین خام، کربوهیدرات های محلول در آب، الیاف نامحلول در شـــوینده اســـیدی، فیبر خام، الیاف نامحلول در شـــوینده خنثی و خاکســـتر علوفه در ســـطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود. اثر متقابل دوگانه کود نیتروژن و تنش آبی بر صفت ماده خ شک غیرمعنی‌دار، بر صفت پروتئین خام در ســـطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار و بر صـــفات قابلیت هضـــم ماده خشـــک، کربوهیدرات‌های محلول در آب، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، فیبر خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و خاکستر علوفه د ســطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود. اثر متقابل دوگانه کود نیتروژن و خاک‌ورزی بر ماده خشـــک علو فه غیرمعنی‌دار و بر صـــفات قابلیت هضـــم ماده خشـــک، پروتئین خام، کربوهیدرات های محلول در آب، الیاف نامحلول در شوینده ا سیدی، فیبر خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و خاک ستر علوفه در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود. اثر متقابل ســـه‌گانه کود نیتروژن، تنش آبی و خاک‌ورزی بر صـــ فت ماده خشـــک، غیرمعنی‌دار و بر صـــفات قابلیت هضـــم ماده خشـــک، کربوهیدرات های محلول در آب، الیاف نامحلول در شوینده ا سیدی، فیبر خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و خاکســـتر علو فه در ســـطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود.

[1]- Near Infrared Reflectance Spectroscopy

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر صفات کیفی ذرت علوفه‌ای.

Table 2. Variance analysis of the effects of different treatments on qualitative traits of forage maize.

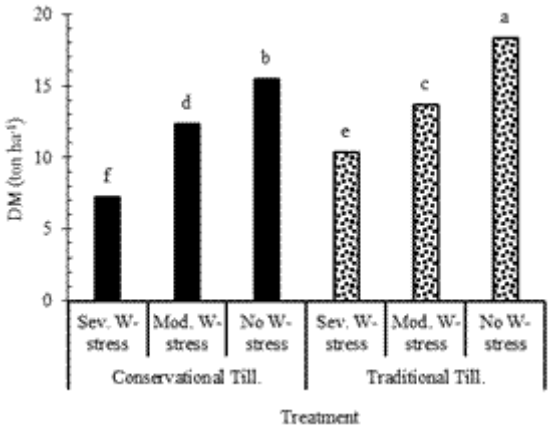
S.O.V.	df	Mean Square							
		Ash	NDF	CF	ADF	WSC	CP	DMD	DM
Replication	2	0.49^{*}	23.61^{ns}	0.02^{ns}	0.07^{ns}	9.45^{*}	0.59^{ns}	0.001^{ns}	1.43^{ns}
Tillage	1	4.36^{**}	22.91^{ns}	46.72^{**}	39.65^{**}	0.49^{ns}	69.95^{**}	35.35^{**}	81.59^{**}
E_a	2	0.01	4.61	0.17	0.01	0.14	0.78	0.33	0.23
Water stress	2	3.44^{**}	130.86^{**}	20.48^{**}	89.71^{**}	53.65^{**}	07.64^{**}	53.72^{**}	295.81^{**}
Water stress × Tillage	2	2.14^{**}	117.47^{**}	19.35^{**}	131.33^{**}	83.45^{**}	37.79^{**}	69.35^{**}	3.91^{*}
E_b	8	0.02	5.22	0.33	0.40	1.43	0.74	0.33	0.72
N. fertilizer	2	0.87^{**}	50.33^{**}	6.18^{**}	30.92^{**}	29.92^{**}	7.17^{**}	18.50^{**}	109.63^{**}
N. fertilizer × Water stress	4	1.02^{**}	13.06^{**}	2.33^{**}	09.64^{**}	08.91^{**}	0.54^{*}	07.95^{**}	0.69^{ns}
N. fertilizer × Tillage	2	1.09^{**}	57.65^{**}	3.94^{**}	17.77^{**}	34.89^{**}	6.94^{**}	12.17^{**}	3.96^{ns}
N. fertilizer × Water stress × Tillage	4	0.71^{**}	92.70^{**}	5.97^{**}	23.72^{**}	32.53^{**}	2.46^{**}	11.62^{**}	0.52^{ns}
E_c	24	0.03	1.89	0.37	1.32	0.35	0.19	01.30	38.76
C.V.	-	3.79	4.81	2.43	6.46	1.89	4.66	1.67	9.86

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * & **:non-significance and significance at 5% and 1%,of probability levels, respectively.

ماده خشک (DM)

بیشترین ماده خشک تولیدی ذرت (۱۸/۳ تن در هکتار)، از تیمار بدون تنش آب در خاک‌ورزی مرسوم به‌دست آمد و کمترین آن (۷/۲ تن در هکتار) در تیمار تنش شدید آب در بی‌خاک‌ورزی مشاهده شد. چون خاک‌ورزی حفاظتی در مراحل ابتدایی و گذار خود قرار دارد، بنابراین برخی از خصوصیات فیزیکی خاک از قبیل تخلخل و ظرفیت نگهداری آب به دلیل تراکم و فشردگی خاک‌دانه‌ها با حد مطلوب آن در خاک‌ورزی حفاظتی تکامل یافته (بیش از ۱۰ سال)، فاصلهٔ قابل‌توجهی دارد که در نتیجه آن، آب کمتری نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. از طرف دیگر، در خاک‌ورزی مرسوم به علت تهویهٔ بیشتر، فرآیند معدنی شدن عناصر نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی در مدت زمان کوتاه‌تری انجام می‌گیرد و آب آبیاری با سرعت بیشتری در خاک نفوذ می‌کند و مقدار کمتری از طریق تبخیر در زمان آبیاری از د ست می‌رود و متعاقب آن، علاوه بر افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی، آب به مقدار بیشتری در اختیار ریشه‌ها جهت تعریق گیاه قرار می‌گیرد.



شکل ۲- ماده خشک کل ذرت علوفه‌ای، تحت تأثیر نوع مدیریت خاک و رژیم‌های آبیاری.

(ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.).

