

بررسی اثر تنش خشکی و تراکم خاک بر برخی صفات زراعی ذرت (*Zea mays L.*)

عزیز آفرینش*^۱، قدرت... فتیحی^۲، رجب چوگان^۳، سیدعطا اله سیادت^۴، خلیل عالمی سعید^۵، سید رضا اشرفی زاده^۶

*۱- نویسنده مسوول: دانشجوی دکتری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان (Aziz.Afarinesh@gmail.com)

۲، ۳- به ترتیب استادان و استادیار، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان

۳- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

۶- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد، دزفول

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۳۰

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۱

چکیده

به منظور مطالعه اثر تنش خشکی و تراکم خاک بر رشد ذرت تحقیقی در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد در سال ۱۳۹۰ به اجرا درآمد. آزمایش به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی هیبرید ذرت سینگل کراس ۷۰۴ اجرا شد. عامل اصلی در چهار سطح تنش خشکی (آبیاری پس از ۷۵، ۹۵، ۱۱۵ و ۱۳۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و عامل فرعی در چهار سطح تراکم خاک (بدون تراکم، تراکم ملایم با ۴، تراکم متوسط با ۸ و تراکم شدید با ۱۲ بار تردد تراکتور جاندر مدل ۳۱۴۰) بود. بر اساس نتایج اثر تنش خشکی و تراکم خاک بر بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش معنی‌دار بود. برای صفات قطر ساقه، عمق نفوذ ریشه، تعداد ریشه هوایی در بوته، وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی، شاخص برداشت، تعداد بوته بلال دار هنگام برداشت و عملکرد دانه اثر تنش خشکی و تراکم خاک از نظر آماری معنی‌دار شد. برای صفت وزن خشک ریشه اثر تنش تراکم خاک از نظر آماری معنی‌دار و موجب کاهش شد. برای صفات کلروفیل برگ و پروتئین دانه فقط اثر تنش خشکی از نظر آماری معنی‌دار گردید. در شرایط تنش تراکم خاک رشد ریشه هوایی تحریک و نسبت به شرایط تنش خشکی بیشتر شد. اما افزایش تعداد ریشه هوایی تأثیری در افزایش عملکرد دانه نداشت. افزایش تراکم خاک از نفوذ ریشه به طرف عمق جلوگیری و بر عکس افزایش تنش خشکی موجب نفوذ ریشه به طرف عمق شد. تنش با روندی ثابت موجب ضعیف شدن قطر ساقه ذرت گردید. روندی ثابت در کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه در اثر اعمال تنش مشاهده شد. تنش خشکی بیشتر از تنش تراکم خاک قادر بود بر صفات کلروفیل برگ و پروتئین دانه مؤثر باشد که این به نوبه خود نقش تعیین‌کننده آب در مزرعه را ثابت می‌کند. تنش خشکی قادر به کاهش شاخص برداشت بود و تراکم خاک در شدیدترین حالت قادر به کاهش در این شاخص شد. تنش‌ها تعداد بوته‌های زایا و بلال دار ذرت را کاهش دادند.

کلید واژه‌ها: تنش خشکی، تنش تراکم خاک، ریشه، ذرت

مقدمه

خوزستان تنش خشکی در تمامی مراحل دوره رشد ذرت عملکرد دانه را به میزان متفاوت تحت تأثیر قرار می‌دهد. ککیر^۱ (۲۰۰۴) گزارش کرد که تنش خشکی در دوره گل‌دهی، موجب کاهش وزن ماده خشک می‌گردد. در

بیشتر وسعت کشور ما را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهد که متوسط بارندگی آنها کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر در سال است. میزان کم نزولات آسمانی و پراکنش نامنظم این نزولات موجب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می‌شود. در استان

نگونجری و سیمنس^۵ (۱۹۹۵) گزارش کردند که محل تردد چرخ‌ها در کرت‌های مورد آزمایش بر تراکم گیاه اثری ندارد، اما تعداد ساقه‌های عقیم را افزایش می‌دهد. کاهش رشد رویشی و کوتاه‌تر شدن ارتفاع گیاه نیز از دیگر اثرات تراکم خاک ناشی از تردد چرخ‌ها بود. پردوک و همکاران^۶ (۲۰۰۲) عقیده دارند که کاهش رشد ریشه و محدود شدن آن باعث می‌شود که آب و مواد غذایی به خوبی از عمق به گیاه نرسد. خاک فاقد تخلخل به آب و هوا اجازه کمتری برای جذب مواد غذایی و حل کردن آنها در خود می‌دهد. به همین دلیل این خاک‌ها فاقد مواد غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشند. نتایج نیکولاد و همکاران^۷ (۱۹۹۴) نشان داد ارتباط بین فراوانی ریشه و عمق خاک برای خاک‌های مختلف، متفاوت است. بین محققان توافقی دسته جمعی مبنی بر اثر وزن مخصوص خاک بر توزیع و عملکرد ریشه در خاک وجود ندارد. این به دلیل عملکرد دوگانه ریشه است که قادر است به صورت افقی نیز رشد کند (مارتینو و شیکویچ^۸، ۱۹۹۴). کاسپر و همکاران^۹ (۱۹۹۱) گزارش کردند ۱۵ سانتی‌متر بالایی خاک در میان ردیف‌های کاشتی که محل تردد چرخ‌ها و حاوی خاک فشرده شده بود، کمتر از نصف طول ریشه‌ها و وزن ریشه‌های ردیف‌های کاشتی که در آنها تردد نشده بود، را به خود اختصاص داد. اندازه‌گیری شاخص مخروطی بیشتر از ۳ مگا پاسکال بیانگر مقاومت مکانیکی لایه‌های خاک در اعماق ۱۵ تا ۳۵ سانتی‌متر است. لایه‌های خاک در اعماق ۱۵ تا ۶۰ سانتی‌متر بیشترین وزن مخصوص، ۱/۵۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب را دارا بودند (لابوسکی و همکاران^{۱۰}، ۱۹۹۸). تراکم ریشه در عمق ۲۵ سانتی‌متری افزایش و در اعماق بیشتر کاهش می‌یابد. این الگوی توسعه‌ای در تمامی مراحل رشد ذرت به جز اوایل فصل

