ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (کرج)
۲۴ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹

تاثیر زیرشکنی بر تراکم خاک و عملکرد پنبه در منطقه مغان

جبرائیل تقی‌نژاد[۱]-علی محمد برقعی[۲] - سعید مینایی[۳] -رضا عادل‌زاده[٤]

۱- جبرائیل تقی‌نژاد- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل(مغان)
J.Taghinazhad@yahoo.com.
۲- علی محمد برقعی- استاد و مدیرگروه ماشینها و مکانیزاسیون کشاورزی واحد علوم و تحقیقات تهران
۳- سعید مینایی- دانشیار دانشگاه تربیت مدرس
٤- رضا عادل‌زاده- عضو هیات مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل(مغان)

چکیده

پنبه گیاهی با سیستم ریشه‌ای مستقیم است که توانایی نفوذ در اعماق خاک را بـه منظورتـامین آب و مـواد غـذایی دارد. با این حال فشردگی خاکهای زراعی به دلیل افزایش مقاومت به نفوذ، جـرم مخصـوص ظـاهری خـاک و نیـز کاهش خلل وفرج و نفوذ آب موجب کاهش میزان رشدونمو و تولید محصول می‌شـود. بنـابراین در تحقیقـی تـاثیر عملیات زیرشکنی بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکـرد پنبـه در قالـب طـرح بلوکهـای کامـل تصـادفی در سـه تیمار(S0- فقط شخم با خاک‌ورز برگرداندار ، S1 – زیرشـکنی تـا عمـق ۳۵-۳۰ + خـاک‌ورز برگردانـدار و S2- زیرشکنی تا عمق ۵۵-۵۰ + خاک‌ورز برگرداندار) و چهار تکرار انجام گرفت.

برای تعیین تاثیر عملیات زیرشکنی بر خواص فیزیکی خاک و عملکرد پنبه پارامترهای جـرم مخصـوص ظـاهری خاک، شاخص مخروط، درصد رطوبت خاک ، ارتفاع بوته و عملکرد پنبه اندازه‌گیری شـد. نتـایج تجزیـه واریـانس نشان داد زیرشکنی باعث کاهش معنی‌دار شـاخص مخـروط در عمـق‌هـای ۲۰-۱۰ و ۵۰-۲۰ بـه ترتیـب در سـطح احتمال ۵٪ و ۱٪ گردید و از نظر جرم مخصوص ظاهری اختلاف آماری معنـی‌داری مشـاهده نشـد. بـا ایـن حـال تیمارهای زیرشکنی بیشترین کاهش این شاخص را به دنبال داشته‌اند.. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای آن نشان داد از نظر عملکرد وش در سطح احتمال ۵٪ و از نظر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱٪ اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارها وجود دارد و بیشترین ارتفاع بوته ۸٦/۲۷ سانتی‌متر مربوط به زیرشکنی به عمـق ۵۵-۵۰ سـانتی‌متربـود. عملکرد وش تیمارهای زیرشکنی تا عمق ۳۵-۳۰ و ۵۵-۵۰ سانتی‌متر به ترتیب ٤۱۸۰ و ٤۰۲۰ و عملکـرد تیمـار بدون زیرشکنی ۳٦۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. به عبارت دیگر با انجام زیرشکنی، عملکرد پنبه حداقل ۹/۷ و حـداکثر ۱۳/۵ درصد افزایش یافت.

واژه های کلیدی: فشردگی خاک، زیرشکنی، شاخص مخروط خاک و عملکرد پنبه.