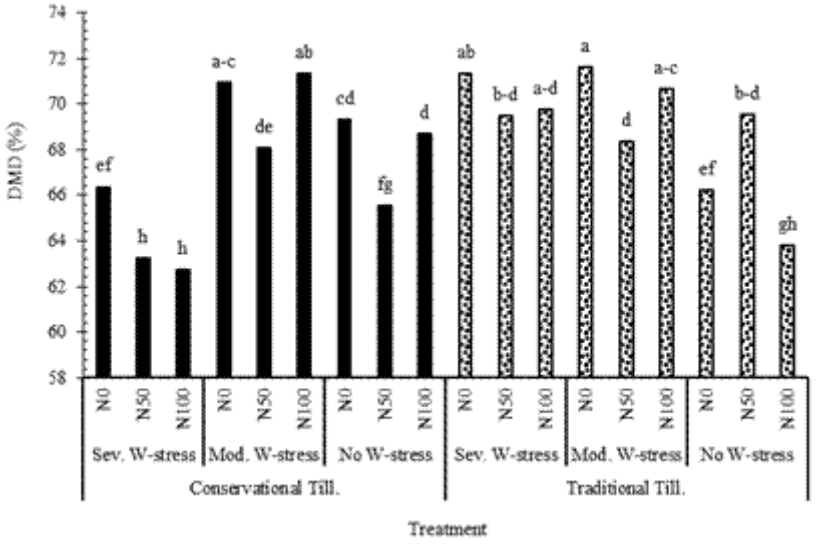
Figure 2. Total dry matter of forage maize affected by soil management and irrigation regimes.
(The columns with the same letters are not significantly different)

محققان دیگر نیز عدم افزایش ماده آلی، افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک (افزایش فشردگی خاک‌دانه‌ها و کاهش تخلخل)، کاهش تهویه و نفوذ آب در خاک، عدم توسعهٔ مطلوب ریشه در خاک و کاهش قابلیت

دسترسی به آب را به‌عنوان دلایل کاهش عملکرد محصول در سال‌های اولیهٔ اجرای خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم گزارش کردند (Ranjbar *et al*., 2017; Afzalinia & Karami, 2018; Dehghanian & Afzalinia, 2018; Afzalinia *et al*., 2019). تنش آبی می‌تواند سطح برگ، سرعت تعرق و انباشت ماده خشک کل را با توجه به ریزش برگ‌ها کاهش دهد که این امر به نوبه خود منجر به کاهش تجمع ماده خشک نهایی می‌شود (Neisani *et al*., 2012). نتایج اکثر آزمایشات انجام‌گرفته در مناطق نیمه‌خشک جهان نشان داده است که این مدیریت خاک، منجر به تغییرات زیستی در اعماق مشخصی از خاک می‌شود، ولی با این‌حال، افزایش عملکرد غلات با اعمال خاک‌ورزی حفاظتی در یک دوره کوتاه حاصل نمی شود و در سال‌های اولیه، تفاوت معنی‌داری ایجاد نمی‌کند (Zarea, 2010).

قابلیت هضم ماده خشک (DMD)

بیشترین (۷۱/۶۴ در صد) و کمترین (۶۲/۷۲ در صد) قابلیت هضم ماده خشک در علوفه ذرت به‌ترتیب در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژنه به همراه تنش آبی متوسط در خاک‌ورزی مرسوم با و تیمار ۱۰۰ در صد کود نیتروژنه به همراه تنش آبی شدید در خاک‌ورزی حفاظتی مشاهده شد (شکل ۳).



شکل ۳- قابلیت هضم ماده خشک ذرت علوفه‌ای، تحت تأثیر نوع مدیریت خاک، رژیم‌های آبیاری و سطوح کود نیتروژنه.
(ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.)

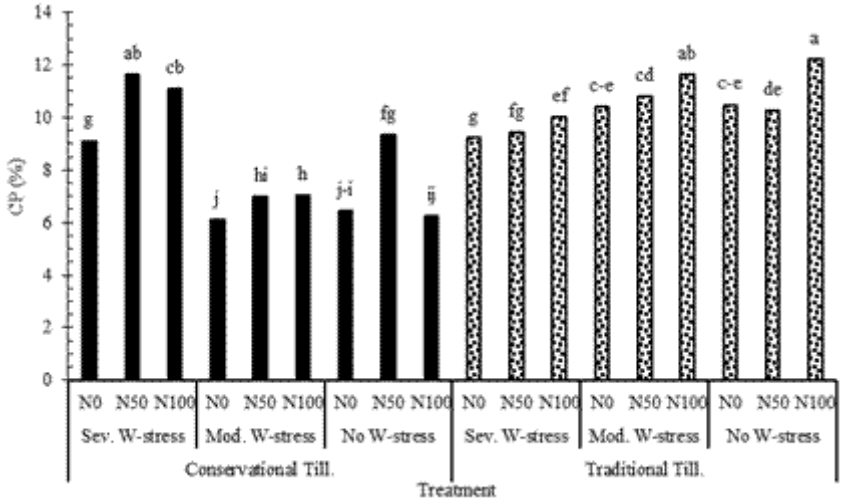
Figure 3. Dry matter digestibility of forage maize affected by soil management, irrigation regimes and nitrogen level.
(The columns with the same letters are not significantly different)

در خاک‌ورزی مرسوم، فراهمی شرایط بهینهٔ رشد و همچنین طولانی بودن فرآیند رشد و نمو نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی احتمالاً موجب افزایش آسمیلات‌های ذخیره‌ای و غیرساختمانی در سلول‌ها شده است. به عبارت دیگر، رشد بیشتر، منجر به انباشت بیشتر ترکیبات غیرساختاری در پیکرهٔ گیاه می‌شود، امّا در تحقیقات دیگر، با افزایش نیتروژن، درصد پروتئین و قابلیت هضم ماده خشک ذرت افزایش معنی‌داری داشته است (Vyn, 1988; Cox *et al*., 1993). چون سطوح بالای نیتروژن، موجب افزایش نسبت برگ به ساقه و همچنین نسبت بلال به شاخساره در گیاه می‌شود که در نتیجه آن، خوش خوراکی و درصد قابلیت هضم علوفه افزایش می‌یابد (Kephart *et al*., 1989). علاوه‌بر این، در مطالعه‌ای مشخص شد که درصد ماده خشک قابل هضم در بی‌خاک‌ورزی (۶۳/۱ درصد) نسبت به خاک‌ورزی نواری (۶۰/۷) و مرسوم (۵۰/۸) بیشتر بود (Idowu *et al*., 2019). با توجه به برخی خصوصیات اراضی مانند بافت خاک (Triplett & Dick, 2008)، تبدیل نوع مدیریت مزارع از خاک‌ورزی مرسوم به خاک‌ورزی

