تاثیر منابع مختلف مادۀ آلی و زیر شکن بر اصلاح خاک شور و سدیمی و ارزیابی اقتصادی تاثیر آن بر عملکرد محصول

علیداد کرمی، هدایت‌اله رحیمی، جانب‌اله نیازی و علی‌اکبر صلح‌جو [1]

چکیده

به منظور بررسی تاثیر مادۀ آلی و زیرشکنی خاک بر تعدیل خواص فیزیکوشیمیایی نامطلوب خاک، طرحی با دو فاکتور: زیرشکنی با دو سطح شامل: (بدون زیرشکنی و زیرشکنی خاک تا عمق ۵۰-۴۵ سانتی‌متر) به عنوان فاکتور اصلی و مادۀ آلی با چهار سطح شامل: (بدون افزایش مادۀ آلی ، تفالۀ ریشۀ شیرین بیان، پوستۀ شلتوک و بقایای ذرت) به عنوان فاکتور فرعی به صورت کرت‌های نواری با طرح پایۀ بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت سه سال در اراضی ایستگاه آونجان رامجرد اجرا گردید. نتایج نهایی طرح نشان داد که تاثیر افزایش مادۀ آلی در سطح یک درصد سبب افزایش عملکرد دانۀ گندم گردیده به طوری که بقایای ذرت با بیشترین تولید به میزان ۵۲۵۰، تفالۀ ریشۀ شیرین‌بیان با ۴۹۹۲، پوستۀ شلتوک ۴۶۹۲ و کمترین محصول از عدم مصرف مادۀ آلی (شاهد) به میزان ۴۳۵۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمده است. اعمال زیرشکن در مقایسه با عدم اعمال آن علی‌رغم افزایش عملکرد از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید. اثرات متقابل مادۀ آلی و زیرشکنی بر عملکرد دانه از لحاظ آماری معنی‌دار نشد. تاثیر منابع مادۀ آلی بر میزان نفوذپذیری خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شده که در این بین به ترتیب بیشترین میزان نفوذپذیری از تیمار بقایای ذرت، تفالۀ ریشۀ شیرین‌بیان، پوستۀ شلتوک و کمترین آن از شاهد بدست آمده است. تاثیر منابع مختلف مادۀ آلی بر میزان کربن آلی (OC)، آهن (Fe) و شوری (EC) در مقایسه با شاهد در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردیده که بیشترین تاثیر مربوط به تیمار بقایای ذرت بوده که باعث افزایش OC و Fe و کاهش EC در خاک گردیده است. ارزیابی اقتصادی طرح نشان می‌دهد که اقتصادی‌ترین تیمار نسبت به شاهد استفاده از بقایای ذرت و بعد از آن به ترتیب تفالۀ ریشۀ شیرین‌بیان و پوستۀ شلتوک می‌باشد. با انجام روش‌های اصلاحی مزبور و مدیریت مناسب می‌توان نتایج مطلوبی حاصل و بهره‌برداری بهینه‌تری را عاید نمود.

کلمات کلیدی: اصلاح خاک، زیرشکنی، مادۀ آلی، ارزیابی اقتصادی.

مقدمه

حدود ۶۰۰۰۰ هکتار از اراضی زیر سد درودزن فارس، به سبب سنگینی بافت خاک، نفوذپذیری کم و تراکم زیاد خاک زهکشی مناسبی نداشته و عملکرد محصولات مختلف رضایت‌بخش نبوده و ۴۰ هکتار از اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی فارس در این منطقه با شرایط بدتر غیر قابل بهره‌برداری مفید بودند. اصلاح و استفادۀ موثر از اراضی مزبور، توسعه پایدار، رفع محدودیت شوری و سدیمی و بهره‌برداری

۱- محققین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

اقتصادی، تاثیر ماده آلی و اعمال زیرشکن بررسی گردید. ضعف پایداری ساختمان خاک‌های سدیمی، شور و سدیمی و خاک‌های با pH بالا، تاثیر عکس بر عملکرد محصول داشته و باعث فرسایش خاک شده و ناتوانی سیستم نقل و انتقال آب در خاک را شدت می‌بخشند.