مقدمه

تحقیقات نشان می دهد به واسطه برخی علل طبیعی و نیز استفاده مکرر از ادوات چرخ‌دار و سنگین در سطح مزرعه در دراز مدت یک لایه سخت و نفوذناپذیر در اعماق ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر تشکیل می‌شود و در مواردی به دلیل عوامل طبیعی و تجمع رس در لایه های زیرین، یک لایه سخت دیگر در خاک تشکیل می‌گردد. وجود این لایه تا عمق یک متر هم گزارش شده است.(Cassel & Edwards, 1985 ; Reeder, et al., 1992). همچنین انجام شخم یکنواخت در عمق ثابت برای مدت طولانی موجب ایجاد فشردگی در لایه های زیرین گردیده و با بارش باران و تجمع مواد نامطلوب آن را تهدید می‌کند تحقیقات نشان داده است که از بین بردن این اختلافات در اغلب موارد موجب افزایش محصول می‌گردد (منصوری راد، ۱۳۷٦). افزایش مقاومت لایه های خاک در ناحیه ریشه، ریشه دوانی را محدود و تهیه آب و مواد غذایی برای گیاه را کاهش می‌دهد. دور آبیاری و تامین آب کافی برای گیاه می‌تواند اثر محدودکننده مقاومت زیاد خاک ناحیه ریشه بر روی رشد و تامین آب و مواد غذایی را کاهش دهد و متقابلا زیرشکنی می‌تواند از وارد شدن تنشهای آبی برگیاه در مواقع کم آبی بکاهد (خلیلی و محمدی مزرعه ۱۳۸۰). شکسته شدن سخت لایه توسط زیرشکنها موجب بهبود توسعه ریشه در خاک گشته و گیاه قادر خواهد بود در سطح وسیعتری از پروفیل خاک آب و مواد غذایی موردنیاز خود را جذب کند که نتیجتا مقدار محصول افزایش خواهد یافت (منصوری راد، ۱۳۷٦). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد زیرشکنی در خاک متراکم باعث پوکی، بهبود خواص فیزیکی و افزایش میزان مواد غذایی در دسترس خاک و نتیجتا افزایش عملکرد می‌گردد (Cassel & Edwards, 1985).

نوروزیه و همکاران در آزمایشی تاثیر زیرشکنی بهاره بر عملکرد محصول پنبه و تراکم خاک را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد عمق سخت لایه بین ۳۵ – ٤۱ سانتی‌متر بوده و اثرات زیرشکنی طی فصول زراعی از بین می رود (نوروزیه و همکاران،۱۳۸۰). همچنین نتایج مطالعات نشان می‌دهد با اعمال زیرشکنی، جرم مخصوص ظاهری خاک در بدو امر به مقدار زیادی کاهش ولی به مرور زمان و به دلیل ساختمان توده‌ای در خاک و شسته شدن ذرات از افق‌های فوقانی و همچنین تردد ماشینها و ادوات کشاورزی افزایش می یابد Evans, et al.,1996 ;Slowinska- Jurkiewicz, 1994).

محققان افزایش عملکرد پنبه وسایر محصولات زراعی را در اثر زیرشکنی گزارش نموده‌اند (Buzatti & Mundstock 1994 ;Akhenci et al., 2004 ;Reeder, et al., 1992). اسمیت در آزمایشی نشان داد زیرشکنی پاییزه عملکرد پنبه را تا ۸/۲ درصد افزایش داد (Smith, 1995).

محققین شاخص مخروط خاک برابر ۲ مگاپاسکال را حد بحرانی فشردگی خاک جهت رشد و توسعه ریشه ذکر کرده اند (الماسی و همکاران،۱۳۸۱) به نقل از Eisenhauer&Wiese., 1987 ; Jones, 1996 &). همچنین تیلور و همکاران مقدار ۲ مگاپاسکال و بیشتر از آن برای شاخص مذکور را مانع طویل شدن ریشه محصول پنبه اظهار کردند و در نهایت این مقدار را معیاری برای تشخیص سخت لایه معرفی نموده‌اند(Taylor & Arddner 1993). اوانس و همکاران نیز در آزمایشی تاثیر اجرای یکبار عملیات زیرشکنی و اثرات متقابل آن با چهار روش خاکورزی متفاوت بر میزان فشردگی خاک را بررسی کرد و نتیجه گرفتند که تاثیر عملیات زیرشکنی در سال اول بر وزن مخصوص ظاهری و مقدار رطوبت حجمی خاک معنی‌دار بوده لیکن در سال دوم آزمایش، عملیات

زیرشکنی بر پارامترهای مذکور معنی‌دار نبوده است (Evans, , et al., 1996). همچنین صلح جو و همکاران در بررسی تاثیر عملیات زیرشکن بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم آبی نشان دادند کاربرد زیرشکن موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شده است (صلح جو و کشمیری‌پور ،۱۳۸۰).