حفاظتی به‌ویژه بی‌خاک‌ورزی، ممکن است که عملکرد کمّی و کیفی محصول را به‌خصوص در سال‌های اولیهٔ دوره گذار، به‌طور منفی تحت تأثیر قرار دهد (Hughes *et al*., 1992; López & Arrúe, 1997; Salem *et al*., 2015). اثرات منفی خاک‌ورزی حفاظتی در طول دوره گذار می‌تواند ناشی از فشردگی خاک (Hughes *et al*., 1992)، دمای پایین خاک در طی استقرار گیاه (Licht & Al-Kaisi, 2005)، قابلیت دسترسی کمتر به موادی مغذی و کارآیی کمتر استفاده از آب (López & Arrúe, 1997) باشد.

پروتئین خام (CP)

بیشترین درصد پروتئین خام در علوفه ذرت با ۱۲/۲۲ درصد، به تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به همراه عدم‌وجود تنش آب در خاک‌ورزی مرسوم بود و کمترین آن با ۶/۱۱ درصد، به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و تنش آبی متوسط در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی تعلق داشت (شکل ۴).



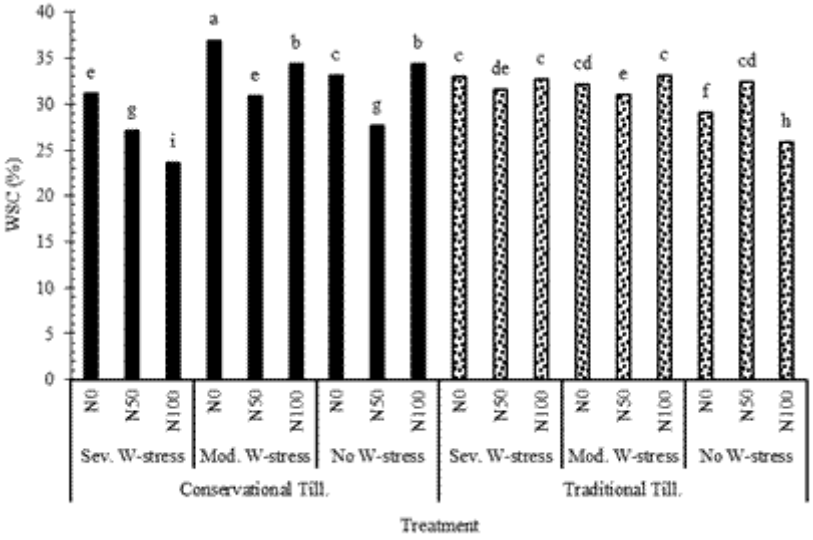
شکل ۴- پروتئین خام ذرت علوفه‌ای، تحت تأثیر نوع مدیریت خاک، رژیم‌های آبیاری و سطوح کود نیتروژنه.
(ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.)

Figure 4. Crude protein of forage maize affected by soil management, irrigation regimes and nitrogen level.
(The columns with the same letters are not significantly different.)

در شرایطی که گیاه با کمبود آب مواجه شود، جهت کاهش اثرات منفی تنش خشکی در سلول‌های گیاه، میزان تولید پرولین (نوعی پروتئین) افزایش می یابد. در خاک‌ورزی حفاظتی، میکروارگانیسم‌ها برای تجزیهٔ بقایای گیاهی که دارای نسبت کربن به نیتروژن بالا می باشد، به نیتروژن نیاز دارند و به همین دلیل، نیتروژن خاک را تا حدودی از دسترس گیاه خارج می‌کنند. مطالعات بسیاری بیانگر افزایش محتوای پروتئین خام علوفه با افزایش کاربرد کود نیتروژن است (Almodares *et al*., 2009). در رابطه با اثر تنش آبی بر کیفیت ارزن، سورگوم و ذرت علوفه‌ای بیان شد که با کاهش مقدار آب مورد نیاز برای گیاه، محتوای پروتئین خام به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Nabati & Rezvani Moghaddam, 2006). ولی در تحقیق دیگری عنوان شد که با کاهش سطح نیتروژن قابل دسترس، مقدار پروتئین خام موجود در شاخ و برگ گیاه ذرت، کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است (Li *et al*., 2010). در سورگوم علوفه‌ای نیز با افزایش سطح کود نیتروژن، درصد پروتئین علوفه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Mirlohi *et al*., 2000). در تحقیقی مشخص شد که با اتخاذ کم‌آبیاری شدید، عملکرد پروتئین خام در ماده خشک ذرت، ۶۶/۵ درصد کاهش یافت و علاوه‌بر آن، تنش آبی بر تولید علوفه اثر منفی داشت (Moosavi *et al*., 2011). در مطالعه‌ای عنوان شد که درصد پروتئین خام و ماده خشک قابل هضم علوفه در خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم بیشتر بود (Kim *et al*., 2009).

کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC)

بیشترین درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه ذرت، ۳۶/۹۸ درصد بود که در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن به همراه تنش آبی متوسط در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی مشاهده شد و کمترین آن (۲۳/۵۷ در صد) به تیمار دریافت ۱۰۰ کود نیتروژن به همراه تنش آبی شدید در خاک‌ورزی حفاظتی تعلق داشت (شکل ۵). در شرایط تنش خشکی، میزان فتوسنتز گیاه به علت محدودیت های روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای کاهش می یابد. عوامل غیرروزنه‌ای در کاهش فتوسنتز در شرایط تنش شدید خشکی بسیار مهم هستند، درحالی که در شرایط تنش ملایم، محدودیت‌های روزنه‌ای، مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر فتوسنتز خالص می‌باشند (Abid *et al*., 2016). محدودیت تثبیت کربن ناشی از بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز در شرایط تنش خشکی، متابولیسم کربوهیدرات و فرآیند توزیع ماده خشک را مختل می‌کند (Gimeno *et al*., 2014). در مطالعه‌ای عنوان شد که کاهش محتوای آب خاک نسبت به ظرفیت زراعی، منجر به کاهش مقادیر گلوکز، فروکتوز و ساکارز (کربوهیدرات‌های ساده) در گیاه شد (Boroujerdnia *et al*., 2016).