خاک‌های شنی - رسی گیاه خیلی سریع شروع به رشد می‌کند، اما سطح برگ سبز زمانی که محتوی آب کم گردد به سمت صفر کاهش می‌یابد. در خاک رسی - لومی فشرده شده تراکم ریشه و محتوی آب جذب شده محدود بوده و سطح سبز برگ در طول آزمایش بدون تغییر باقی می‌ماند که بیانگر جذب ناقص آب و پیامد آن کاهش در روند رشد گیاه است (آماتو و ریتچی^۱، ۲۰۰۲). ربانی و امام (۱۳۹۰) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، طول بلال، اجزای بلال (مثل تعداد بوته و ردیف دانه در بلال)، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت می‌گردد. در شرایط کمبود آب میزان کلروفیل برگ کم می‌شود، به طوری که تنش خشکی بر بخش نوری فتوسنتز و سیستم رنگیزه‌ای مؤثر واقع می‌شود. با افزایش مقدار تنش روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیشتری صورت می‌پذیرد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۶). ریشه‌ها نقش مهمی در کنترل رشد اندام‌های هوایی گیاه و توسعه‌ی آنها ایفا می‌کنند، نه تنها به خاطر جذب مداوم آب و مواد غذایی برای اندام‌های هوایی بلکه به خاطر بعضی از پیام‌های شیمیایی که در ریشه تولید می‌شود تا در مقابل تنش خشکی عکس‌العمل نشان دهند و از طریق جریان تعرق به اندام‌های هوایی یعنی جایی که فعالیت فیزیولوژیکی تنظیم می‌شود انتقال یابند (ژانگ و شان^۲، ۲۰۰۲). بوتنا و همکاران^۳ (۲۰۰۲) گزارش کردند که تراکم حاصل از تردد مخرب‌ترین اثر حرکت ماشین‌های کشاورزی در مزارع بوده و مانع رشد ریشه می‌شود. میزان تراکم خاک در اثر تردد ماشین‌ها به تعداد دفعات عبور تراکتور، نوع چرخ، فشار چرخ و سرعت حرکت بستگی دارد. چنانچه فشار مقاومت به نفوذ خاک به بالاتر از ۲ مگا پاسکال برسد، رشد ریشه به تدریج با درجات مختلف محدود می‌شود (چن^۴، ۲۰۰۲).

5 - Ngunjiri & Siemens

6 - Perdok *et al.*7 - Nicoullaud *et al.*

8 - Martino & Shaykewich

9 - Kaspar *et al.*10 - Laboski *et al.*

1 - Amato & Ritchie

2 - Zhang & Shan

3 - Bottaa *et al.*

4 - Chen

D₂: آبیاری پس از ۱۱۵ میلی متر تبخیر (تنش متوسط)
 D₃: آبیاری پس از ۱۳۵ میلی متر تبخیر (تنش شدید)
 و عامل فرعی، تراکم خاک ناشی از تردد تراکتور نیز
 در ۴ سطح بود: C₀: بدون تراکم (شاهد)، C₁: تراکم
 ملایم با ۴ بار تردد، C₂: تراکم متوسط با ۸ بار تردد،
 C₃: تراکم شدید با ۱۲ بار تردد

پس از انتخاب زمین زراعی که قبلاً زیر کشت گندم
 بود، اقدام به تهیه آن به صورت مرسوم منطقه گردید.
 طی این مراحل ابتدا مزرعه آبیاری و پس از گاورو شدن
 به عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتی متر دیسک سنگین زده شد. جهت
 خرد شدن کلوخه‌ها و یکنواختی بیشتر خاک برای بار
 دوم دیسک دیگری عمود بر دیسک اول زده شد و
 سپس با استفاده از ماله مزرعه تسطیح گردید. کودهای
 شیمیایی بر اساس آزمون خاک تعیین و توسط کودپاش
 دوار پخش شد. سپس از علف کش لاسو به میزان ۴ لیتر
 و آترازین به میزان ۱/۵ کیلوگرم در هکتار به صورت
 مخلوط و خاک کاربرد استفاده گردید. مزرعه با استفاده
 از فاروئر با فاصله ردیف ۷۵ سانتی متر فارو زده شد و
 نقشه آزمایش پیاده گردید. هنگام اعمال تیمارهای تراکم
 خاک چون مدت زمانی از تهیه زمین گذشته و خاک
 مزرعه خشک شده بود و بهترین شرایط رطوبتی جهت
 تراکم کردن خاک، رطوبت نزدیک به ظرفیت زراعی
 است، محل اجرای طرح به صورت کلی و معمول یک
 بار آبیاری گردید. دو روز پس از انجام آبیاری از ۱۰
 نقطه خاک مزرعه به صورت تصادفی و در دو عمق ۰ -
 ۱۰ و ۱۰ - ۲۰ سانتی متر رطوبت خاک اندازه گیری شد
 که مقادیر آن به طور میانگین به ترتیب ۲۱/۰۷ و ۲۰/۱۶
 درصد وزنی بدست آمد. برای اعمال تیمارها از تراکتور
 جاندر مدل ۳۱۴۰ به علاوه دستگاه فاروئر الحاقی به وزن
 ۴۵۹۰ کیلوگرم (محور عقب ۳۲۲۰ و محور جلو ۱۳۴۰
 کیلوگرم) استفاده شد. حرکت تراکتور بر اساس دنده
 پنج سنگین و سرعت پیشروی چهار کیلومتر در ساعت
 تنظیم شد. از آنجایی که فاصله دو چرخ تراکتور ۱۵۰ و
 فاصله دو ردیف ذرت ۷۵ سانتی متر بود، با هر بار عبور

رشد مشاهده گردید (لیدجنز و ریچنر^۱، ۲۰۰۱).
 گزارشات متنوعی در مورد توزیع ریشه‌ها در عمق خاک
 وجود دارد. ریشه با افزایش اندازه خاکدانه‌ها از منافذ ریز
 به سوی منافذ بزرگ گرایش می‌یابد که بیانگر اثر متقابل
 بین اندازه و تراکم خاکدانه‌ها می‌باشد (فریتس و
 همکاران^۲، ۱۹۹۹). در شرایطی که خاک خیلی مرطوب
 باشد مقاومت فیزیکی خاک پایین بوده و کمتر از ۲
 مگاپاسکال است که برای رشد ریشه عامل محدود
 کننده‌ای به شمار نمی‌رود (سیوال و همکاران^۳، ۲۰۰۰).