هدف از انجام این بررسی ارزیابی تاثیر عملیات زیرشکن در اعماق ۳۰ -۳۵ و ۵۰-۵۵ سانتی متری همراه با خاک‌ورز برگرداندار نسبت به خاک‌ورزی مرسوم (شخم با خاک‌ورز برگرداندار) بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک، عملکرد و اجزای عملکرد پنبه بود.

مواد وروشها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) که دارای بافت رسی بوده اجرا شد. زیرشکنی در اواخر آبان ماه و در رطوبت ۱٤/۵ درصد (میانگین درصد رطوبت عمق۰-۶۰ سانتی متر) با تراکتور جاندیر مدل ٤٥٦۰ با توانHP ۱٤۰ انجام گردید. در جدول۱ مشخصات زیرشکن مورد استفاده آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات فنی زیرشکن مورد استفاده در آزمایش

ردیف	نوع زیرشکن	عرض کار (متر)	مشخصات
۱	زیرشکن با ساقه راست L	۲/٤۹	زیرشکن ساخت قطعات آهنگری خراسان، سه ساقه با مارک رائو ، فاصله ساقها ۸۳ سانتیمتر، حداکثر عمق ساقها ۸۵ سانتیمتر ودارای۲ عدد چرخ تنظیم عمق بود.

این تحقیق بصورت طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار ودر سه تیمار انجام شد. سطوح تیمارها عبارت بودند از:

S0- فقط خاک‌ورز برگرداندار

S1 – زیرشکنی تا عمق ۳۰-۳۵ + خاک‌ورز برگرداندار

S2- زیرشکنی تا عمق ۵۰-۵۵ + خاک‌ورز برگرداندار

روش کار

خاک مزرعه آزمایشی زیرشکنی گردیده و عمق موثر و عملی برای تیمارها به ترتیب ۳۰-۳۵ و۵۰-۵۵ سانتی‌متر بود. سپس شخم زنی کل تیمارها با خاک‌ورز برگرداندار به عمق ۲۰-۲۵ سانتی‌متر انجام شد. رقم پنبه مورد استفاده، رقم متداول منطقه (مهر)بود که برای هر تیمار ٦ خط کاشته شد. محصول در دو چین به صورت جداگانه به روش دستی برداشت ، توزین ویاداشت‌برداری گردید.

پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل: شاخص مخروط خاک، جرم مخصوص ظاهری ودرصد رطوبت خاک (بر پایه خشک)، نفوذپذیری آب به خاک ، عملکرد وارتفاع بوته بود.

شاخص مخروط خاک توسط دستگاه فروسنج مخروطی تا عمق ۸۰ سانتی‌متر از سطح خاک برحسب مگاپاسگال اندازه‌گیری شد. مخروط مورد استفاده در نوک میله نفوذ دارای زاویه ٦٠ درجه در راس و قاعده ای به قطر ۱۰ میلیمتر بود. با استفاده ازرابطه (۱) میزان درصد کاهش مخروط محاسبه گردید(Evans, et al., 1996).

$$E = \frac{A - B}{A} \times 100 \qquad (۱)$$

در این معادله E = درصد کاهش مخروط؛ A = شاخص مخروط قبل از خاکورزی و B = شاخص مخروط بعد از اولین آبیاری است.

به منظور بررسی تاثیر کاربرد زیرشکن بر جرم مخصوص ظاهری خاک پیش از عملیات خاکورزی و پس از اولین آبیاری، از اعماق ۰-۲۰، ۲۰-٤۰، ٤۰-٦۰ سانتی متر و در دو نقطه از هر یک از تیمارها با استفاده از استوانه نمونه برداری شد. نمونه‌ها به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون خشک شده و با استفاده از رابطه(۲) جرم مخصوص ظاهری خاک محاسبه گردید (Anonymous, 1983).

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{4M}{\pi D^2 L} \qquad (۲)$$

در این معادلهρ = جرم مخصوص ظاهری خاک خشک بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب ؛ M =جرم نمونه خاک خشک بر حسب گرم ؛ D = قطر داخلی استوانه نمونه‌گیری بر حسب سانتی‌متر ؛ L = ارتفاع استوانه نمونه‌گیری برحسب سانتی متر و V = حجم استوانه نمونه‌گیری بر حسب سانتی‌مترمکعب است.