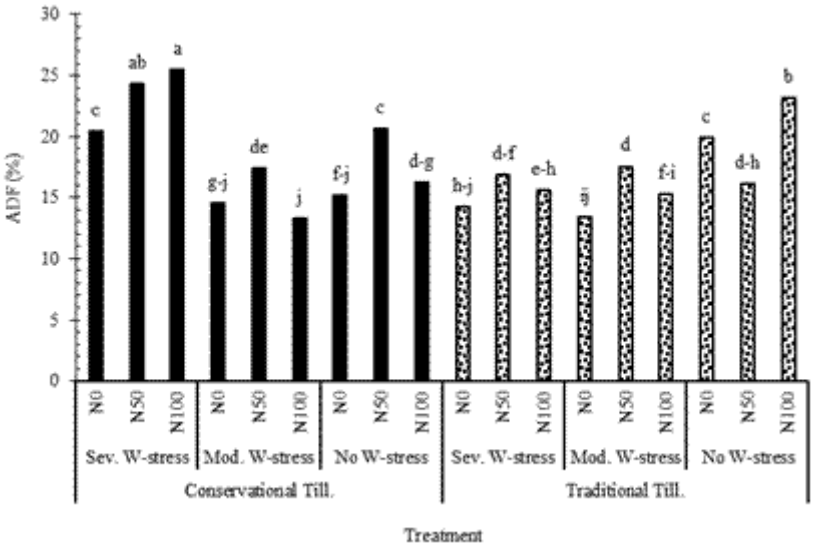
شکل ۵- کربوهیدرات‌های محلول در آب ذرت علوفه‌ای، تحت تأثیر نوع مدیریت خاک، رژیم‌های آبیاری و سطوح کود نیتروژنه.
(ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.)

Figure 5. Water-soluble carbohydrates of forage maize affected by soil management, irrigation regimes and nitrogen level.
(The columns with the same letters are not significantly different.)

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)

بیشترین (۲۵/۴۳ در صد) و کمترین (۱۳/۲۷ در صد) درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در علوفه ذرت به‌ترتیب در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به همراه تنش آبی شدید در خاک‌ورزی حفاظتی بود و کمترین تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به همراه تنش آبی متوسط در خاک‌ورزی حفاظتی مشاهده شد (شکل ۶). به‌نظر می‌رسد که ضخامت دیواره‌های سلولزی و محتوای دیگر ترکیبات دیوارهٔ سلولی تحت شرایط تنش آبی در سلول‌های گیاه زیاد شده است که منجر به افزایش میزان صفات کیفی نامطلوب از جمله ADF علوفه می‌شود. خاک‌ورزی حفاظتی و میزان نیتروژن بالا نیز اثرات منفی کمبود آب را تشدید می‌کنند. وجود بقایای گیاهی در خاک‌ورزی حفاظتی، موجب کُند شدن روند معدنی شدن نیتروژن آلی می شود که متعاقب آن، نیاز گیاه به این عنصر در طول چرخهٔ رشد تأمین نمی‌شود. علاوه‌بر این، نیتروژن قابل‌استفادهٔ خاک، با سرعت توسط میکروارگانیسم‌ها از دسترس

گیاه خارج می‌شود (Parmanik *et al*., 2004). امّا در خاک‌ورزی مرسوم، به دلیل سست شدن خاک سطحی، بهبود تهو یهٔ خاک، افزایش نفوذ آب در خاک، آزاد شدن بیشتر عناصر از ماده عالی خاک طی فرآیند معدنی شدن و فقدان لایهٔ سخت در خاک زیرسطحی، ارتقاء زهکشی و رشد ریشه، مهار علف‌های‌هرز و اجتناب از رقابت، موجب ت سریع در ر شد و افزایش در ماده خشک می‌شود و گیاه فرصت بیشتری جهت انباشت الیاف سلولزی و نامحلول دارد (Idowu *et al*., 2019). امّا برخی از محققان بیان داشتند که میزان نیتروژن مصرف شده برای گیاه، تأثیری بر درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی علوفه آن نداشته است (Carpici *et al*., 2010) در مقابل، گزارشات دیگر حاکی از کاهش محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در اثر افزایش مصرف نیتروژن بوده است (Keskin *et al*., 2005). مقایسهٔ سه نوع خاک‌ورزی (بی‌خاک‌ورزی، مرسوم و نواری) نشان داد که در رابطه با ADF ذرت علوفه‌ای، خاک‌ورزی مرسوم بیشترین (۴۵/۵ درصد) و پس از آن خاک‌ورزی نواری (۳۶/۷ درصد) و بی‌خاک‌ورزی، کمترین مقدار (۳۴/۶) را داشتند (Idowu *et al*., 2019). در مطالعه‌ای مشاهده شد که کم‌آبیاری نیز موجب افزایش محتوای ADF و CF در علوفه ذرت، سورگوم و ارزن و متعاقب آن منجر به کاهش در قابلیت هضم ماده خشک و ارزش غذایی نسبی علوفه هر سه گیاه شد (Jahansouz *et al*., 2014).



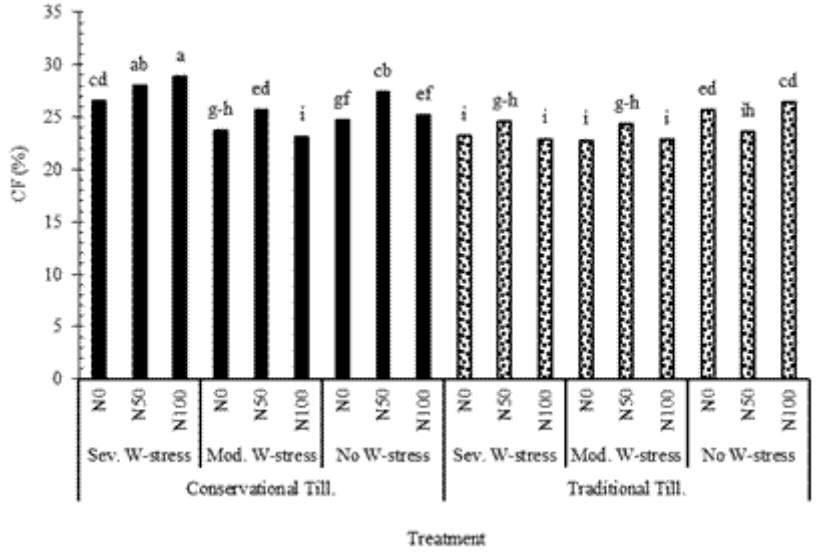
شکل ۶- الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ذرت علوفه‌ای، تحت تأثیر نوع مدیریت خاک، رژیم‌های آبیاری و سطوح کود نیتروژنه.
(ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.)