بررسی منابع

کریب و همکاران (۱۰) بیان کرده‌اند که مناطق لخت قلیا به صورت طبیعی در اثر تناوب دوره‌های خشک و تر و تجمع کربنات‌ها و بیکربنات‌ها وکاتیون‌های قلیایی و عمدتاً سدیم حاصل می‌شود. کشت غرقابی برنج باعث اصلاح و بهبود خاک‌های سدیمی شده وکود سبز باعث تشدید فرآیند اصلاح خاک، تولید kgN/ha ۱۱۲و میزان pH و سدیم تبادلی را کاهش داده و باعث بهبود کربن آلی، K و P و N قابل دسترس در خاک شده و جذب Mn,Fe,S,Mg,Ca,P,N و Zn را برای گیاه افزایش داده است(۱۹). خاک سدیمی با غرقاب ۳۰ روزه و با کاربرد ۳۰ تن کود دامی قبل از نشاءکاری به طور قابل ملاحظه‌ای اصلاح گردیده و این عمل باعث افزایش عملکرد شلتوک و جذب مواد غذایی به وسیلهٔ دانه شده است (۱۸). پال و ماندال (۱٤) مشاهده کردند که در تناوب گندم ـ برنج ـ گندم، هیچکدام از نباتات فوق نسبت به افزایش K عکس‌العمل نشان نداده و این را به شدت زیاد آزادسازی K از ذخیرهٔ K درحضور Na درخاک‌های سدیمی نسبت داده‌اند. در بررسی تاثیر t/ha ۲/۸ پوشش زمستانه (مالچ کلشی، بقایای گندم و جو) در مقایسه با خاک لخت و بهره‌برداری تابستانه در اصلاح شوری خاک مشاهده شده که آیش تابستانه و استفاده از بقایای گیاهی به طور مؤثری می‌تواند در شرایط دیم شوری خاک را کاهش دهد (۱۷). توسعه پایدار: از زمین، آب، گیاهان و منابع ژنتیکی حفاظت نموده و مخرب محیط زیست نبوده و از نظر تکنولوژی مناسب و از نظر اقتصادی توجیه‌پذیراست(٤). مواد آلی با اثرات سازنده بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و حاصلخیزی خاک، به عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده است(۳). مواد آلی علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حلالیت فسفر، و برخی از عناصر کم مصرف را نیز افزایش داده و برای کشاورزی پایدار به هر نحو ممکن بایستی تامین شود(۵). مادهٔ آلی تازه فعالیت میکروبی را زیادتر کرده و به دلیل تولید پلی‌یورونیدها در پایداری ساختمان خاک بسیار مؤثر بوده و وضعیت نفوذ آب در خاک را بهبود می‌بخشد ولی به دلیل دمای زیاد در ایران سریع تجزیه شده و از بین می‌رود(۱). در اصلاح خاک‌های آهکی سدیمی کارآیی مادهٔ آلی در انتقال سدیم با سه مکانیزم افزایش غلظت CO_2 خاک در تسریع اصلاح خاک موثر است: ۱- تنفس ریشه گیاهان و تجزیه مواد آلی و تولید CO_2 که با آب تولید اسید کربنیک کرده و اسید فوق با کاهش پ‌هاش خاک باعث افزایش حلالیت کانی‌های کربنات کلسیم و آهک شده و غلظت Ca^{2+} در محلول خاک را افزایش می‌دهد. ۲- CO_2 از اکسیداسیون ریشهٔ گیاهان حاصل شده و موجودات خاک با اکسایش پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و پپتیدها، CO_2 و اسید کربنیک تولید کرده که می‌توانند کانی‌های آهکی را حل نمایند. ۳- خود موجودات خاک که با افزایش ماده آلی

در خاک فعال می‌شوند نیز اسیدهای آلی تولید می‌کنند که در نهایت باعث آزادسازی Ca^{2+} می‌شوند و می‌تواند در اصلاح خاک موثر باشد(١٦). ماده آلی یکی از عوامل پایداری خاکدانه‌ها است و ساختمان خاک سطحی را از برخورد قطره‌های آب یا آب در حال جریان حفظ می‌کند(١). ماده آلی تخلخل خاک را زیادتر کرده، خاکدانه‌ها را پایدارتر و نفوذ آب را بهتر می‌کند(١٢). مواد فیبری و هیومیکی مادهٔ آلی باعث هم‌چسبی خاکدانه‌ها و بهبود پایداری خاکدانه شده است(٨). انتقال اکسیدهای بی‌شکل وکریستالی باعث پراکنش رس‌شده، در حالی که انتقال مواد آلی در خاک پراکنش رس را کاهش می‌دهد(٩). بئوهیا و هاروی (٧) نشان دادند که پایداری کلوئیدهای خاک قویاً تحت تاثیر کربن آلی خاک و عواملی مانند پ‌هاش، مقدار و نوع ترکیبات آنیونی خاک است. پائول (١٥) گزارش نمود که میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک با افزایش عمق جابجایی خاک به وسیلهٔ ماشین کاهش یافته، نفوذپذیری خاک و عملکرد محصول افزایش می‌یابد. والر و والندر(٢٠) بیان کرده‌اند که با افزایش شوری، تعداد درز و ترک خاک‌ها افزایش یافته، جرم مخصوص ظاهری زیادتر شده و شوری زیاد منجر به افزایش تراکم در عمق ٣٠ تا ٦٠ سانتیمتری شده است. مارتین و فرانکین برگر(١٢) سرعت نفوذ یک خاک لوم شنی را با کاربرد کود مرغی، لجن پساب، کاه جو و یونجه اصلاح کردند و برای افزایش نفوذ آب، کارآیی کاه جو، یونجه و لجن پساب نسبت به افزایش کود مرغی یا تیمار شاهد به گونه‌ای چشمگیر بیشتر بوده است. مالچ عمودی شیوه‌ای مؤثر برای بهبود نفوذ آب به خاک به شمار می‌رود (١).