همزمان مقدار رطوبت با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید (صلح جو و کشمیری‌پور ،۱۳۸۰).

$$MC = \frac{Ww - Wd}{Wd} \times 100 \qquad (۳)$$

که در این معادله MC= درصد رطوبت خاک (بر پایه خشک) ؛ Ww= وزن خاک مرطوب (گرم) و Wd = وزن خاک خشک (گرم) است.

برداشت ازچهار خط وسط با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت انجام و برحسب هکتار برآورد گردید. پس از آنالیز واریانس، مقایسات میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

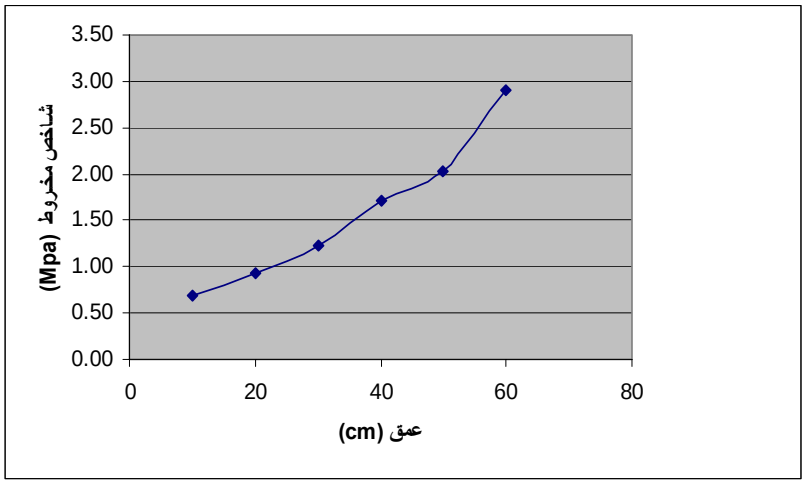
در مرحله قبل از برداشت از چهار خط وسط، ۱۰ بوته رقابتی بطور تصادفی انتخاب شده و ارتفاع برحسب سانتی متر اندازه‌گیری و مورد تجزیه وتحلیل آماری قرار گرفت. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

نتایج و بحث

همانگونه که در نمودار(۱) دیده می‌شود، میانگین شاخص مخروط خاک پیش از عملیات خاک‌ورزی در عمق‌های مختلف بین ۰/٦۸ الی ۲/٦۹ مگاپاسکال بود. در بررسی اثر تیمارها بر شاخص مخروط خاک تا عمق ٦۰ سانتی‌متر مطابق جدول(۲) مشخص گردید که تیمارهای S1 و S2 به ترتیب با مقادیر میانگین ۳۸/۳۷ و ٤۳/۲۵ درصد بیشترین و بکارگیری خاک‌ورز برگرداندار (بدون استفاده از زیرشکن) S0 با میانگین ۲٤/٦۲ درصد کمترین میزان

کاهش شاخص مخروط خاک را در مقایسه با وضعیت پیش از خاک‌ورزی داشته‌اند. به بیان دیگر، تفاضل میانگین درصد کاهش شاخص مخروط S1 و S2 (استفاده از زیرشکن) نسبت به S0 (بدون زیرشکنی) به ترتیب ۱۳/۷۵ و ۱۸/۶۳ درصد بوده است. تحقیقات سایر محققین نیز نشان می‌دهد که انجام عملیات زیرشکنی باعث کاهش شاخص مخروط خاک متراکم به میزان ۱۶/۷ درصد شده است .(Varsa, et al; 1997).

نتایج نشان می‌دهد که کاهش شاخص مخروط خاک در عمق های ۲۰-۱۰ و۵۰-۲۰ سانتی‌متر کاملا مشهود بوده است جدول(۲). همچنین با توجه به نمودار (۱) مشخص می‌شود که فشردگی خاک از عمق ۳۰-۴۰ سانتی‌متر افزایش یافته و در عمق ۴۰-۵۰ سانتی‌متر به شرایط بحرانی می‌رسد. بنابراین تحقیق انجام شده نشان می‌دهد احتمالا عدم کاربرد زیرشکن و استفاده مکرر از خاک‌ورز برگردان‌دار باعث افزایش مقاومت خاک به ویژه در لایه‌های زیرین عمق شخم می‌گردد. به عبارت دیگر نتایج نشانگر وجود لایه متراکم در زیر عمق شخم می‌باشد. لذا کاربرد زیرشکن (یا هر گونه راه حل دیگری که باعث کاهش مقاومت خاک و یا جلوگیری از افزایش مقاومت آن گردد) ضرورت می‌یابد.