Figure 6. Acid detergent fibers of forage maize affected by soil management, irrigation regimes and nitrogen level.
(The columns with the same letters are not significantly different.)

فیبر خام (CF)

تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به همراه تنش آبی شدید در خاک‌ورزی حفاظتی و تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن به همراه تنش متوسط در خاک‌ورزی مرسوم، به ترتیب بیشترین (۲۸/۸۸ درصد) و کمترین (۲۲/۷۹ درصد) درصد فیبر خام علوفه ذرت را تولید کردند (شکل ۷). تنش آبی و متعاقب آن کمبود رطوبت در ناحیهٔ ریشه، منجر به کاهش سرعت انتشار و جریان توده‌ای می‌شود؛ بنابراین جذب یون های آمونیوم و نیترات توسط ریشه‌های گیاه کاهش می‌یابد. از این‌رو، ضخامت دیوارهٔ سلولی در نتیجه انباشت الیاف سلولزی بیشتر می‌شود. علاوه‌بر آن، الیاف خام شامل همهٔ مواد غیرقابل ه ضم علوفه شامل سلولز، همی سلولز و لیگنین است و با افزایش بیش از حد مقادیر نیتروژن

خاک، درصد فیبر افزایش و کیفیت کاهش می‌یابد (Ahmadi *et al*., 2005; Javadi *et al*., 2010). نتایج بررسی‌های دیگر نیز نشان داده است که غلظت زیاد نیتروژن در خاک، موجب افزایش ترکیب‌های ضد کیفیت در علوفه می‌شود (Harms & Tucker, 1973; Sumner, 1965). نتایج یک بررسی نشان داد که رابطهٔ بین عملکرد علوفه با کربوهیدرات‌های محلول، منفی و با درصد فیبر خام، مثبت و معنی‌دار بود و همچنین قابلیت هضم علوفه، پروتئین خام و کربوهیدرات‌های محلول در آب با الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، همبستگی منفی داشتند (Sepahvand & Ashraf-Jafari, 2014;Ward *et al*., 2001). در مطالعهٔ اثر خاک‌ورزی‌های مختلف بر کیفیت و ماده خشک سورگوم مشخص شد که شخم عمیق در مقایسه با خاک‌ورزی حفاظتی، بیشترین ماده خشک (۱۵/۱ تُن در هکتار)، درصد فیبر خام (۳۸/۲۷ درصد) و درصد خاکستر (۸/۸۴ درصد) را داشت (Zamir *et al*., 2016).



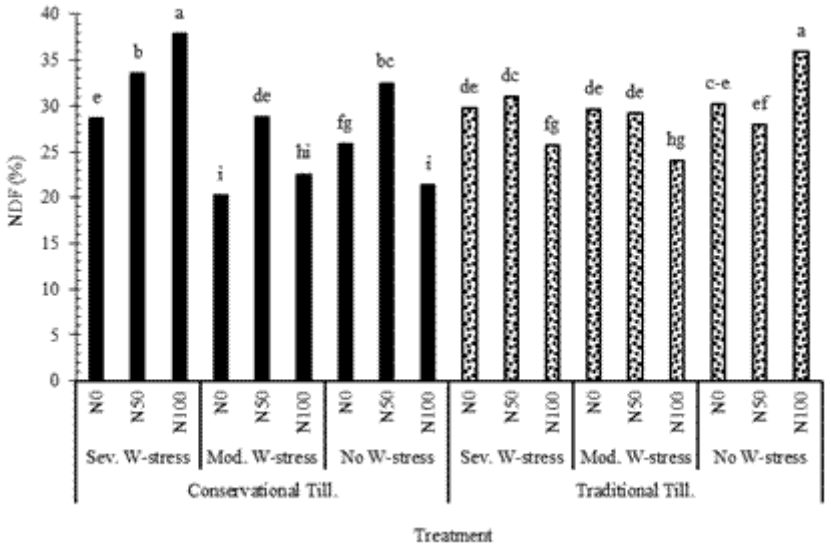
شکل ۷- فیبرهای خام ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر نوع مدیریت خاک، رژیم‌های آبیاری و سطوح کود نیتروژنه.
(ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.)

Figure 7- Crude fibers of forage maize affected by soil management, irrigation regimes, and nitrogen level.
(The columns with the same letters are not statistically significant.)

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)

بیشترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در علوفه ذرت با ۳۷/۸۹ درصد، به تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به همراه تنش آبی شدید در خاک‌ورزی حفاظتی تعلق داشت و کمترین آن با ۲۰/۲۷ درصد، مربوط به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن به همراه تنش آبی متوسط در خاک‌ورزی حفاظتی مشاهده شد (شکل ۸). در خاک‌ورزی حفاظتی که در مراحل آغازین حالت گذار قرار دارد، میزان تخلخل، نفوذپذیری و متعاقب آن ظرفیت نگهداری آب در خاک به علت تراکم خاک‌دانه‌ها، در وضعیت نامطلوب قرار دارد و کاربرد کود نیتروژن در شرایط تنش آبی، منجر به افزایش پتانسیل اسمزی در خاک می‌شود که در نتیجه آن، آب سهل‌الوصول برای جذب گیاه کاهش می‌یابد. علاوه‌بر این، در خاک‌ورزی حفاظتی که در سال‌های اول استقرار خود قرار دارد، نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، ریشه‌های گیاه به خوبی توسعه نمی‌یابند و به همین دلیل در جذب آب و عناصر غذایی با مشکل مواجه می شوند. بنابراین رشد محدود ریشه منجر به رشد محدود اندام‌های هوایی گیاه می‌شود و مواد فتوسنتزی به مصرف ساختن ترکیبات ساختاری و دفاعی در برابر تنش آبی می‌رسد. در تحقیقی گزارش شد که با کاهش مصرف نیتروژن، محتوای سلولز، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده

اسیدی افزایش یافتند، ولی در مقابل، افزایش کاربرد کود نیتروژنه، ابتدا محتوای سلولزی گیاه را پایین آورد و متعاقب آن، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی را کاهش داد (Li *et al*., 2010). صفات الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی با کربوهیدرات‌های محلول در آب و پروتئین خام همبستگی منفی دارند؛ بنابراین با افزایش این الیاف از کیفیت علوفه کاسته می‌شود (Li *et al*., 2010). اما برخی منابع عنوان کردند که اگر چه تنش آبی روی ماده خشک اثر منفی دارد، ولی به دلیل افزایش محتوای اسید آمینه‌ها و در دانه، کیفیت علوفه ذرت را تا حدودی افزایش می‌دهد (Peng-wen, 1999).