خاک‌ورزی کم‌عمق در کاهش دشواری نفوذ آب، حاصل از سله یا فشردگی مؤثراست، ولی گاهی فشردگی خاک را نیز افزایش داده، از این رو خاک‌ورزی عمیق نیزگاه‌گاهی ضروری است(١). زیرشکنی می‌تواند تراکمی را که به وسیلهٔ رفت و آمد یا شخم ایجاد شده و خاک‌های رسی طبیعی فشرده را سست نماید (١). در کالیفرنیا خاک‌ورزی عمیق (زیرشکنی) در مزرعه پس از برداشت محصول متداول بوده، فایدهٔ اصلی آن این است که در خلال نخستین آبیاری مقدار زیادی آب به زمین نفوذ کرده و با این کار، خاک در سراسر ناحیهٔ ریشه مرطوب مانده و آبشویی نمک‌ها دست کم در خلال نخستین آبیاری رخ می‌دهد(١). زیرشکنی خاک به عمق ٣٥-٣٠ سانتی‌متر همراه با گاوآهن برگردان‌دار باعث کاهش شاخص مخروط خاک به میزان ١٢/٨ درصد، جرم مخصوص ظاهری به میزان ٤/١ درصد و افزایش سرعت نفوذ آب در خاک به اندازهٔ ٢/٤ برابر و عملکرد نسبی گندم را ٣/٨ درصد افزایش داده است(٢). زیرشکنی خاک‌های متراکم موجب افزایش نفوذ پایه به اندازهٔ ٢ تا ٥ برابر میزان آن در قبل از اعمال زیرشکن شده است(١١) و علت این افزایش به شکستن سخت لایهٔ زیر عمق شخم و ایجاد درز، ترک و پوک شدن خاک نسبت داده شده است (٦و١٣).

مواد و روشها

به منظور بررسی تاثیر عملیات زیرشکنی همراه با کاربرد مواد آلی از منابع مختلف، طرح آزمایشی بصورت کرت‌های نواری با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور الف: عامل زیرشکن با دو سطح شامل (١ــ عدم اعمال

زیرشکن ۲ـ اعمال زیرشکن) به عنوان فاکتور اصلی ب: عامل منابع مادهٔ آلی شامل (۱ــ شاهد (بدون استفاده از ماده آلی)، ۲ــ تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان ۳ـ پوستهٔ شلتوک ٤ـ بقایای ذرت) به عنوان فاکتور فرعی درسه تکرار در آونجان اجرا گردید. تیمارهای مختلف در رطوبت یکسان به میزان ٤٠ تن در هکتار استفاده گردید. قبل از اجرای طرح نمونه‌های مادهٔ آلی برای حصول اطمینان از کیفیت آنها و تعیین نسبت C/N برای تامین کود ازته تجزیه گردید. در نمونه‌های اولیهٔ خاک نسبت سدیم جذبی، درصد مادهٔ آلی، بافت، ترکیب آنیونی و کاتیونی محلول خاک، جرم مخصوص ظاهری، درصد رطوبت، نفوذپذیری با توجه به استانداردها و روش‌های آزمایشگاهی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تعیین شد. در طی مراحل اجرای آزمایش قبل از اعمال تیمارها اواسط فصل زراعی و بعد از مرحله برداشت تا عمق ٦٠ سانتیمتری به فواصل ١٥ سانتیمتری خاک جداگانه نمونه‌برداری شد و ESP, PH, EC) ، مادهٔ آلی، بافت خاک، نسبت سدیم جذبی، غلظت آنیون‌ها وکاتیون‌ها برای نمونه‌های با EC بیش از ٤ دسی‌زیمنس‌بر متر) و همچنین جرم مخصوص ظاهری خاک تا عمق ٥٠ سانیتمتری به فواصل ١٠ سانتیمتری در مراحل قبل از عملیات خاک‌ورزی اواسط کشت و بعد از برداشت اندازه‌گیری گردید. نفوذپذیری خاک نیز با استفاده از استوانهٔ دوگانه اندازه‌گیری و شدت نفوذ با کمک معادلات نفوذ کستیاکف و فیلیپ بررسی شد. تراکم خاک با استفاده از دستگاه نفوذسنج مخروطی و با ١٠ نفوذ در هر پلات بعد از عملیات خاک‌ورزی و اعمال تیمارها در شرایط رطوبتی مناسب اندازه‌گیری شد. بر اساس رطوبت مواد آلی، میزان هر منبع محاسبه و طبق نقشه پخش شد و تیمار زیرشکن تا عمق ٥٠ــ ٤٥ سانتیمتر اعمال گردید و جهت مخلوط نمودن مواد اصلاحی، به طور یکسان به کلیه زمین گاواَهن زده شد. با آبیاری در یک مرحله و بارندگی مرحلهٔ پوسیدگی و شستشوی خاک در طول آن سال سپری شد. در این مدت در شرایط رطوبتی مناسب میزان تراکم خاک با دستگاه شاخص مخروط اندازه‌گیری گردید. در پاییز با آماده‌سازی مزرعه کشت گندم صورت گرفت و در تیمارهای مختلف عملکرد و اجزا عملکرد و خصوصیات اصلاح خاک بررسی گردید. به منظور بررسی اقتصادی طرح از روش تحلیل نسبت منفعت به هزینه (Benefit cost ratio analysis method) استفاده شد.