مواد و روش‌ها

آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد
 واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب غربی دزفول به صورت
 کرت‌های یکبار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های
 کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۰ اجرا گردید.
 این مرکز دارای یک ایستگاه هواشناسی سینوپتیک است
 که در ۳۰۰ متری محل اجرای آزمایش قرار دارد. خاک
 محل اجرای طرح از نوع رسوبی^۴ با محتوی حداقل ۳۰
 درصد آهک و بافت آن عموماً سیلتی کلی لوم (۳۰
 درصد رس، ۴۴ درصد لای و ۲۶ درصد ماسه) می‌باشد.
 هر کرت شامل ۴ ردیف کشت به فاصله ۷۵ سانتی متر و
 طول ۱۵ متر بود و یک ردیف بدون کشت نیز به عنوان
 فاصله بین کرت‌ها استفاده شد. فاصله بین بلوک‌ها جهت
 سهولت تردد ماشین آلات ۱۰ متر در نظر گرفته شد.

هیبرید ذرت مورد استفاده سینگل کراس ۷۰۴ و
 فاصله بین بذور بر روی خطوط کاشت ۱۸ سانتی متر
 (تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار) بود. عامل اصلی تنش
 خشکی در ۴ سطح:

D₀: آبیاری پس از ۷۵ میلی متر تبخیر از تشتک

تبخیر کلاس A (بدون تنش یا شاهد)

D₁: آبیاری پس از ۹۵ میلی متر تبخیر (تنش ملایم)

1 - Liedgens & Richner

2 - Freitas *et al.*

3 - Silva *et al.*

4- Alluvial soil

متغیرها و صفات اندازه گیری شده

جرم مخصوص ظاهری خاک: این صفت به وسیله استوانه فلزی نمونه برداری به قطر و ارتفاع ۵ سانتی متر از دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی متر بلافاصله پس از اعمال تیمارها به صورت تصادفی روی ردیف‌های ۲ و ۳ اندازه گیری شد.

شاخص مخروطی: رطوبت خاک در اندازه گیری شاخص مخروطی بسیار تأثیرگذار است و بایستی نزدیک به ظرفیت زراعی باشد. از این رو شاخص بلافاصله پس از تراکم کردن خاک تا عمق ۵۰ سانتی متری ردیف‌های ۲ و ۳ به صورت تصادفی در ۳ تکرار توسط دستگاه نفوذسنج مخروطی اندازه گیری شد.

عملکرد دانه: از طریق توزین بلال‌های برداشت شده از سطح کرت و پس از کسر رطوبت دانه و درصد چوب بلال که با عملکرد دانه کواریانس دارند به گرم در مترمربع تبدیل گردید.

درصد پروتئین دانه: با ارسال نمونه به آزمایشگاه و از طریق روش و دستگاه کجلدال بدست آمد.

سنجش کلروفیل برگ: جهت ارزیابی غلظت کلروفیل برگ در مرحله پس از گل‌دهی از روش آرنون^۱ (۱۹۷۵) استفاده شد.

شاخص برداشت (HI): از نسبت عملکرد اقتصادی (EY) به عملکرد بیولوژیک (BY) و از رابطه (۱) محاسبه شد (سرمد نیا و کوچکی، ۱۳۷۳).

$$HI = (EY/BY) \times 100 \quad (1)$$

همچنین صفات قطرساقه، تعداد بوته بلال‌دار هنگام برداشت، عمق نفوذ ریشه، تعداد ریشه هوایی و وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی اندازه گیری شدند. تجزیه داده‌ها توسط نرم افزار آماری SAS و مقایسه آماری میانگین‌ها توسط روش دانکن صورت گرفت. شکل‌ها توسط نرم افزار EXCEL رسم گردید.