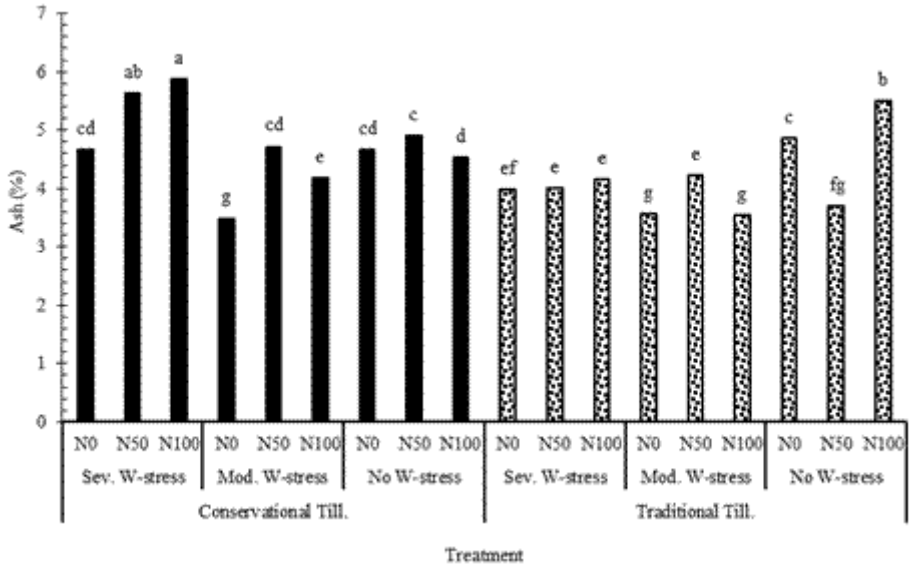


شکل ۸- الیاف نامحلول در شوینده خنثی ذرت علوفه‌ای، تحت تأثیر نوع مدیریت خاک، رژیم‌های آبیاری و سطوح کود نیتروژنه.
(ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.)

Figure 8. Neutral detergent fibers of forage maize affected by soil management, irrigation regimes and nitrogen level.
(The columns with the same letters are not significantly different)

خاکستر (Ash)

بیشترین (۵/۸۷ درصد) و کمترین (۳/۴۹ درصد) در صد خاکستر در علوفه ذرت، به‌ترتیب به تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به همراه تنش آبی شدید در خاک‌ورزی حفاظتی و تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن به همراه تنش آبی متوسط در خاک‌ورزی حفاظتی تعلق داشت (شکل ۹). به نظر می‌رسد که خاک‌ورزی مرسوم برخلاف بی‌خاک‌ورزی، اثرات منفی تنش آبی را تا حدودی تقلیل می‌دهد، زیرا اندام‌های گیاه، شادابی بیشتری نسبت به گیاهان رشدیافته در خاک‌ورزی حفاظتی تحت تنش آبی دارند که بیانگر انباشت کربوهیدرات‌های ساده و غیرساختاری بیشتر می‌باشد. به‌طور معمول در طولانی مدت، خاک‌ورزی حفاظتی به‌دلیل افزایش مواد آلی، آشفتگی کمتر ساختمان خاک و نگهداری رطوبت بیش‌تر در خلل و فرج خاک، موجب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود و از همین رو، پاسخ خاک به اتخاذ سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی منوط به یک دوران گذار است (Simmons & Coleman, 2008). در تحقیقی گزارش شد که کاربرد ۱۰۰ در صد مقدار توصیه شدهٔ کود نیتروژنه در بین سطوح کودی دیگر، بیشترین اثر را در مقادیر صفات مورد بررسی داشته است و همچنین تیمار بدون کود، کمترین مقادیر را به خود نسبت داد (Mohammadi *et al*., 2015).



شکل ۹- درصد خاکستر ذرت علوفه‌ای، تحت تأثیر نوع مدیریت خاک، رژیم‌های آبیاری و سطوح کود نیتروژنه.
(ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.)

Figure 9. Ash percentage of forage maize affected by soil management, irrigation regimes and nitrogen level.
(The columns with the same letters are not significantly different).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان بیان داشت که بسیاری از خصوصیات نامطلوب علوفه در شرایط تنش آبی و کمبود نیتروژن افزایش می‌یابند. علاوه‌بر آن، اگر خاک‌ورزی حفاظتی جهت کشت و کار گیاه زراعی اتخاذ شده باشد، اثر تنش خشکی و فقدان مواد مغذی پرمصرف مانند نیتروژن بیشتر نمود پیدا می‌کند و در نتیجه آن، خصوصیات کیفی نامرغوب در علوفه بیش‌تر نمایان می‌شوند.