نمودار ۱- نمودار شاخص مخروط خاک قبل از اعمال تیمارهای زیرشکنی

نتایج تجزیه واریانس درصد کاهش شاخص مخروط پس از اولین آبیاری جدول (۲) نشان می‌دهد که در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متر تیمارهای زیرشکنی دارای تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بوده‌اند. همچنین در عمق‌های ۲۰-۳۰، ۳۰-۴۰، و ۴۰-۵۰ سانتی‌متر سطوح مختلف تیمارهای زیرشکنی بود. اختلاف آماری معنی‌داری درسطح احتمال ۱٪ می‌باشند، که نشانگر تاثیر مثبت زیرشکنی در کاهش این شاخص است.

مقایسه میانگین‌های درصد کاهش شاخص مخروط خاک در تیمارهای مختلف بر اساس جدول(۲) نشان داد که در عمق‌های ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰ ، ۳۰-۴۰ و ۴۰-۵۰ سانتی‌متر تیمار بدون زیرشکنی در کلاسی متفاوت با دو تیمار دیگر زیرشکنی قرار دارد و در عمق‌های ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی‌متر تیمارهای زیرشکنی (S1 و S2) در یک کلاس می‌باشند. و در عمق ۳۰-۴۰ تیمارهای زیرشکنی در کلاس متفاوت قرار داشته و در عمق ۴۰-۵۰ با اینکه تیمارهای زیرشکنی در یک کلاس هستند منتهی میزان کاهش شاخص مذکور در تیمار S2 بیشتر از تیمار S1 بوده است و این نشان دهنده آن است که عمق زیرشکنی تاثیری بر کاهش این شاخص درعمق یاد شده ندارد.

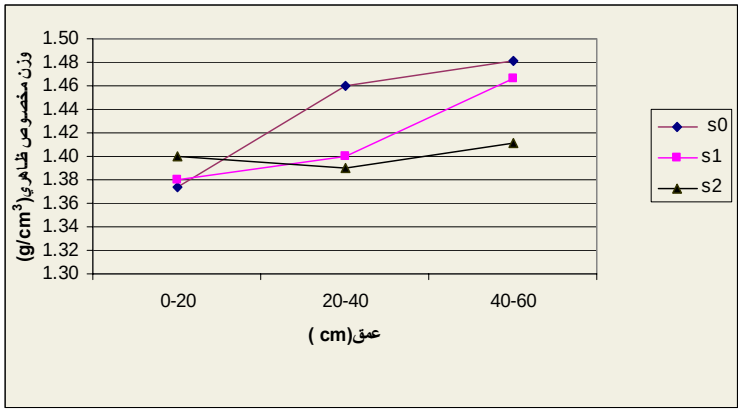
جدول۲- مقایسه میانگین کاهش شاخص مخروط در عمق های مختلف خاک، قبل از خاکورزی به بعد از خاکورزی

تیمار	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۰-۲۰	۴۰-۳۰	۵۰-۴۰	۶۰-۵۰
S0	۲۳/۸۶AB	۲۴/۰۵B	۱۱/۲۴B	۱۹/۳۷C	۲۲/۵۰B	۴۴/۱۷B
S1	۳۱/۰۳A	۳۲/۸۲A	۳۷/۰۷A	۴۱/۰۳B	۴۰/۷۷A	۴۷/۵۰AB
S2	۲۱/۵۱B	۳۴/۳۸A	۴۰/۱۳A	۵۱/۱۲A	۵۵/۸۹A	۵۶/۴۵A

اختلاف میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشند(۵٪)