تراکتور دو خط کشت کوبیده و متراکم می‌شد. بدین ترتیب که تراکتور از ابتدای کرت حرکت و پس از طی طول ۱۵ متر به انتهای ردیف می‌رسید و در فاصله بین دو تکرار که ۱۰ متر پیش بینی شده بود دور زده و بر روی همان مسیر برگشت می‌نمود تا تعداد تردد به حد مورد نظر برسد. سپس دو ردیف کشت دیگر به همین ترتیب متراکم می‌گردید تا هر چهار ردیف کشت مربوط به آن کرت متراکم گردید. طی عمل متراکم کردن خاک، تراکتور بر روی پشته‌ها حرکت می‌کرد و در اثر این تردد معمولاً سطح پشته‌ها و به طبع آن درون جوی‌ها کم و بیش و در تیمار ۱۲ بار تردد به شدت، آسیب می‌دید. بنابراین در آخرین بار تردد که عملیات متراکم شدن سطح کرت به اتمام می‌رسید و تراکتور بایستی سطح کرت را ترک کند، با استفاده از دستگاه فاروئر الحاقی و کشیدن آن بر روی سطح کرت، فاروها در حد امکان بازسازی می‌شدند. این کار جهت امکان پذیر شدن عمل آبیاری ضروری بود. بنابراین دستگاه فاروئر الحاقی طی اجرای آزمایش دو نقش، شامل سنگین کردن تراکتور جهت متراکم‌تر کردن خاک و دیگر بازسازی ردیف‌های کشت آسیب دیده را بر عهده داشت. بدیهی است در کرت‌های شاهد هیچگونه ترددی صورت نگرفت. پس از اعمال تیمارها از سه نقطه در کلیه کرت‌ها تا عمق ۵۰ سانتی متر، شاخص مخروطی خاک اندازه گیری شد. این اندازه گیری توسط دستگاه نفوذسنج مخروطی ثبات مدل SP-1000 صورت گرفت. سپس به روش دستی اقدام به کشت گردید. اعمال تیمارهای تنش خشکی پس از آبیاری سوم که گیاه به صورت کامل مستقر شده بود صورت گرفت. به طوری که روزانه میزان تبخیر جمععی به وسیله تشتک تبخیر کلاس A مستقر در ایستگاه هواشناسی نزدیک مزرعه اندازه گیری و پس از اطمینان از وقوع تبخیر به میزان مورد نظر، آبیاری برای آن تیمار صورت گرفت. لازم به ذکر است که کلیه اندازه گیری‌ها بر روی دو خط وسط هر کرت انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به جدول ۱، اثر تراکم خاک بر وزن مخصوص ظاهری خاک در عمق ۰-۱۰ در سطح احتمال خطای یک درصد و در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متر در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار شد. به طوری که در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر تیمارهای تراکم ملایم، متوسط و شدید به ترتیب با ۱/۷۱، ۱/۷۳ و ۱/۷۵ نسبت به تیمار شاهد بدون تراکم با مقدار ۱/۵۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب، بیشترین وزن مخصوص را داشتند. همچنین در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متر تیمار تراکم شدید با ۱/۷۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیشترین و تیمار شاهد با ۱/۶۳ کمترین وزن مخصوص را داشت. بنابراین شرایط اعمال تنش تراکم خاک که برای ایجاد محدودیت در رشد ذرت لازم بود، احراز گردیده است. شکل (۱) شاخص مخروطی خاک را در تیمارهای صفر، ۴، ۸ و ۱۲ بار تردد نشان می‌دهد. اثر تنش‌ها بر صفت قطر ساقه در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار گردید. در شرایط تنش خشکی تیمار شاهد با ۱۷/۳۵ میلی‌متر بیشترین و تیمارهای تنش متوسط و شدید به ترتیب با ۱۳/۹۳ و ۱۴/۰۳ میلی‌متر به طور مشترک کمترین مقدار را دارا بودند. در شرایط تراکم خاک نیز تیمار بدون تراکم با ۱۷/۴۶ میلی‌متر بیشترین و تیمارهای تراکم متوسط و شدید به ترتیب با ۱۳/۶۶ و ۱۳/۴۷ میلی‌متر به طور مشترک کمترین مقدار را داشتند (جداول ۲، ۳ و ۴). بر این اساس تنش‌ها قادر به کاهش قطر ساقه بوده و این روند ثابت بوده است. اثر تنش خشکی و تراکم خاک بر صفت عمق نفوذ ریشه به ترتیب در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد معنی‌دار گردید. به طوری که تنش شدید با ۲۴/۳۳ سانتی‌متر بیشترین و تیمار بدون تنش با ۱۷/۷۵ کمترین عمق نفوذ ریشه را داشت. واضح است که با شدت یافتن تنش خشکی تمایل ریشه به طرف عمق بیشتر شده است. البته این افزایش عمق نفوذ ریشه تاثیری بر میزان جذب آب نداشته است. زیرا میزان وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه در این سطح از تنش

خشکی در کمترین حالت خود قرار دارند که شاهد بر عدم موفقیت ریشه در جذب آب است. از طرف دیگر تیمار بدون تراکم با عمق ریشه ۲۶/۴۲ سانتی‌متر بیشترین و تیمارهای تراکم ملایم، متوسط و شدید به ترتیب با ۲۰/۳۳، ۱۹/۵۸ و ۱۹/۱۷ تفاوت معنی‌دار آماری نداشتند. بنابر این برعکس تنش خشکی، افزایش تراکم خاک از نفوذ ریشه به طرف عمق جلوگیری کرده است. در شکل (۱) که وضعیت شاخص مخروطی خاک را نشان می‌دهد، مشاهده می‌گردد که تراکم خاک بخصوص در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر در اثر اعمال تیمارهای تردد افزایش یافته است. این مطلب از جدول (۱) نیز قابل استنباط است. بوتا و همکاران^۱ (۲۰۰۲) گزارش کردند که تراکم حاصل از تردد ماشین‌های کشاورزی مانع رشد ریشه می‌شود. اثر تنش خشکی بر صفت تعداد ریشه هوایی در بوته در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار گردید. تیمار شاهد با ۲۸/۳۳ عدد ریشه هوایی در بوته بیشترین و تیمارهای تراکم متوسط و شدید به ترتیب با ۲۲/۵۸ و ۲۲/۳۳ کمترین تعداد ریشه هوایی را داشتند. اثر تراکم خاک بر این صفت در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید. تیمار بدون تراکم با ۲۴/۴۲ عدد ریشه هوایی در بوته بیشترین و تیمارهای تراکم متوسط و شدید به ترتیب با ۱۶/۲۵ و ۱۲/۷۵ کمترین تعداد ریشه هوایی را داشتند. از آنجا که هنگام توزین اندام‌های هوایی، ریشه هوایی نیز همراه با آنها به عنوان ماده خشک توزین می‌شد. بنابر این با توجه به روند کاهشی که در اندام‌های هوایی مشاهده شد، چنین کاهشی در تعداد ریشه هوایی دور از انتظار نبود. نتایج آزمایش نشان داد که هم‌زمان با بسته شدن راه نفوذ ریشه به طرف عمق در اثر تراکم خاک، تعداد ریشه هوایی نیز کاهش می‌دهد. بنابراین در شرایطی که رشد ریشه به دلیل تراکم خاک محدود شود، احتمال اینکه ذرت از طریق افزایش در تعداد ریشه هوایی جبران نموده

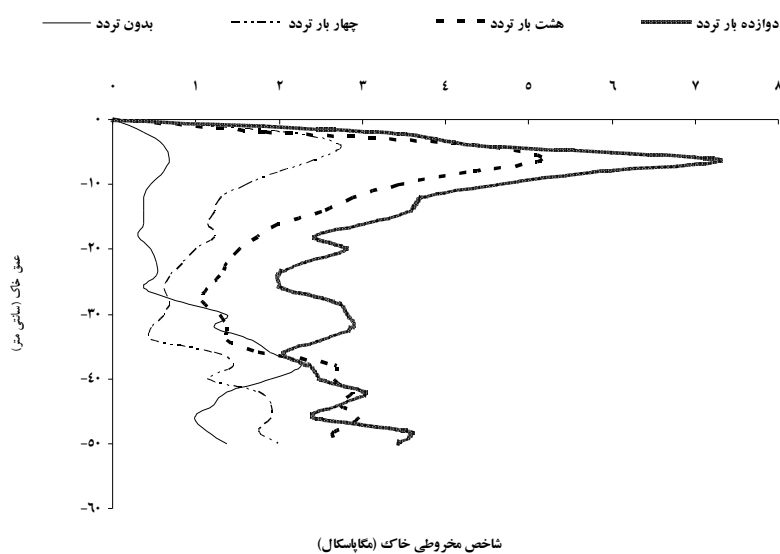
آفرینش و همکاران: بررسی اثر تنش خشکی و تراکم خاک بر ...