REFERENCES

1. Abid, M., Tian, Z., Ata-Ul-Karim, S. T., Liu, Y., Cui, Y., Zahoor, R. & Dai, T. (2016). Improved tolerance to post-anthesis drought stress by pre-drought priming at vegetative stages in drought-tolerant and-sensitive wheat cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 106, 218-227.
2. Afzalinia, S. Karami, A. & Rousta, M. J. (2019). Effect of conservation tillage on soil properties, field capacity, fuel consumption, and wheat yield in the wheat-corn rotation. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 20(72), 163-178. (In Persian)
3. Afzalinia, S. & Karami, A. (2018). Effect of conservation tillage on soil properties and corn yield in the corn-wheat rotation. *Iranian Journal of Biosystem and Engineering*, 49(1), 129-137. (In Persian)
4. Ahmadi, N., Zarghami, R., Ghoshchi, F. & Zand, B. (2005). Effect of nitrogen fertilizer and plant density on yield, protein and crude fiber percentage of silage corn in Varamin region. The Abstract of the 8th *Agronomy and Plant Breeding Science Congress of Iran.* P 330.
5. Alizadeh, A. (2004). *Soil, water, plant relationship* (4th Ed.). University of Emam Reza Press, 470p. (In Persian)
6. Almodares, A., Jafarinia, M. & Hadi, M. R. (2009). The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. *Agriculture and Environment Science*, 6, 441-446.
7. Asay, K. H., Jensen, K. B. Waldron, B. Han, L. G. & Monaco, T. A. 2002. Forage quality of tall fescue across an irrigation gradient. *Agronomy Journal*, 94(3), 1337-1343.
8. Banai, M. H., Momeni, A., Baybourdi, M. & Malakouti, M. J. (2005). *Soils of Iran: New Developments in Identification, Management and Utilization of Soil and Water Research Institute*. Sana, Tehran, 500 pp. (In Persian)

9. Beyaert, R. P., Schott, J. W. & White, P. H. (2002). Tillage effects on corn production in a coarse-textured soil in southern Ontario. *Agronomy Journal*, 94(4), 767-774.
10. Boroujerdnia, M., Bihamta, M., Alami Said, K. & Abdossi V. (2016). Effect of drought tension on proline content, soluble carbohydrates, electrolytes leakage and relative water content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Physiology Journal*, 8 (29), 23-41. (In Persian)
11. Budakli-Carpici, E., Celik, N. & Bayram, G. (2010). Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and nitrogen rate. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(2), 128-132.
12. Carpici, E. B., Celik, N. & Bayram, G. (2010). Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and nitrogen rate. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(2), 128-132.
13. Cox, W. J., Kalonge, S., Cherney, D. J. R. & Reid, W. S. (1993). Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agronomy Journal*, 85(2), 341-347.
14. Dehghanian, S. I. & Afzalinia, S. (2018). Water productivity and corn yield in corn-wheat rotation affected by irrigation and tillage methods. *Journal of Water Research in Agriculture* (*Soil and Water Sci*.), 32(1), 15-28. (In Persian)
15. Di Paolo, E. & Rinaldi, M. (2008). Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 105(3), 202-210.
16. Fehr, W. R. & Hadley, H. H. (1980). *Hybridization of crop plants* (No. 631.523 H992h). American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, 765 Pp.
17. Gimeno, V., Díaz-López, L., Simón-Grao, S., Martínez, V., Martínez-Nicolás, J. J. & García-Sánchez, F. (2014). Foliar potassium nitrate application improves the tolerance of Citrus macrophylla L. seedlings to drought conditions. *Plant Physiology & Biochemistry*, 83, 308-315.
18. Haghjoo, M. & Bahrani, A. (2014). Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on grain yield, yield components and dry matter remobilization of maize cv. SC260. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16(4), 278-292. (In Persian)
19. Harms, C. L. & Tucker, B. B. (1973). Influence of nitrogen fertilization and other factors on yield, prussic acid, nitrate and total nitrogen concentrations of sudangrass cultivars 1. *Agronomy Journal*, 65(1), 21-26.
20. Hasanvand, M., Jafari, A. A., Sepahvand, A. & Nakhjavan, S. (2010). Study for yield and quality traits in 6 domestic populations of common vetch (*Vicia sativa*) grown under an optimum and dryland farming system in Lorestan, Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 16 (4), 517-535. (In Persian).
21. Holland, J.M. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: Reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103, 1-25.
22. Hooshmand, a., Salari, a. & Jafar, N. A. (2017). Effects of water and nitrogen stress at different growth stages on biomass accumulation of maize ksc704. *Irrigation Engineering Sciences*, 40(1-1), 211-227. (In Persian)
23. Hopkins, W. G. 2004. *Introduction to Plant Physiology* (3th Ed.). John Wiley and Sons. New York. 557 pp.
24. Hughes, K. A., Horne, D. J., Ross, C. W. & Julian, J. F. (1992). A 10-year maize/oats rotation under three tillage systems. 2. Plant population, root distribution and forage yields. *Soil and Tillage Research*, *22*(1-2), 145-157.
25. Idowu, O. J., Sultana, S., Darapuneni, M., Beck, L. & Steiner, R. (2019). Short-term conservation tillage effects on corn silage yield and soil quality in an irrigated, arid agroecosystem. *Agronomy*, *9*(8), 455.
26. Jahansouz, M. R., Afshar, R. K., Heidari, H. & Hashemi, M. (2014). Evaluation of yield and quality of sorghum and millet as alternative forage crops to corn under normal and deficit irrigation regimes. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, *173*(3834), 1-17.
27. Jalilian, A. Shirkhani, A. & Farnia, A. (2012). Effects of nitrogen and drought stress on yield components, yield and seed quality of corn (S.C. 704). *Pajouhesh & Sazandegi*, 102, 151-160. (In Persian)
28. Javadi, H., Saberi, M. H., Azari-Nasrabad, A. & Khosravi, S. (2010). Effect of amounts and methods of nitrogen application on yield and quality of forage sorghum (Speedfeed cv). *Iranian Journal of Field Crops Research,* 8(3), 384-392. (In Persian)
29. Kephart, K. D., Buxton, D.R. & Hill, R.R. (1989). Morphology of alfalfa divergently selected for herbage lignin concentration. *Crop Science*, 29, 293-296.
30. Keskin, B., Akdeniz, H., Yilmaz, I. H. & Turan, N. (2005). Yield and quality of forage corn (*Zea mays* L.) as influenced by cultivar and nitrogen rate. *Agronomy Journal,* 4(2), 138-141.
31. Kim, J. D., Abuel, S. J., Jeon, G. H. & Kwon, C. H. (2009). Effect of tillage system and fertilizer type on the forage yield and quality of Italian ryegrass. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, 29(4), 313-320.
32. Klopfenstein, T. J., Erickson, G. E. & Berger, L. L. (2013). Maize is a critically important source of food, feed, energy and forage in the USA. *Field Crops Research*, 153, 5-11.