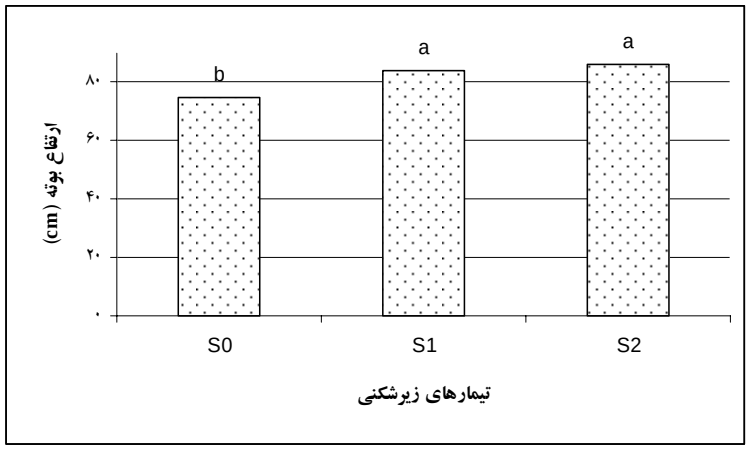
میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک پیش از انجام عملیات خاکورزی با توجه به عمق خاک در لایه‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متر به ترتیب برابر با ۱/۲۴، ۱/۴۸ و ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب بوده است. نمودار مربوط به جرم مخصوص ظاهری خاک کلیه تیمارها پس از اعمال تیمارهای زیرشکنی و عملیات خاک‌ورزی (یک هفته بعد از اولین آبیاری) در نمودار (۲) ارائه شده است.

هر چند نتایج تجزیه واریانس کاهش شاخص جرم مخصوص ظاهری خاک قبل از زیرشکنی در مقایسه با بعد از زیرشکنی نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در عمق‌های مختلف بوده است، لیکن با توجه به نمودار (۲) بیشترین کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک مربوط به تیمارهای زیرشکنی (S1 وS2) و کمترین آن مربوط به تیمار بدون زیرشکنی (S0) می‌باشد. احتمالا عدم وجود اختلاف معنی‌دار شاخص جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های مختلف به دلیل دقت کم روش اندازه‌گیری (استفاده از استوانه‌های نمونه‌برداری) بوده است. با این حال با توجه به نمودار چگالی ظاهری خاک مشاهده می‌شود که میانگین این شاخص در تیمارهای زیرشکنی نسبت به تیمار بدون زیرشکنی در دامنه عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متر کاهش یافته است که نشانگر وجود خاک متراکم در دامنه فوق می‌باشد.



نمودار ۲- نمودار مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری لایه‌های خاک پس از اعمال تیمارهای مختلف زیرشکنی

نتایج تجزیه واریانس شاخص ارتفاع بوته طبق جدول ۳ نشان داد که زیرشکنی اثر معنی‌داری(در سطح احتمال ۱٪) بر شاخص ارتفاع بوته داشته است. و تیمار زیرشکنی به عمق ۵۵ سانتی‌متر بیشترین میانگین ارتفاع ۸۶/۲۷ سانتی‌متر به لحاظ استفاده آسان از رطوبت موجود در خاک و در نتیجه رشد رویشی مناسب و تیمار بدون زیرشکنی با میانگین ۷٤/۹۵ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را داشتند. نمودار (۳) ۰
مقایسه میانگین ارتفاع بوته براساس آزمون دانکن نشان داد که تیمارهای زیرشکنی در عمق‌های مختلف در یک سطح قرار داشتند و تیمار بدون زیرشکنی در سطح جداگانه قرار داشت .جدول (۳).