نتایج و بحث

مواد آلی استفاده شده از منابع غیر شور هستند که به مقدار زیاد در منطقه موجود می‌باشند. به عنوان مثال سالانه ١٦٠٠٠ تن تفالهٔ ریشه شیرین‌بیان از ضایعات کارخانجات تهیه عصاره تولید میشود که با صرف هزینهٔ حمل و نقل در کوره‌های آجرپزی برای سوخت استفاده می‌شود. راه عملی فرار از مسائل پوستهٔ شلتوک و بقایای ذرت نیز سوزاندن آن است درصورتیکه علاوه بر تاثیرات مثبت آلی بودن مواد فوق، پوستهٔ شلتوک ریز بوده و مقداری از آن توسط زیرشکن در عمق قرار می‌گیرد و چون دیر تجزیه می‌شود، در پوک کردن خاک و حرکت آب در خاک تاثیر مثبت دارد. نتایج تجزیهٔ نمونه‌های مادهٔ آلی مورد استفاده در این طرح در جدول ١ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیهٔ نمونه‌های منابع مختلف مادهٔ آلی استفاده شده در طرح.

نمونه	EC	pH	TNV	O.C %	افت در ٤٠٠°	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان	۰/٤۲	۷/۰	۰/۵	۵۹	۹۱	/۵	۰/۲	۲۵۲۳	۲۸	۱٤/٤	٤۱
پوستهٔ شلتوک	۱/۰	۵/۸	۱۹	٤۹	۷۹	/٦	۰/٤	۱۹٦	۸	۰/۵	۷۲
بقایای ذرت	۱/٤۵	۵/۱	۲٤/۵	۵۱	۹۲	/۱۲	۲/۱	۷۲٤	۱٦	۵/۲	٤٦

با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که منابع مختلف مادهٔ آلی علاوه بر تاثیرات بسیار مثبت در اصلاح شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک از لحاظ عناصر غذایی هم می‌توانند تاثیرات مثبتی بر تقویت عناصر غذایی خاک داشته باشند. در جدول فوق عناصر غذایی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

جدول ۲- نتایج تجزیهٔ نمونه‌های آب موجود در منطقه مورد استفاده برای آبیاری در طرح.

نمونه	EC ($EC*10^6$)	pH	میلی‌اکی‌والان در لیتر					SAR
			کربنات	بیکربنات	کلر	سولفات	Ca+Mg	Na	
آب سد	۵۲۰	۸/۹	۰/٤	۳/۰۸	۱/۹	۰/۳۵	۳/۹	۱/۸	۱/۲۸
آب چاه	۱۲٦۰	۷/۹	–	۷/۱۲	۵/٤	٤/۱	۸/٤	۸/۲	٤/۰۰

جدول ۳- نتایج تجزیهٔ نمونه‌هایی از خاک قبل از اجرای طرح در آونجان.

عمق نمونه	EC $EC*10^3$	pH	OC	Ca+Mg	Na	S.A.R	شن ٪	سیلت ٪	رس ٪
۰-۳۰	۷۲/۵	۹/۰	۰/۵۹	۱۸/۰	٦۵۰	۲۱۷	۱۳/۲	٤٦	٤۰/۸
۳۰-٦۰	۹/۷۸	۱۰/۷	۰/۱۸	۳/۰	۸٤	٦۹	۹/۲	٤۸	٤۲/۸

با توجه به جدول ۳ اراضی محل اجرای طرح از لحاظ شرایط شور و سدیمی شرایط بسیار نامطلوبی را داشت که به دلیل بافت سنگین خاک و شرایط فیزیکی بسیار نامطلوب حاکم بر آن در دراز مدت اراضی لم‌یزرع بوده و کاربری و استفادهٔ بهینه از آن نمی‌شد. اما با اجرای طرح و اعمال تیمارها و مدیریت مناسب قطعهٔ مربوط به اجرای طرح دگرگون شد و شوری و قلیائیت خاک به شدت پایین آمده که میانگین شوری خاک به ۳/۹۷ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافته(جدول ٤) و pH خاک نیز کاهش یافته و میانگین آن به ۸/٤ رسیده است(جدول۱۰) که در محدودهٔ مناسب قرار گرفته است. مادهٔ آلی و عناصر غذایی خاک تقویت شده که به دلیل افزایش مادهٔ آلی بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک میسّر شده با اصلاح خاک استقرار گیاه و بهره‌برداری بهینه به وجود آمده است. در نمونه‌های برداشت شده میزان EC، pH، کربن آلی، فسفر، پتاسیم،آهن، مس، منگنز، روی، سدیم و مجموع کلسیم و منیزیوم اندازه‌گیری شد، و مقایسه میانگین فاکتورهایی که اختلاف معنی‌دار دارند در جدول ٤ ارائه گردیده است.

جدول شماره ٤- مقایسه میانگین کربن آلی، آهن و شوری خاک

تیمار	میانگین عملکرد دانه (kg/ha)	کربن آلی	Fe	EC
بقایای ذرت	٥٢٥٠A**	١/٠٧٢A*	١١/٨٤A*	٢/٦٢B*
تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان	٤٩٩٢B**	٠/٨٧٢AB*	٩/٤B*	٥/٢٣A*
پوستهٔ شلتوک	٤٦٩٢C**	٠/٧٢٨B*	٩/٩٦B*	٤/٢١AB*
شاهد	٤٣٥٠D**	٠/٨٤٥AB*	٩/١٥B*	٣/٨٠AB*

* معنی‌دار در سطح ٥ درصد. ** معنی‌دار در سطح یک درصد.