جدول ۱ - تجزیه واریانس و مقایسه میانگین خواص فیزیکی خاک در سطوح مختلف تنش تراکم خاک

وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)		درجه آزادی	منابع تغییرات
۱۰-۲۰ (سانتی متر)	۰-۱۰ (سانتی متر)		
۰/۰۰۵*	۰/۰۰۰۴ ^{n.s}	۲	بلوک
۰/۰۰۶*	۰/۰۳۲**	۳	تراکم خاک
۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲	۶	اشتباه
۱/۲۷	۲/۶۴		ضریب تغییرات (درصد)
تیمار تراکم خاک			
۱/۶۳ c	۱/۵۲ b		بدون تردد
۱/۶۷b	۱/۷۱ a		۴ بار تردد
۱/۶۹ b	۱/۷۳ a		۸ بار تردد
۱/۷۳ a	۱/۷۵ a		۱۲ بار تردد

*، ** و n.s به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪، ۱٪ و غیر معنی دار

میانگین‌های هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن فاقد تفاوت آماری معنی دار هستند.



شاخص مخروطی خاک (مکاباسکال)

شکل ۱- تغییرات شاخص مخروطی پس از اجرای تیمارهای تراکم خاک

جلوگیری از خوابیدگی است. بدیهی است با توجه به کاهش حجم اندام‌های هوایی در اثر تراکم خاک که از تجزیه صفت وزن خشک اندام‌های هوایی قابل استنباط است، گیاه ضرورتی برای افزایش تعداد ریشه هوایی احساس نمی‌کند. یا برعکس می‌توان چنین فرض کرد،

و قدرت جذب خود را بالا برد غیرمحمول است. اما به طور کلی تعداد ریشه هوایی در شرایط تراکم خاک نسبت به شرایط تنش خشکی بیشتر بوده است. یعنی در شرایط تنش خاک رشد ریشه هوایی تحریک شده است. یکی از وظایف ریشه‌های هوایی استقرار بهتر گیاه و

جدول ۲ - تجزیه واریانس صفات زراعی

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن خشک اندام‌های هوایی	وزن خشک ریشه	تعداد ریشه هوایی در بوته	عمق نفوذ ریشه	قطر ساقه		
۱/۳۷ ^{n.s}	۰/۲۷۵ ^{n.s}	۱۸/۲۵ ^{n.s}	۱۰/۱۵ ^{n.s}	۳/۳۵ ^{n.s}	۲	بلوک
۲۵/۸۵*	۰/۴۱۹ ^{n.s}	۱۳۳/۱۴*	۱۱۳/۶۹*	۵۴/۷۱*	۳	خشکی
۵/۱۳	۱/۴۶	۱۵/۳۱	۱۵/۲۳	۱۴/۳	۶	خطای اول (a)
۳۲/۲۶**	۸/۳۸**	۲۹۱/۶۴**	۱۲۰/۱۳**	۴۲/۳۴*	۳	تراکم
۴/۵۴ ^{n.s}	۱/۴۳ ^{n.s}	۳۸/۴۷ ^{n.s}	۱۳/۶۷ ^{n.s}	۱۰/۱۶ ^{n.s}	۹	خشکی × تراکم
۲/۴۴	۱/۱۴	۴۴/۷۵	۱۳/۳۵	۸/۶۶	۲۴	خطای دوم (b)
۱۸/۱۳	۲۶/۷۳	۲۳/۷۹	۲۲/۹۸	۱۹/۵۵		ضریب تغییرات (درصد)

ادامه جدول ۲

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد دانه	تعداد بوته بلال دار	شاخص برداشت	پروتئین دانه	کلروفیل		
۱۲۸/۷۴ ^{n.s}	۰/۰۴۴ ^{n.s}	۱/۱۴ ^{n.s}	۰/۶۷۲ ^{n.s}	۰/۰۱ ^{n.s}	۲	بلوک
۳۶۸/۹۹*	۱/۰۶**	۲۲/۵۹*	۲۲/۷۶*	۰/۸۹۹**	۳	خشکی
۴۷/۵۱	۰/۰۴۴	۱۰/۰۳	۱/۹۴	۰/۸۴	۶	خطای اول (a)
۳۴۷/۲۹**	۰/۷۴**	۳۷/۵۶*	۳ ^{n.s}	۰/۶۳ ^{n.s}	۳	تراکم
۲۴/۶۶ ^{n.s}	۰/۰۴۸ ^{n.s}	۱۴/۱۸ ^{n.s}	۱/۵۶ ^{n.s}	۰/۴۶ ^{n.s}	۹	خشکی × تراکم
۲۵/۵۲	۰/۰۵۱	۱۲/۸۲	۱/۴۳	۰/۱۱۹	۲۴	خطای دوم (b)
۲۳/۷۳	۲۱/۷۹	۷/۴۸	۱۱/۸۵	۱۶/۸۵		ضریب تغییرات (درصد)

و ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال خطای ۵٪ و ۱٪ و غیر معنی دار

تردد چرخ‌ها گسترش ریشه‌های ذرت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طوری که ۱۵ سانتی‌متر بالای خاک در میان ردیف‌های کاشتی که محل تردد چرخ‌ها و حاوی خاک فشرده شده بود، کمتر از نصف طول و وزن ریشه ردیف‌های کاشتی که در آنها تردد نشده بود، را به خود اختصاص داد. انتظار می‌رفت که سه تیمار تراکم ملایم، متوسط و شدید که عمق ریشه برابری دارند، دارای وزن خشک ریشه برابری نیز باشند که چنین نشده است. از آنجا که هنگام اندازه‌گیری صفت عمق نفوذ ریشه فقط به رویت شدن ریشه در آن عمق حتی به میزان جزئی توجه شده و میزان ریشه مد نظر نبوده است، اختلاف بین این سه عمق معنی‌دار نشد. به عبارت دیگر ریشه در

