Archive of SID

مهندسی بیوسیستم ایران، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۱۹۹-۱۹۳)

تأثیر زیرشکنی خاک بر عملکرد گندم آبی در فاصله‌های گوناگون از زهکش روباز

علی‌اکبر صلح‌جو

استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

(تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۸/۲۷- تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱/۲۹)

چکیده

در این تحقیق تأثیر زیرشکنی خاک و فواصل گوناگون از محور زهکشی روباز در قالب طرح آماری کرت‌های نواری و در سه تکرار بر جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروط خاک، سرعت نفوذ آب به خاک، شوری عصارهٔاشباع خاک و عملکرد گندم بررسی شد. تیمار اصلی فاصله از محور زهکشی شامل سه فاصلهٔ ۵۰-۰، ۱۰۰-۵۰، و ۱۵۰-۱۰۰ متری و تیمار فرعی عملیات خاک‌ورزی شامل سه روش فقط استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و بدون زیرشکنی خاک، زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر، و زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر+گاوآهن برگردان‌دار انتخاب شدند. نتایج نشان داد که زیرشکنی خاک باعث کاهش پارامترهایی مانند شاخص مخروط خاک به میزان ۲۵درصد، جرم مخصوص ظاهری خاک به میزان ۴درصد، شوری عصارهٔاشباع خاک به میزان ۲۵درصد، و افزایش پارامترهایی مانند سرعت نفوذ آب به خاک به میزان ۱۳۳درصد، و عملکرد گندم به میزان ۱۸درصد شد.

کلیدواژگان: زیرشکن، زهکش روباز، گندم، فاصله از زهکش.

مقدمه

تمامی عملیات زراعی در فشردگی سطحی و عمقی خاک مؤثرند. در اثر عبور چرخ‌های تراکتور در ضمن اجرای عملیات زراعی، جرم مخصوص ظاهری، و مقاومت خاک افزایش و درنتیجه حرکت آب و جریان هوا در اطراف ریشه و تولید محصول کاهش می‌یابد (Raghavan *et al*., 1978). در اثر تردد ماشین‌های کشاورزی در مزارع، خاک فشرده می‌شود ولی در اثر شخم سالیانه با گاوآهن برگردان‌دار، فشردگی لایه‌های سطحی خاک کاهش می‌یابد در صورتی‌که فشردگی خاک در زیر عمق شخم مرسوم سال به سال افزایش می‌یابد که برای رفع آن نیاز به زیرشکنی خاک است (Solhjou and Niazi, 2001; Afzalinia *et al*., 2011). تراکم خاک مشکلی جهانی است و بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مؤثر است و ممکن است باعث تأثیر بر عملکرد محصول و خصوصیات تولیدی خاک شود (Hadas, 1994). در خاک‌های متراکم، زیرشکنی خاک باعث افزایش طول ریشه و عملکرد محصول می‌شود (Solhjou *et al*., 2009; Unger and Kaspar, 1994; Soane and Van Quwerkerk, 1994; Hamza, 1994). خاک‌ورزی عمیق به عمق ۴۰-۳۰ سانتیمتر باعث افزایش نفوذپذیری آب در خاک و عملکرد محصول، بهبود تهویهٔ خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شده است (Winter, 1983). اثر زیرشکنی خاک می‌تواند حداقل ۳ سال باقی بماند و باعث افزایش عملکرد محصول شود (Solhjou *et al*., 2009).

محققان در آرژانتین در مطالعهٔ خود در زمینهٔ تأثیر عملیات زیرشکنی بر خواص فیزیکو-شیمیایی خاک شور به این نتیجه رسیدند که حجم خاک و سرعت نفوذ آب به خاک افزایش ولی جرم مخصوص ظاهری، PH، و EC خاک کاهش می‌یابد (Altamore *et al*., 1983). بررسی‌های انجام‌شده در زمینهٔ زهکشی برای مهار شوری نشان می‌دهد که عملیات زیرشکن در اراضی زهکشی‌شدهٔ رسی سبب تجدید ساختمان و افزایش تخلخل قابل زهکشی خاک می‌شود که به کمک آنها راندمان آبشویی افزایش می‌یابد (Armstrong, 1991; Armstrang *et al*., 1990). در کانادا، تأثیر عملیات زیرشکن بر وضعیت ساختمان خاک و عملکرد محصول در دو خاک چرنوزوم و سولنتزی در مدت ۵ سال نشان داد که عملیات زیرشکن در خاک سولونتزی سبب خردشدن افق B، افزایش ضریب آبگذری، آبشویی املاح، و عملکرد محصول شد، در حالی‌که عملکرد محصول در خاک چرنوزوم طی این چند سال تغییر معنی‌داری نداشت (Grevers and Jong, 1993). به‌منظور تعیین تأثیر مدیریت خاک زیرین بر خواص فیزیکی خاک و رویش گیاه در خاک رسی، محققان نتیجه گرفتند که کاربرد زیرشکن به‌تنهایی، آب‌گذری خاک را افزایش و مقاومت به نفوذ را کاهش می‌دهد و زمانی‌که اثر زیرشکن همراه با شخم معمولی بر عملکرد و رویش سویا مطالعه شد، پارامترهای رشد همچون