نمودار۳- ارتفاع بوته پنبه در تیمارهای مختلف زیرشکنی

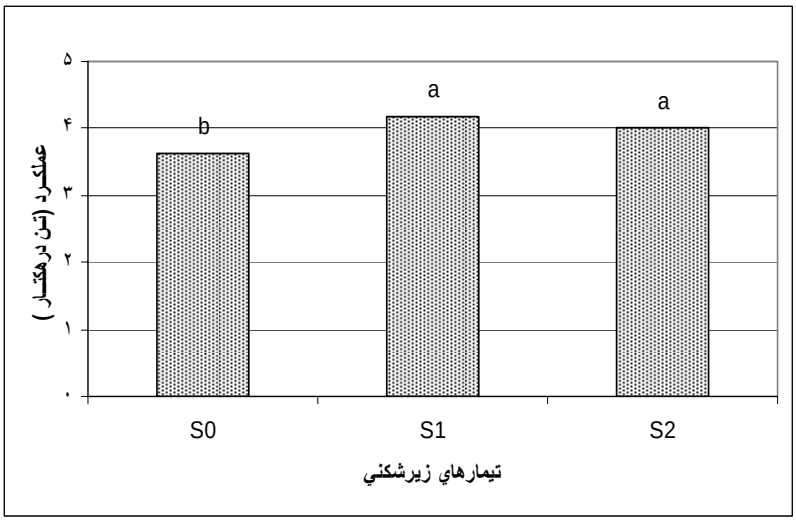
تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف زیرشکنی (از لحاظ تاثیر بر خصوصیات فیزیکی خاک و درنتیجه رشد ونمو گیاه پنبه) بر اساس جدول (۳) نشان داد که از نظر عملکرد بین سطوح مختلف زیرشکنی اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد. همچنین مقایسه میانگین عملکرد محصول پنبه بیانگر آن است که تیمارهای زیرشکنی در عمق‌های ۵۵ و ۳۵ سانتی‌متر به ترتیب با میانگین ٤/۰۲ و ٤/۱۸ تن در هکتار بالاترین عملکرد را به خود اختصاص دادند که از نظر آماری در یک گروه قرار می‌گیرند و پایین‌ترین عملکرد مربوط به تیمار بدون زیرشکنی با میانگین ۳/٦۳ تن در هکتار می‌باشد که با دو تیمار دیگر متفاوت است. این بررسی نشان می‌دهد که زیرشکنی اثر معنی‌داری بر عملکرد پنبه داشته اما عمق زیرشکنی بی‌تاثیر بوده است. نمودار (٤).
همچنین نتایج نشان می‌دهد اختلاف اندکی که بین تیمار زیرشکنی به عمق ۵۵ سانتی متر در مقایسه با تیمار زیرشکنی به عمق ۳۵ سانتی‌متر دارد ناشی از رشد رویشی بیشتر تیمار مذکور می‌باشد. درنتیجه با توجه به اینکه زیرشکنی در عمق بیشتر به تراکتور با توان بالا و مصرف توان بیشتر و هزینه‌های اضافی نیازمند است، بنابراین تیمار زیرشکنی تا عمق ۳۵ سانتی‌متر به لحاظ عملکرد بالا و استفاده کمتر انرژی در مزارع پنبه قابل توصیه است.

نتایج حاکی است افزایش عملکرد تیمارهای زیرشکنی (S2 و S1) نسبت به بدون زیرشکنی (S0) به ترتیب ۹/۷و ۱۳/۵ درصد برآورد گردیده است. که با تحقیق اسمیت در سال ۱۹۹۵ مطابقت دارد که در آزمایشی نتیجه گرفت زیرشکنی پاییزه عملکرد پنبه را تا ۸/۲ درصد افزایش داد (Smith, 1995). چنین به نظر میرسد با توجه به اینکه افزایش عملکرد ناشی از انجام زیرشکنی هزینه عملیات زیرشکنی را جبران می‌کند، انجام زیرشکنی در زمینهای تحت کشت پنبه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه خواهد بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین های صفات محصول پنبه در سطح احتمال ۵٪

تیمارهای زیرشکنی	عملکرد پنبه(ton/ha)	ارتفاع بوته(cm)
بدون زیرشکنی	۳/٦۳ B	۷٤/۹٥ B
زیرشکنی (۳٥cm)	٤/۱۸ A	۸٤/۲۷ A
زیرشکنی (٥٥cm)	٤/۰۲ A	۸٦/۲۷ A
LSD 5%	۰/۳۷	٤/۹۷

اختلاف میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشند



نمودار ٤- عملکرد کل محصول وش پنبه در تیمارهای مختلف زیرشکنی

منابع و ماخذ:

۱- الماسی، مرتضی، سید علی محمد برقعی و جعفرحبیبی اصل (۱۳۸۱). مقایسه تاثیر زیرشکنی با تیغه‌های بالـه‌دار بر روی بعضی خواص فیزیکی خاک نسبت به تیغه‌های بدون باله در جنوب خوزستان . خلاصه مقالات دومین کنگره فنی و مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون . صفحه ۱۰۷.

۲- خلیلی، معروف و حسین محمدی مزرعه (۱۳۸۰). بررسی اثر کاربرد ساب سویلر و دوره های مختلف آبیاری بر عملکرد ذرت دانه‌ای . گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی.