باتوجه به جدول ۴ منابع مختلف مادهٔ آلی سبب اختلاف عملکرد معنی‌دار در سطح یک درصد شده است ولی‌اعمال زیرشکن با میانگین عملکرد ٤٨٦٢/٥ علی‌رغم افزایش عملکرد دانه از لحاظ آماری در مقایسه با عدم اعمال زیرشکن با عملکرد ٤٧٧٩٢/٢ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار نشده است. بیشترین عملکرد دانه از بقایای ذرت، سپس از تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان و بعد از آن از پوستهٔ شلتوک حاصل شده است و کمترین عملکرد نیز از شاهد به دست آمده است. بقایای ذرت به کار برده شده تاثیر بیشتری بر شرایط فیزیکی خاک داشته و به عنوان یک منبع مادهٔ آلی غیر شور در فرصت تجزیهٔ مادهٔ آلی بهتر تجزیه شده و اثرات مثبت بیشتری را ایجاد نموده است. عملیات زیرشکن در ابتدای اعمال تیمار در بهبود شرایط فیزیکی خاک بسیار موثر بود ولی با سپری شدن زمان و اعمال آبیاری و بارندگی اثرا ت آن از بین رفته و کم‌رنگتر ظاهر شد، و خاک سنگین بافت با دریافت رطوبت، حالت فشردگی به خود گرفت و این مسئله با عدم حضور مادهٔ آلی شدت بیشتری داشت. وزن هزار دانه نیز مورد آنالیز قرار گرفت و هیچگونه اختلاف آماری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. علاوه بر آن بقایای ذرت بیشترین کربن آلی و آهن خاک و کمترین میزان شوری را سبب شده است. در کرت‌های تیمار شده با پوستهٔ شلتوک میزان کربن آلی از شاهد کمتر است که به دلیل سخت تجزیه بودن آن است. با اعمال زیرشکن مجموع کلسیم و منیزیم در سطح ۵ درصد افزایش یافته (با اعمال زیرشکن مقدار آن ١٦/٢ و با عدم اعمال زیرشکن ٩/٦ میلی‌اکی‌والان در لیتر شده است) و این نشان دهندهٔ آن است که تیمار زیرشکن با انتقال بهتر املاح سدیمی، میزان کلسیم و منیزیم خاک که عامل هماوری خاک است را تقویت نموده است. برای ارزیابی تاثیر تیمارها بر نفوذپذیری خاک معادله‌های کستیاکف و فیلیپ ارزیابی شده که به دلیل انطباق بهتر معادلهٔ کستیاکف نتایج آن در جدول ۵ ارائه گردیده است.

جدول ۵- میانگین ضرایب a، b، R^2، زمان نفوذ پایه (tB) و مقدار نفوذ پایه (IB) طبق معادلهٔ کستیاکف

منابع مادهٔ آلی	a	b	R^2	tB	IB
بقایای ذرت	۰/۹۱۴A**	۰/۶۴۲A*	۰/۹۹A*	۲۱۵B*	۲۲/۴A**
تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان	۰/۶۵۲AB**	۰/۶۱۲AB*	۰/۹۹A*	۲۳۳B*	۱۲/۵AB**
پوستهٔ شلتوک	۰/۸۸۵A**	۰/۶۱۱AB*	۰/۹۹A*	۲۳۴B*	۱۶/۴AB**
شاهد	۰/۴۳۰B**	۰/۴۸۱B*	۰/۹۳B*	۳۱۱A*	۲/۰B**

جدول ٦- مقایسه میانگین شاخص مخروط در عمق‌های مختلف خاک

عمق اندازه‌گیری	میانگین شاخص مخروط (kPa)
> ٤٥	۳۰۵۸A**
۳۰-٤٥	۲٥٤۲B**
۱٥-۳۰	۱۲۲۲C**
۰-۱٥	٥۱۹/٦D**

با توجه به جدول ۵ منابع مختلف مادهٔ آلی با تاثیر مثبت بر نفوذ سبب افزایش نفوذپذیری در سطح یک درصد شده است. بیشترین نفوذ پایه از بقایای ذرت خرد شده حاصل شده و پوستهٔ شلتوک و تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان حالت بینابین داشته و کمترین آن از شاهد به دست آمده است. کاربرد زیرشکن علی‌رغم تاثیر مثبت بر افزایش نفوذپذیری خاک از لحاظ آماری معنی‌دار نگردیده است. با استفاده از دستگاه نفوذسنج فشردگی خاک در کرت‌های مختلف برای هر سانتی‌متر خاک تا عمق ۵۰ سانتی‌متر و در هر کرت با ۱۰ تکرار اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که متوسط شاخص مخروط با اعمال تیمار زیرشکن به میزان ۱٤٤٤/٦ بسیار کمتر از عدم اعمال آن با متوسط ۲۲۲٦ کیلوپاسکال می‌باشد و تحت تاثیر زیرشکن در خلال اولین آبیاری حجم زیادی آب از نیمرخ خاک عبور کرده و باعث شستشوی خاک شده که در تولید محصول بسیار موثر است. در بین منابع مختلف مادهٔ آلی بقایای ذرت و پوستهٔ شلتوک در مقایسه با تفالهٔ ریشهٔ‌شیرین‌بیان و شاهد به میزان بیشتری فشردگی خاک را کاهش داده‌اند. میانگین شاخص مخروط در هر ۱۵ سانتی‌متری خاک محاسبه گردید و مقایسه میانگین آن در جدول ٦ ارائه گردیده است.