* نویسندهٔ مسئول: solhjou@ farsagres.ir

www.SID.ir

Archive of SID

طول ریشه، وزن خشک گیاه و عملکرد دانه به نسبت شاهد (شخم معمولی) افزایش یافت (Kogo *et al*., 1992). تحقیقات در زمینهٔ تأثیر زیرشکنی خاک، شخم معمولی، و زهکشی برعملکرد برخی از گیاهان مانند گندم، ذرت، جو و کلزا در خاک هیدرومرف با زهکشی و بدون زهکشی، نشان داد که زهکشی تنها، عملکرد این گیاهان را ۶ تا ۸درصد ولی زهکشی توأم با زیرشکنی خاک ۱۸ تا ۱۹درصد در مقایسه با شاهد (فاقد زهکشی و عدم کاربرد زیرشکن) افزایش داد (Molnar *et al*., 1988).

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر زیرشکنی خاک به‌تنهایی یا زیرشکنی خاک+شخم با گاوآهن برگردان‌دار با روش خاک‌ورزی مرسوم منطقه در بهبود وضعیت فیزیکوشیمیایی خاک و عملکرد گندم و نیز مقایسهٔ تأثیر آنها در فواصل کم و زیاد از محور زهکش‌های روباز بر عملکرد گندم بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در منطقهٔ کربال استان فارس اجرا شد. منطقهٔ کربال با وسعت ۵۱ هزار هکتار در طول°۵۳ و ′۲۸ شرقی و عرض°۲۹ و ′۲۴ شمالی واقع شده است. این منطقه تا ارتفاع متوسط ۱۵۹۰ متر از سطح دریا و در شرق شهرستان مرودشت واقع شده است. بافت خاک مزرعهٔ‌آزمایش‌شده، سیلتی کلی‌لوم و شوری آب استفاده‌شده ۶ دسی‌زیمنس بر متر بود که مشخصات آن در جدول ۱ داده شده است.

این تحقیق در قالب طرح آماری کرت‌های نواری (اسپلیت بلوک) انجام گرفت. تیمار اصلی فاصله از محور زهکش روباز و تیمار فرعی عملیات خاک‌ورزی، در سه تکرار بود. تیمارهای فاصله از محور زهکش روباز شامل سه فاصلهٔ ۵۰-۰، ۱۰۰-۵۰، و ۱۵۰-۱۰۰ متری از زهکش روباز که به ترتیب با d_{50}، d_{100}، و d_{150} و تیمار فرعی عملیات خاک‌ورزی شامل سه روش فقط استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و بدون زیرشکنی خاک (شاهد)، زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر، و زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر+گاوآهن برگردان‌دار که به ترتیب با P، S، و SP نشان داده شدند. ابعاد هر پلات روی زمین ۲۰ متر عرض و ۵۰ متر طول داشتند و فاصلهٔ عرضی بین پلات‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد.

جدول ۱. مشخصات خاک مزرعهٔ آزمایش‌شده در کربال استان فارس

عمق نمونه‌گیری (cm)	اسیدیتهٔ خاک (pH)	شوری عصارهٔ اشباع خاک (ds/m)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک
۰-۳۰	۷/۵۲	۷/۸۸	۴۰	۴۶	۱۴	سیلتی کلی‌لوم
۳۰-۶۰	۷/۶۹	۶/۷۲	۴۵	۴۴	۱۱	سیلتی کلی
۶۰-۹۰	۷/۵۸	۵/۸۵	۴۷	۴۳	۱۰	سیلتی کلی

عملیات زیرشکنی خاک در شهریورماه و در رطوبت ۱۰/۶درصد (میانگین درصد رطوبت خاک در عمق‌های ۵۰-۰ سانتیمتر) برای تیمارهای موردنظر انجام شد. به‌علت وجود تراکم خاک تا عمق ۵۰-۴۰ سانتیمتر، عمق زیرشکنی خاک نیز ۴۵-۴۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. عمق مؤثر زیرشکنی خاک ۴۴-۴۱ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار و به عمق ۲۷-۲۳ سانتیمتر برای تیمارهای موردنظر و بعد از عملیات زیرشکنی خاک انجام گرفت (مشخصات فنی ماشین‌های استفاده‌شده در جدول ۲ آورده شده است). میزان کود مصرفی N، P، وK به ترتیب برابر با ۱۲۰/۱ ، ۳۱/۳، و ۶۴/۷ کیلوگرم در هکتار بود که کودهای فسفر (فسفات آمونیم) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) در زمان کاشت و نیمی از کود نیتروژن (اوره) به‌صورت سرک استفاده شد (شایان ذکر است که به میزان ۲/۸ کیلوگرم در هکتار نیز از ازتوباکتری[2] استفاده شد). به‌منظورکاشت گندم از رقم کویر و به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و با دستگاه کمبینات در آبان ماه استفاده شد. پارامترهای اندازه‌گیری‌شده شامل شاخص مخروط، جرم مخصوص ظاهری و درصد رطوبت خاک، سرعت نفوذ آب به خاک، شوری عصارهٔ اشباع خاک (EC)، و عملکرد گندم بود. برای محاسبات آماری از نرم‌افزار MSTATC و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