۳ – صلح جو، علی اکبر، جانب اله نیازی و بهداد کشمیری‌پور (۱۳۸۰). تاثیر عملیات زیرشکنی بر خصوصیات فیزیکی و عملکرد گندم آبی . گزارش پژوهشی نهایی طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی فارس . نشریه .۱۹۵
٤ – منصوری راد ، داود (۱۳۷٦). تراکتور ها وماشینهای کشاورزی .جلد اول انتشارات دانشگاه بوعلی سینای همدان . ص ٤۰۸–٤۰۹ .
۵– نوروزیه، شهرام، احمد طباطبائی فر و قربان قربانی نصرآبادی (۱۳۸۰). بررسی اثر زیرشکن بهاره بر عملکرد محصول پنبه و تراکم خاک . خلاصه مقالات دومین کنگره ملی انجمن مهندسی کشاورزی و مکانیزاسیون .
۶-Akhenci, A., Cakir, E., Topakci, M., Canakci, M. and Inan, O. 2004.. The effect of sub soiling on soil resistance and cotton yield. Soil and Tillage Res.77: 203-210.
۷-Anonymous, 1983. Test codes and Procedures for Farm Machinery. RNAM Technical Publications. Pasay city, philippines.
۸-Cassel, D. K. and Edwards, E. C. 1985. Effects of sub soiling and irrigation on corn 143 production. Soil Sci. soc .Am.J. 49(4):996-1001.
۹-Evans, S.D., Lindstrom M.J. and Voorhees W.B. 1996. Effects of sub soiling and subsequent tillage on soil bulk density , soil moisture and corn yield . Soil and Tillage Res. Vol . 38:35-46.
۱۰-Jones, A.J. 1996. Sub soiling in Nebraska. NE. Coop. Ext. Serv. Neb Guide G96-258.
۱۱-Jones, A.J., Eisenhauer, D.D. and Wiese, R.A. 1987 .Identification of soil compaction and its limitations to roots growth . . NE. Coop. Ext. Serv. Neb Guide G87-331.
۱۲-Majidi Irag, H. and Raoufat, M.H. 1997. Power requirement of a bent leg plow and its effects on soil physical conditions. Iran Agric. Res. 16:1-16.
۱۳-Reeder, R., Wood, R. and Finck, C. 1992. Five subsoil designs and their effects on soil and crop yields. Paper-American-Society-of-Agricultural-Engineers. No 92-1594. 16 pp.
۱۴-Slowinska- Jurkiewicz, A. 1994. Changes in structure and physical properties of soil during spring tillage operations. Soil and Tillage Res. (29): 397-407.
۱۵-Smith, I.A . 1995 . Cotton response to deep tillage with controlled traffic on clay soil . Trans . of the ASAE. Vol. 38(1): 45-50.
۱۶-Taylor . H.M. and Arddner, G. (1993). Penetration of cotton seeding taproots as influenced by bulk density , moisture content and strength of soil. Soil Sci . Vol. 96(3). 150 -153.
۱۷-Varsa, E. C., Chong, S.K., Abolaji, J.O., Farquhar, D.A. and Olsen, F.J. 1997. Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn (*Zea mays* L) root growth and production. Soil and Tillage Res. (43):219-228.

Effects of Sub-soiling on Soil Compaction and Cotton Yield in Moghan Region

Abstract:
Cotton (*Gossypium*), a crop with straight rooting system is able to penetrate deep layers of soil to access water and nutrients. However, field soil compaction leads to reduction plant growth and Cotton Yield. The present research planned as randomly complete block design (RCBD) with 3 tillage treatments (S0: only a moldboard plough S1:30-35 cm deep sub-soiling plus moldboard plough, and S2: 50-55 cm deep sub-soiling plus moldboard plough) with 4 replications per treatment, was conducted to study the impact of sub-soiling on soil physical properties and cotton yield.
ANOVA results indicated a significant decrease in soil cone index and No significant statistical differences were found with bulk densities, however, sub-soiling treatments led to the lowest values of this index..
Highest values of plant height measured 86/27 cm were found with 50-55 cm deep sub-soiling. Lint yields at 30-35 cm and 50-55 cm deep sub soiling were 4180 and 4020 kg/ha, respectively. Lint yield of conventional tillage was 3630 kg/ha. Sub-soiling resulted in lint yield increase of at least 9/7 % and at most 13/5%.

Key words: Soil compaction, Sub-soiling, Soil cone index and Cotton yield