با توجه به جدول ۶ فشردگی خاک با افزایش عمق خاک افزایش یافته و این کاهش تراکم خاک در عمق‌های سطحی خاک باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک شده و علاوه بر کاهش املاح خاک در افقهای سطحی محیط مناسبی برای گسترش ریشه و تولید بیشتر محصول شده است. اثر متقابل اعمال و عدم اعمال زیرشکن در عمق‌های مختلف سبب اختلاف در سطح یک درصد شده که کاربرد مادهٔ آلی و زیرشکن تاثیرات بسیار مثبتی بر کاهش تراکم خاک نشان داد. تیمار زیرشکن تاثیر مثبتی بر کاهش فشردگی خاک داشت و حتی در عمق‌های پایین خاک نیز موثر واقع شد. در نهایت پس از آخرین برداشت محصول با نمونه‌برداری از کرت‌های مختلف خاک و اندازه‌گیری درصد اشباع، هدایت الکتریکی، واکنش گل اشباع، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، مس، منگنز، آهن و روی قابل جذب تنها pH خاک تحت تاثیر زیرشکن و مادهٔ آلی قرار گرفته و مابقی فاکتورها اختلاف معنی‌داری ندارند که مقایسه میانگین آنها در جدول ۷ ارائه گردیده است.

جدول ۷- مقایسه میانگین واکنش گل اشباع خاک تحت تاثیر تیمار زیرشکن و مادهٔ آلی

تیمار	میانگین واکنش گل اشباع خاک
عدم اعمال زیرشکن	۸/۳B*
اعمال زیرشکن	۸/٤A*
شاهد	۸/٦۱۷A*
تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان	۸/۳۸۳AB*
پوستهٔ شلتوک	۸/۲۸۳AB*
بقایای ذرت	۸/۱۱۷B*

با توجه به جدول ۷ مشاهده می‌شود منابع مختلف مادهٔ آلی با تجزیه شدن و تولید اسیدهای آلی و با تولید گاز دی‌اکسید کربن و بالاخره اسیدهای معدنی توانسته pH خاک را کاهش داده و در اصلاح خاک بسیار موثر واقع شوند که به طور مشهود در این آزمایش تاثیرات آن دیده می‌شود. کمترین اسیدیتهٔ خاک از بقایای ذرت حاصل شده و بیشترین آن از شاهد یا عدم استفاده از مادهٔ آلی به دست آمده است و تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان و پوستهٔ شلتوک حالت بینابین دارند. نتایج فوق نشان دهندهٔ آن است که منابع مادهٔ آلی با تجزیه و تولید اسیدهای آلی و معدنی و بهبود اصلاح خاک توانسته‌اند اسیدیتهٔ گل اشباع را کاهش دهند.

نتایج اقتصادی: با درنظر گرفتن اثرات مثبت ۵ سالهٔ مادهٔ آلی بر خاک و عملکرد محصول در سرشکن کردن هزینهٔ افزایش ماده آلی در طی ۵ سال معادل یکنواخت هزینه سالانه محاسبه گردید. که در جدول زیر محاسبه ارائه شده است.

هزینهٔ اعمال تیمار زیر شکن در هکتار ۲۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد که بر اساس نتایج طرح، اثر آن در خاک‌های با بافت سنگین (مانند خاک مورد آزمایش در این طرح) یکسال می‌باشد و هزینهٔ تیمارهای اصلاح خاک در شاهد ۲۵۸۵۰۰۰؛ تفاله ریشه شیرین‌بیان، ۲۷۷۳۷۸۳؛ پوسته شلتوک، ۲۷۸۶۰۰۱؛ بقایای ذرت، ۲۷۷۸۱۰۴؛ بدون زیرشکن، ۲۷۳۰۷۲۲ و تیمار اعمال زیرشکن ۲۹۳۰۷۲۲ ریال محاسبه شده است. کمترین هزینه مربوط به تیمار شاهد و بیشترین هزینه مربوط به تیمار اعمال زیرشکن همراه با ماده آلی می‌باشد بعد از آن به ترتیب تیمارهای پوسته شلتوک، بقایای ذرت و تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان قرار دارند. در محاسبه منافع تیمارهای مختلف، درآمد حاصل از اعمال تیمار تفالهٔ ریشه شیرین‌بیان، ۸۹۸۵۶۰؛ پوستهٔ شلتوک، ۸۴۴۵۶۰۰؛ بقایای ذرت، ۹۴۵۰۰۰۰؛ شاهد (بدون ماده آلی)، ۷۸۳۰۰۰۰؛ اعمال زیرشکن، ۸۷۵۲۵۰۰ و شاهد (بدون زیرشکن)، ۸۶۰۲۵۶۰ ریال محاسبه گردید. با توجه به نتایج فوق بیشترین درآمد مربوط به تیمار بقایای ذرت و بعد از آن به ترتیب تفالهٔ ریشه شیرین‌بیان، پوسته شلتوک، اعمال زیرشکن، شاهد بدون زیرشکن و شاهد بدون ماده آلی می‌باشد. نسبت منفعت به هزینه نیز در زیر ارائه گردیده است.