33. Lak, S., Naderi, A., Siyadat, S. A., Miranda, A., Noormohammadi, G. & Moosavi, S. H. (2008). Effect of irrigation, nitrogen and plant density on yield and remobilization of assimilates maize under weather conditions of Khuzestan. *Journal of Soil and Water Sciences*, 11(42), 1-14. (In Persian)
34. Lauer, J. (2003). What happens within the corn plant when drought occurs? *Corn Agronomist*, 10(22), 153-155.
35. Li, H., Li, L., Wegenast, T., Longin, C. F., Xu, X., Melchinger, A. E. & Chen, S. (2010). Effect of N supply on stalk quality in maize hybrids. *Field Crops Research*, 118(3), 208-214.
36. Licht, M. A. & Al-Kaisi, M. (2005). Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 80(1-2), 233-249.
37. López, M. V. & Arrúe, J. L. (1997). Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain. *Soil and Tillage Research*, 44(1-2), 35-54.
38. Mirlohi, A., Bozorgvar, N. & Bassiri, M. (2000). Effect of nitrogen rate on growth, forage yield and silage quality of three sorghum hybrids. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 4(2), 105-116. (In Persian)
39. Mohammadi, G., Safari, P. M., Ghobadi, M. E. & Najaphy, A. (2015). The effect of green manure and nitrogen fertilizer on corn yield and growth indices. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(2), 105-124. (In Persian)
40. Moosavi, S. G. R., Seghatoleslami, M. J., Javadi, H. & Ansari-nia, E. (2011). Effect of irrigation intervals and planting patterns on yield and qualitative traits of forage sorghum. *Advances in Environmental Biology*, 3363-3369.
41. Moser, S. B., Feil, B., Jampatong, S. & Stamp, P. (2006). Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. *Agricultural Water Management*, 81(1-2), 41-58.
42. Nabati, J. and B. Rezvani Moghaddam, P. (2006). Effect of different irrigation interval on quantitative and qualitative attributes of millet, sorghum and forage corn. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 37(1), 21-29. (In Persian)
43. Neisani, S., Fallah, S. & Raiesi, F. (2012). The effect of poultry manure and urea on agronomic characters of forage maize under drought stress conditions. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Sciences*, 21.2 (4), 63-75.
44. Ozturk, A. & Aydin, F. (2004). Effects of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *Journal of Agronomy & Crop Science*. 190, 93-94.
45. Peng-wen, W. (1999). The effects of drought stress on yield and quality of maize. *Maize Sciences*, 1
46. Ranjbar, M. H., Gherekhloo, J. & Soltani, A. (2017). Effect of Different Tillage Systems on Growth Indices and Yield of *Zea mays* L. (Corn Forage). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(2), 267-285. (In Persian)
47. Rashidi, Z., Zare, M. J., Rejali, F. & Mehrabi, A. A. (2011). Effect of soil tillage and integrated chemical fertilizer and biofertilizer on quantity and quality yield of bread wheat and soil biological activity under dryland farming. *Crop Production*, 4(2), 189-206. (In Persian)
48. Rasmussen, K.J. (1999). Impact of plough less soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil and Tillage Research*, 53, 3-14.
49. Rosner, J., Zwatz, E., Klik, A. & Gyuricza, C. (2008). Conservation tillage systems–soil–nutrient–and herbicide loss in lower Austria and the mycotoxin problem. *Substance*, 2(1), 1-6.
50. Salehi, F., Bahrani, M. J., Kazemi, S. A., Pakniyat, H. & Karimian, N. (2011). Effect of wheat residues and nitrogen fertilizer on some soil properties in *Phaseolus vulgaris* (L.) farming. *Agricultural and Natural Resources Sciences, Water and Soil Science*, 15(55), 209-2018. (In Persian)
51. Salem, H. M., Valero, C., Muñoz, M. Á., Rodríguez, M. G. & Silva, L. L. (2015). Short-term effects of four tillage practices on soil physical properties, soil water potential, and maize yield. *Geoderma*, 237, 60-70.
52. Sepahvand, A. & Ashraf-jafari, A. (2014). Study on yield and forage quality in 14 landraces bitter vetch (*Vicia ervillia*) in irrigated and rainfed conditions in Khorramabad. *Journal of Agronomy*, 102, 20-30. (In Persian)
53. Simmons, B. L. & Coleman, D. C. (2008). Microbial community response to transition from conventional to conservation tillage in cotton fields. *Applied Soil Ecology*, 40(3), 518-528.
54. Simsek, M., Can, A., Denek, N. & Tonkaz, T. (2011). The effects of different irrigation regimes on yield and silage quality of corn under semi-arid conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(31), 5869-5877.
55. Singh, M. K., Pal, S. K., Thakur, R. & Verma, U. N. (1997). Energy input-output relationship of cropping systems. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 67(6), 262-264.

56. Sumner, D. C., Martin, W. E. & Etchegary, H. S. (1965). Dry matter and protein yield and nitrate content of piper Sudan grass in response to nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 57, 351-354.
57. Triplett, G. B. & Dick, W. A. (2008). No-tillage crop production: a revolution in agriculture. *Agronomy Journal*, 100(3), 153- 165.
58. Vyn, T. J. (1988). Crop sequence and conservation tillage effects on soil structure and maize growth. In *Crop sequence and conservation tillage effects on soil structure and maize growth. BD Soane (ed.) proc. conf. int. soil tillage res. org. 11th, Edinburgh, UK* (921-926).
59. Ward, J. D., Redfearn, D. D., McCormick, M. E. & Cuomo, G. J. (2001). Chemical composition, ensiling characteristics, and apparent digestibility of summer annual forages in a subtropical double cropping system with annual ryegrass. *Journal of Dairy Science*, 84, 177-182.
60. Zamir, S. I., Hussain, M., Khursheed, H., Khan, M. K., Zaman, Q., Javeed, H. M. R. & Nadeem, M. (2016). Effects of various tillage practices on the performance of forage sorghum and cowpea intercropping. *Transylvanian Review*, 24(11), 2956-2966.
61. Zarea, M. J. (2010). Conservation tillage and sustainable agriculture in semi-arid dryland farming. In *Biodiversity, Biofuels, Agroforestry, and Conservation Agriculture* Springer, Dordrecht, 195-238.
62. Zhao, D., Reddy, R. K., Kakani, V. G. & Reddy, V. R. (2005). Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *European Journal of Agronomy*, 22(4), 391-403.