یکی از دلایل افزایش تعداد ریشه هوایی در تیمار بدون تراکم که از وزن ماده خشک بیشتری برخوردار است، نیاز به استقرار بهتر گیاه جهت جلوگیری از خوابیدگی باشد. اثر تراکم خاک در سطح احتمال خطای یک درصد بر وزن خشک ریشه معنی‌دار شد. به طوری که تیمار بدون تراکم با ۲۴/۲۶ گرم در بوته بیشترین و تیمار تراکم شدید با ۱۰ گرم کمترین بود. با مقایسه این صفت با صفات وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه می‌توان تا حدودی روندی هماهنگ با شیب کاهشی در اثر اعمال تنش تراکم خاک بر این صفات مشاهده نمود (شکل ۲). کاسپر و همکاران^۱ (۱۹۹۱) نیز گزارش کردند

این صفت با صفت عملکرد دانه، می‌توان تا حدودی روندی ثابت در کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و کاهش عملکرد دانه در اثر اعمال تنش مشاهده نمود. اثر تنش خشکی بر صفت میزان کلروفیل برگ در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید. تیمارهای شاهد، تنش ملایم و متوسط دارای بیشترین میزان کلروفیل و فقط تیمار تنش شدید تحت تأثیر خشکی قرار گرفت و با مقدار $1/65$ میلی‌گرم در گرم برگ دارای کمترین میزان کلروفیل بود. بنابر این شرایط تنش شدید خشکی قادر است میزان کلروفیل برگ را کاهش دهد. کاهش میزان کلروفیل برگ در شرایط کمبود آب قبلاً گزارش شده است (سرمندیا و کوچکی، ۱۳۷۶). اثر تنش خشکی بر صفت پروتئین دانه در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار گردید. تیمار تنش شدید با $11/85$ بیشترین و تیمار آبیاری معمول با $8/75$ کمترین درصد پروتئین را داشت و سایر تیمارها بین این دو مقدار قرار گرفتند. از بررسی دو صفت اخیر می‌توان نتیجه گرفت که تنش خشکی قادر است بر آنها مؤثر باشد و تنش تراکم خاک تأثیری بر آنها نداشته است که این به نوبه خود نقش تعیین‌کننده آب در مزرعه را اثبات می‌کند. روند این تأثیر معکوس است. به عبارت دیگر تنش خشکی موجب کاهش کلروفیل و در عین حال افزایش میزان پروتئین دانه می‌شود. البته تنش تراکم خاک نیز موجب کاهش عمق نفوذ ریشه شد. اما از آنجا که در شرایط تراکم خاک محدودیت آب وجود نداشت. بنابر این تأثیری بر این دو صفت نداشت و کاهش در وزن خشک اندام‌های هوایی، تعداد بوته های بلال دار، شاخص برداشت و در نهایت عملکرد دانه را در شرایط تراکم خاک می‌توان به کاهش جذب مواد غذایی نسبت داد.

تلاش برای نفوذ به عمق بیشتر و غلبه بر تراکم خاک فقط قادر بود قسمت محدودی از ریشه‌های خود را به عمق خاک بفرستد. در نتیجه اختلاف بین وزن خشک ریشه این سه عمق معنی‌دار نشد. نتایج نیکولاد و همکاران^۱ (۱۹۹۴) نشان داد ارتباط بین فراوانی ریشه و عمق خاک برای خاک‌های مختلف، متفاوت است. از طرفی دو تیمار تراکم ملایم و متوسط با وزن خشک ریشه برابر، وزن خشک اندام‌های هوایی به خصوص عملکرد دانه متفاوتی دارند. دلیل این امر تفاوت در تعداد بوته بلال‌دار بود. به طوری که تعداد بوته تراکم ملایم ($1/44$) تقریباً دو برابر تراکم متوسط ($0/813$) است. همچنین دو تیمار تراکم متوسط و شدید که از لحاظ وزن خشک ریشه از نظر آماری تفاوت دارند، از لحاظ وزن خشک اندام‌های هوایی، بخصوص عملکرد دانه در یک گروه قرار دارند. این مطلب بیانگر آن است که در شرایط بروز محدودیت تنش، ریشه با بالا بردن کارایی خود و استفاده از ظرفیت موجود قادر است وظیفه خود را در حفظ عملکرد دانه تا حد امکان انجام دهد. اثر تنش خشکی در سطح احتمال خطای پنج و تراکم خاک در سطح احتمال خطای یک درصد بر صفت وزن خشک اندام‌های هوایی معنی‌دار شد. تیمار آبیاری شاهد با وزن خشک $102/49$ گرم در بوته بیشترین و تیمار تنش شدید خشکی به تنهایی با $53/96$ گرم کمترین مقدار را داشت. بدیهی است با افزایش تنش خشکی وزن خشک اندام‌های هوایی رو به کاهش گذاشته است. ککیر (۲۰۰۴) گزارش کرد که تنش خشکی موجب کاهش وزن ماده خشک می‌گردد. از طرف دیگر تیمار بدون تراکم با $119/27$ گرم در بوته بیشترین و تیمارهای تراکم متوسط و شدید به ترتیب با $57/74$ و $54/14$ کمترین مقدار وزن ماده خشک اندام‌های هوایی را داشتند. نگونجری و سیمنس (۱۹۹۵) گزارش کردند در حالتی که تردد ماشین‌ها در سطح خاک صورت گیرد، محصول ذرت به‌طور معنی‌داری از کرت‌های بدون تراکم کمتر می‌شود. با مقایسه

جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات در سطوح مختلف تنش خشکی

عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	تعداد بوته بلال دار (بوته در متر مربع)	شاخص برداشت (درصد)	پروتئین دانه (درصد)	کلروفیل (میلی گرم در گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته)	تعداد ریشه هوایی در بوته	عمق نفوذ ریشه (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	تنش خشکی (میلی متر)
۳۸۹/۵۱ a	۱/۹۴ a	۴۷/۱۹ a	۸/۷۵ c	۲/۲۲ a	۱۰۲/۴۹ a	۲۸/۳۳ a	۱۷/۷۵ b	۱۷/۳۵ a	۷۵
۲۹۵/۰۱ ab	۱/۵۹ a	۴۸/۲۳ a	۹/۲۹ bc	۲/۰۸ a	۸۸/۸۶ ab	۲۵/۳۳ ab	۲۱/۵۸ ab	۱۵/۵۷ ab	۹۵
۹۹/۲۷ bc	۰/۸۷۱ b	۳۸/۰۴ ab	۱۰/۵ ab	۲/۲۳ a	۷۵/۲۳ ab	۲۲/۵۸ b	۲۱/۸۳ ab	۱۳/۹۳ b	۱۱۵
۴۳/۷۶ c	۰/۵۷۴ b	۲۸/۰۵ b	۱۱/۸۵ a	۱/۶۵ b	۵۳/۹۶ b	۲۲/۳۳ b	۲۴/۳۳ a	۱۴/۰۳ b	۱۳۵

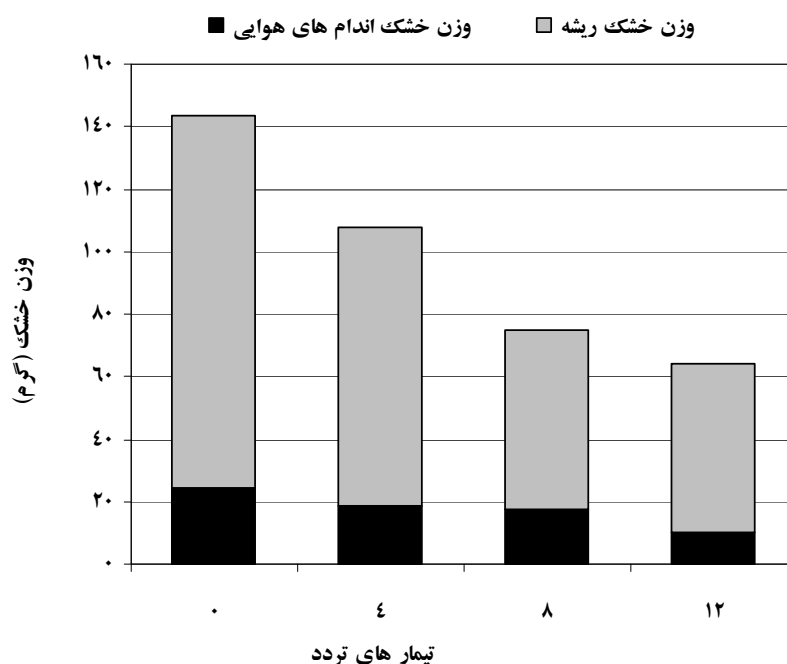
میانگین‌های هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن فاقد تفاوت آماری معنی دار هستند.

جدول ۴ - مقایسه میانگین صفات در سطوح مختلف تراکم خاک

عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	تعداد بوته بلال دار (بوته در متر مربع)	شاخص برداشت (درصد)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	تعداد ریشه هوایی در بوته	عمق نفوذ ریشه (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	تراکم خاک (تردد)
۴۱۹/۰۸ a	۱/۹۶ a	۴۹/۵۶ a	۱۱۹/۲۷ a	۲۴/۲۶ a	۲۴/۴۲ a	۲۶/۴۲ a	۱۷/۴۶ a	۰
۲۷۱/۹ ab	۱/۴۴ a	۴۹/۱ a	۸۹/۳۸ ab	۱۸/۵۲ ab	۱۹/۰۸ ab	۲۰/۳۳ b	۱۵/۶۳ ab	۴
۷۳/۲۲ b	۰/۸۱۳ b	۴۷/۰۵ a	۵۷/۷۴ b	۱۷/۳۹ ab	۱۶/۲۵ b	۱۹/۵۸ b	۱۳/۶۶ b	۸
۶۳/۳۵ b	۰/۷۵۸ b	۴۵/۷۹ ab	۵۴/۱۴ b	۱۰ b	۱۲/۷۵ b	۱۹/۱۷ b	۱۳/۴۷ b	۱۲

میانگین‌های هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن فاقد تفاوت آماری معنی دار هستند.

آفرینش و همکاران: بررسی اثر تنش خشکی و تراکم خاک بر ...



شکل ۲- مقایسه وزن خشک اندام های هوایی و ریشه

کمترین مقدار را دارا بودند. در شرایط تراکم خاک نیز تیمارهای بدون تراکم و تراکم ملایم به ترتیب با ۱/۹۶ و ۱/۴۴ بوته در متر مربع بیشترین و تیمارهای تراکم متوسط و شدید به ترتیب با ۰/۸۱۳ و ۰/۷۵۸ به طور مشترک کمترین مقدار را داشتند (جداول ۲، ۳ و ۴). با توجه به اینکه سطح اول و دوم تنش‌های خشکی و تراکم خاک که بیشترین تعداد بوته بلال‌دار را دارند، همان سطوحی هستند که بیشترین عملکرد دانه را نیز دارند. بنابراین به نظر می‌رسد این دو صفت تأثیر به‌سزایی در عملکرد دانه در متر مربع دارند. به علاوه تنش قادر به کاهش تعداد بوته‌های زایا و بلال‌دار بود. نگونجری و سیمنس (۱۹۹۵) گزارش کردند محل تردد چرخ‌ها در کرت‌های مورد آزمایش بر تراکم گیاه اثر معنی‌داری ندارد، اما تعداد ساقه‌های عقیم را افزایش می‌دهد. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). به‌طوری‌که تیمار شاهد با عملکرد ۳۸۹/۵۱ گرم در متر مربع بیشترین و تیمار تنش شدید با ۴۳/۷۶ کمترین مقدار را به خود اختصاص داد