جدول ۸- هزینه یکنواخت سالانه اعمال تیمارهای مواد آلی به خاک در هکتار بر حسب ریال

نوع مواد آلی	هزینه اعمال تیمار در هکتار	۵ و ۱۵٪، A/p	هزینه یکنواخت سالانه در هکتار
تفاله ریشه شیرین‌بیان	۶۳۳۵۰۰	۰/۲۹۸	۱۸۸۷۸۳
پوسته شلتوک	۶۷۴۵۰۰	۰/۲۹۸	۲۰۱۰۰۱
بقایای ذرت	۶۴۸۰۰۰	۰/۲۹۸	۱۹۳۱۰۴

جدول ۹- نسبت منفعت به هزینه اعمال تیمارهای مختلف

تیمار	تفاله ریشه شیرین‌بیان	پوسته شلتوک	بقایای ذرت	شاهد بدون ماده آلی	اعمال زیرشکن	شاهد (بدون زیرشکن)
B/C	۱/۸۸	۱/۷	۱/۹۹	۱/۷۱	۱/۸۳	۱/۸۸

نتایج جدول ۹ نشان می‌دهد که نسبت منفعت به هزینه کلیه تیمارهای مورد بررسی بزرگتر از عدد یک بدست آمده است. بنابراین با توجه به مقادیر محاسباتی، نسبت منفعت به هزینه کلیه تیمارها دارای توجیه اقتصادی می‌باشند. جهت انتخاب بهترین تیمار از نظر اقتصادی بصورت زیر عمل می گردد .

- مقایسه تیمار اعمال تفاله ریشهٔ شیرین‌بیان نسبت به شاهد.

$$r_{ij}=\frac{B_i-C_j}{C_i-C_j}\Rightarrow r_{ij}=\frac{8985600-7830000}{2773783-2585000}=\frac{1155600}{188783}=6.12$$

- مقایسه تیمار اعمال پوسته شلتوک نسبت به شاهد

$$r_{ij}=\frac{B_i-C_j}{C_i-C_j}\Rightarrow r_{ij}=\frac{8445600-7830000}{2786001-2585000}=\frac{615600}{201001}=3.06$$

- در رابطه با تیمار اعمال بقایای ذرت نسبت به شاهد

$$r_{ij}=\frac{B_i-C_j}{C_i-C_j}\Rightarrow r_{ij}=\frac{9450000-7830000}{2778104-2585000}=\frac{1620000}{193104}=8.39$$

با توجه به محاسبات فوق از آنجا که نسبت تفاوت منافع سالانه به تفاوت هزینه سالانه (r_{ij}) در هر سه تیمار اعمال تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان، پوستهٔ شلتوک و بقایای ذرت بزرگتر از یک می‌باشد و هزینهٔ این تیمارها نیز از شاهد بیشتر است. بنابراین هر سه این تیمارها از تیمار شاهد از نظر اقتصادی برتر می‌باشند. برای تعیین بهترین تیمار ابتدا تیمارهای افزودن ماده آلی به خاک بر اساس هزینهٔ آنها از کوچک به بزرگ مرتب گردید که به صورت (تفالهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان ، پوستهٔ شلتوک و بقایای ذرت) مرتب شدند. سپس با روش فوق به صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه گردید، که ترتیب اولویت تیمارهای افزودن ماده آلی به خاک از نظر اقتصادی به ترتیب بقایای ذرت، تفالهٔ ریشه شیرین‌بیان و پوسته شلتوک می‌باشد.

- مقایسه تیمار اعمال زیرشکن نسبت به شاهد آن:

$$r_{ij}=\frac{B_i-C_j}{C_i-C_j}\Rightarrow r_{ij}=\frac{8752500-8602560}{2930722-2730722}=\frac{149940}{200000}=0.75$$

از آنجا که ضریبr_{ij} کوچکتر از یک می‌باشد، بنابراین تیمار با هزینه کمتر یعنی عدم اعمال زیرشکن اقتصادی‌تر نسبت به اعمال زیرشکن می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان با مدیریت مناسب و استفاده از منابع مناسب و قابل دسترس مادهٔ آلی مخصوصاً بقایای ذرت اقدام به

اصلاح اراضی شور و سدیمی نمود مشروط به این که آب کافی در اختیار باشد و با آماده‌سازی زمین و ایجاد کرت‌ها با مرزبندی مناسب و شستشوی خاک و کشت محصول مقاوم این مهم مقدور می‌باشد. انشاا... با سخت‌کوشی کشاورزان محترم و رهنمودهای مروجین گرامی اراضی مسئله‌دار منطقه اصلاح گردیده و در گردونهٔ تولید قرار گیرد و با اصلاح اراضی با کیفیت پایین تولید در واحد سطح افزایش یابد تا بتوانیم در راستای کشاورزی پایدار قدم برداشته و اراضی در اختیار را سالم به نسل آینده تحویل نمائیم.

منابع

۱- اوستر، ج. د.، م. ج. سینگر، ۱. فولتن و ت. بریچارد. ۱۳۷٤. دشواریهای نفوذ آب در خاک، پیشگیری، شناسایی و راه حل. ترجمه دکتر غلامحسین حق نیا. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. شماره ۱۸۳.

۲- صلح‌جو، ع. ا. و ج. نیازی. ۱۳۸۰. تاثیر عملیات زیرشکن بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم آبی. مجلهٔ تحقیقات مهندسی کشاورزی. شماره ۷: ۷۸-٦٥.

۳- کلباسی، م. ۱۳۷۵. وضعیت مواد آلی در خاکهای ایران و نقش کود کمپوست. خلاصه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران. ۱۰ تا ۱۲ شهریور ماه. آموزشکده کشاورزی کرج . صفحه ۷.

٤- گودرزی، م.، و آ. چرخابی. ۱۳۷۸. تحلیلی بر مدیریت پایدار منابع خاک آب در حوزه سد کرخه. چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران. ٦ تا ۹ شهریور ماه. دانشگاه فردوسی مشهد. دانشکده کشاورزی. صفحه ۲۳۵.

۵- ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۵. افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران در جهت نیل به کشاورزی پایدار. خلاصه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران. ۱۰ تا ۱۳ شهریور ماه، آموزشکده کشاورزی کرج.صفحه۳.

6- Al-Adawi, S. S. and R. C. Reeder, 1996. Compaction and subsoiling effects on corn soybean yields and physical properties. Trans. Of the ASAE. 39(5): 1641-1649.

7- Baohia, Gu. and E. D. Harvey. 1993. Dispersions and aggregation of soils as influenced by organic and inorganic polymers. Soil Sci. Soc. Am J. 57: 709-716.

8- Dinel, H., G. R. Mehuys, and M. Levesque. 1991. Influence of humic and fibric matterials on the aggregation and aggregate stability of lacustrine silty clay. Soil Sci. 151: 146-158.

9- Goldberg, S., B. S. Kapoor, and J. D. Rhoades. 1990. Effect of aluminum and iron oxides and organic matter on flocculation and dispersion of arid zone soils. Soil Sci. 150: 588-593.

10-Kreeb, K. H., R. D. B. Whalley, J. L. Charley. 1995. Some investigations in to soil and vegetation relationship associated with alkaline–saline soil surface in the walcha area Northern Tablelands New South Wales. Aus. J. Agr. Res. 46(1): 209-224.

11- Majidi Iraj, H. and M. H. Raufat. 1997. Power requirement of a bentleg plow and its effects on soil physical conditions. Iran Agric. Res. 16: 1-16.

12- Martens, D, A., and W. T. Frankenberger, Jr. 1992. Effects of organic amendments on water infiltration and soil properties of an irrigated. Soil Agron. J. 48: 707-717.

13- Miller, R. and J. S. Arstad. 1970. Furrow infiltration rate affected by incorporation of straw or furrow cultivation. Soil Sci AmProc . 35: 492-495.

14- Pal, D. K. and R. C. Mondal. 1980. Crop response to potassium in sodic soils in relation to potassium release behaviour in salt solutions. J. Indian Soc. Soil Sci. 28(3): 347-354.

15- Poul, W. U. 1993. Residual effects of soil profile modification on water infiltration, bulk density, and wheat yield. Agron. J. 85: 656-659.

16- Robbins, C. W. 1986. Sodic calcareous reclamation as affected by different amendments and crops. Agron. J. 78: 916-920.
17- Sandoval, F. M., and L. C. Benz. 1973. Soil salinity reduced by summer fallow and crop residues. Soil Sci. 116(2): 100-105.
18- Swarup, A. 1980. Effect of submergence and farmyard manure application on the yield and nutrition of rice and sodic soil reclamation of the Indian Soc. of soil Sci. 28(4): 532-534.
19- Swarup, A. 1987. Effect of presubmergence and green manuring (Sesbania aculeata) on nutrition and yield . J. Wetland rice (Oryza Sativa L.) on a sodic soil. Biology and Fertility of soils. 5(3): 203-208.
20-Waller, P. M., and W. W. Wallender. 1993. Changes in cracking, water content, and bulk density of salinized swelling clay field soils. Soil sci. 156: 414-423.

Effects of different sources of organic matter and subsoiling on reclamation of saline sodic soil and their economic evaluation on crop yield

Abstract

In this study, the effect of organic matter and subsoiling on the soil physico-chemical properties was evaluated. A strip design with the basic experimental design of RCBD with three replications was used in this study. Main factor was subsoiling with two levels including: 1) no subsoiling and 2) subsoiling at the depths of 45 to 50 cm. Subfactor was organic material with four levels including: a) without organic matter; b) applying 40 tons/ha dry matter of glycyriza root trash; c) applying 40 tons/ha dry matter of paddy hull; and d) applying 40 tons/ha dry matter of corn residues. This research was performed in Avenjan area of Fars province and was repeated for three years. Results showed that applying organic matters significantly increased the wheat yield ($p<0.01$). Maximum wheat yield was resulted from applying corn residues, while the minimum yield was resulted from applying no organic material. Subsoiling application had no significant effect on the wheat yield. The effect of the interaction between subsoiling and applying organic material on wheat yield was not significant. The effect of applying organic matter on the soil infiltration was significant ($p<0.01$) so that the maximum infiltration rate resulted from applying corn residues and applying glycyriza root trash, rice hull, and no organic matter (Controlling treatment) took the next places from the view point of soil infiltration rate. Organic matter application had significant effect on the soil OC, Fe, and EC. Applying corn residues had the maximum effect on the soil OC, Fe, and EC in such a way that applying corn residues increased the soil OC and Fe and decreased the soil EC. Economic evaluation showed that applying corn residues was the most economic treatment and applying glycyriza root trash and rice hull had the second and third places, respectively.

Key words: soil reclamation- subsoiling – organic matter- economic evaluation.