اثر تنش بر صفت شاخص برداشت در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار گردید. در شرایط تنش خشکی تیمارهای شاهد و تنش ملایم به ترتیب با ۴۷/۱۹ و ۴۸/۲۳ درصد بیشترین و تیمار تنش شدید با ۲۸/۰۵ کمترین مقدار را دارا بود. در شرایط تراکم خاک نیز تیمارهای بدون تراکم، تراکم ملایم و متوسط به ترتیب با ۴۹/۵۶، ۴۹/۱ و ۴۷/۰۵ درصد بیشترین و تیمار تراکم شدید با ۴۵/۷۹ کمترین مقدار را داشت (جداول ۲، ۳ و ۴). بنابراین به نظر می‌رسد تنش خشکی بیشتر قادر به کاهش شاخص برداشت بوده و تراکم خاک فقط در شدیدترین حالت خود موجب کاهش شاخص برداشت شد. ربانی و امام (۱۳۹۰) نیز کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی را گزارش کردند. اثر تنش بر صفت تعداد بوته بلال‌دار و زایا هنگام برداشت در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید. در شرایط تنش خشکی تیمارهای شاهد و تراکم ملایم به ترتیب با ۱/۹۴ و ۱/۵۹ بوته در متر مربع بیشترین و تیمارهای تنش متوسط و شدید به ترتیب با ۰/۸۷۱ و ۰/۵۷۴ به‌طور مشترک

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که اثر تنش خشکی و تراکم خاک بر رشد ذرت متغیر است. افزایش تراکم خاک از نفوذ ریشه به عمق جلوگیری و برعکس در شرایط تنش خشکی تمایل ریشه به طرف عمق افزایش یافت. در شرایط تنش تراکم خاک افزایش تعداد ریشه هوایی تحریک شد که تأثیری در افزایش عملکرد دانه نداشت. در شرایط بروز محدودیت ناشی از تنش، ریشه با بالا بردن کارایی و استفاده از تمام ظرفیت قادر است در حد ممکن وظیفه خود در حفظ عملکرد دانه را انجام دهد. تنش خشکی بیشتر از تنش تراکم خاک قادر به اثر گذاری بر صفات کلروفیل برگ و پروتئین دانه است. این به نوبه خود نقش تعیین کننده آب در مزرعه را ثابت می کند. تنش قادر به کاهش تعداد بوته های زایا و بلال دار ذرت بود.

سپاس گذاری

بدینوسیله از زحمات کلیه همکاران مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد که در اجرای این پژوهش یاری رساندند تقدیر و تشکر می گردد.

(جدول ۳). کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی قبلاً نیز گزارش شده است (ربانی و امام، ۱۳۹۰). اثر تنش تراکم خاک بر عملکرد دانه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار گردید. تیمار بدون تراکم به میزان ۴۱۹/۰۸ گرم در مترمربع بیشترین عملکرد و تیمارهای تراکم متوسط و تراکم شدید به ترتیب با مقادیر ۷۳/۲۲ و ۶۳/۳۵ به طور مشترک کمترین مقدار را داشتند. بدیهی است عملکرد دانه به علت اثر نامطلوب تراکم خاک بر رشد ذرت کاهش یافته است. تردد اضافی چرخ ها ساختمان خاک را تخریب، میزان تخلخل را کاهش و در نتیجه باعث کاهش رشد و عملکرد شده است. پر دوک و همکاران (۲۰۰۲) نیز نتیجه گرفتند که کاهش رشد ریشه و محدود شدن آن باعث می شود آب و مواد غذایی به خوبی از عمق خاک به گیاه نرسد. در جدول (۱) مشاهده می شود که وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای تراکم متوسط و شدید بیشترین مقدار را دارد که بیانگر فشردگی خاک است.

منابع

۱. ربانی، ج. و امام، ی. ۱۳۹۰. پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی، سال اول، (۲): ۶۵-۷۸.
۲. سرمد نیا، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۷۳. فیزیولوژی گیاهان زراعی. (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۶۷ ص.
3. Arnon, D.I., 1975. Physiological principles of dryland crop production in Physiological aspects of dryland farming. U. S. Gupta (Eds), Oxford Press. 414 p.
4. Amato, M., and Ritchie, J.T. 2002. Spatial distribution of roots and water uptake of maize (*Zea mays* L.) as affected by soil structure. Crop Science, 42:773-780.
5. Bottaa, G.F., Jorajuriab, D., and Draghib, L.M. 2002. Influence of the axle load, tyre size and configuration on the compaction of a freshly tilled clayey soil. Journal of Terramechanics, (39)(1): 47-54.

6. Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth corn. *Field Crop research*, 89(1):1-16.
7. Chen, Y. 2002. A liquid manure injection tool adapted to different soil conditions. *Transactions of the ASAE*, (45)(6): 1729-1736.
8. Freitas, P.L., Zobel R.W., and Snyder, V.A. 1999. Corn root growth in soil columns with Artificially Constructed Aggregates. *Crop Science*, 39(3): 725-730.
9. Kaspar, T.C., Brown, H.J., and Kassmeyer, E.M. 1991. Corn root distribution as an affected by tillage, wheel traffic, and fertilizer placement. *Soil Science, Society American Journal*, 55: 1390-1394.
10. Laboski, C.A.M., Dowdy, R.H., Allmaras, R.R., and Lamb, J.A. 1998. Soil strength and water content influences on corn root distribution in a sandy soil. *Plant and Soil*, 203, pp: 239-247.
11. Liedgens, M., and Richner, W. 2001. Minirhizotron observations of the spatial distribution of the maize root system. *Agron Journal*, 93: 1097-1104.
12. Martino, D.L., and Shaykewich, C.F. 1994. Root penetration profiles of wheat and barley as affected by soil penetration resistance in field conditions. *Canadian Journal of Soil Science*, 74: 193-200.
13. Ngunjiri, G., and Siemens, J. 1995. Wheel traffic effectes on corn growth. *Transactions of the ASAE*, 38(3): 691-699.
14. Nicoullaud, B., King, D., and Tardieu, F. 1994. Vertical distribution of maize roots in relation to permanent soil characteristics. *Plant and Soil*, 159(2), pp: 245-254.
15. Perdok, U.D., Kroesbergen, B., and Hoogmoed, W.B. 2002. Possibilites for modeling the effect of compression on mechanical and physical properties of various Dutch soil types. *Soil and Tillage Research*, (65): 61-75.
16. Silval, V.R., Reinert, D.J., and Reichert, J.M. 2000. Soil strength as affected by combine wheel traffic and two soil tillage systems. *Ciência Rural, Santa Maria*, 30(5) pp:795-801.
17. Zhang, S., and Shan, L. 2000. Effect of nitrogen nutrition on endogenous hormone content of maize under soil drought conditions. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 14(9) :1503-6.