شاخص مخروط خاک پلات‌های آزمایشی با دستگاه نفوذسنج مخروطی اندازه‌گیری شد. برای اجرای آزمایش با دستگاه نفوذسنج از مخروطی با زاویهٔ۳۰ درجه و قطر ۱۲/۸۳ میلیمتر استفاده شد که برابر استاندارد انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا ساخته شده است (ASAE, 1995). چون

1. Azotobacter

www.SID.ir

Archive of SID

سرانجام شاخص مخروط اندازه‌گیری‌شده به‌عنوان شاخص مقاومت مکانیکی خاک مزرعه انتخاب می‌شد، بنابراین در ۱۰ نقطه از هر کرت بعد از اولین آبیاری و در هر نقطه از عمق صفر تا ۵۰ سانتیمتر و در محدودهٔ رطوبتی ۲۲-۲۰درصد (میانگین رطوبت خاک از عمق ۵۰-۰ سانتیمتر) شاخص مخروط خاک اندازه‌گیری شد (Solhjou and Logavi, 2000; Solhjou and Niazi, 2001; Perumpral, 1987).

جدول ۲. مشخصات فنی ماشین‌های استفاده‌شده در تحقیق

ردیف	نوع ماشین	عرض کار (m)	مشخصات
۱	زیرشکن	۲/۱۶	زیرشکن ساخت قطعات آهنگری خراسان با سه ساق خمیده، سوارشونده، عامل خاک‌ورز با تیغهٔ باله‌دار، دارای ۲ عدد چرخ تنظیم عمق و شاسی Vشکل، برای اجرای عملیات زیرشکنی خاک از تراکتور والترا استفاده شد.
۲	گاوآهن برگردان‌دار	۱/۵۰	۵ خیشه، دوطرفه، ساخت کارخانهٔ Kverneland، و برای شخم از تراکتور والترا استفاده شد.
۳	کمبینات	۳/۰	کمبینات ساخت شرکت آمازون با کارندهٔنیوماتیک و خاک‌ورز سیکلوتیلر-دارای ۲۴ عدد شیاربازکن دیسکی-سرعت پیشروی ۵ کیلومتر در ساعت عمق کار سیکلوتیلر ۱۰ سانتی‌متر و برای کاشت از تراکتور والترا استفاده شد.

برای تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک از استوانه‌های نمونه‌گیری استفاده شد. نمونهٔگرفته‌شده با حرارت ۱۰۵ درجهٔ سانتیگراد و به‌مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس توزین شد. از تقسیم وزن خشک خاک به حجم نمونهٔ برداشت‌شده، جرم مخصوص ظاهری خاک به‌دست آمد. در هر کرت بعد از اولین آبیاری در دو نقطه از عمق صفر تا ۵۰ سانتیمتر و در فواصل ۱۰ سانتیمتری نمونه‌های لازم برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک گرفته شد (Solhjou *et al*., 2009; Afzalinia *et al*., 2011). همزمان با اندازه‌گیری شاخص مخروط خاک، درصد رطوبت خاک (درصد وزنی) از عمق صفر تا ۵۰ سانتیمتر نیز اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب به خاک از استوانه‌های مضاعف نفوذ استفاده شد (Baver, 1968). این دستگاه از دورینگ متحدالمرکز تشکیل شده و در سطح داخلی استوانهٔ درونی، خط‌کشی برای اندازه‌گیری عمق نفوذ آب در خاک نصب شده است. استوانهٔ بیرونی به‌منظور ایجاد حالت بافر حول استوانهٔ مرکزی نصب شد. پس از اتمام عملیات نصب رینگ‌ها مقداری آب به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر درون استوانهٔ مرکزی ریخته و بلافاصله مقادیر افت سطح آب (نفوذ آب) در زمان‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، و ۱۸۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. مقادیر نفوذ آب (سانتیمتر) در زمان‌های مذکور براساس معادلهٔ کویستاکف ($D=aT^n$) که در آن D= عمق نفوذ تجمعی (cm)، T= زمان نفوذ (دقیقه)، a= مقدار نفود در دقیقهٔ اول و n= تانژانت منحنی نفوذ کل است) محاسبه و بر همین اساس سرعت نفوذ پایه خاک تعیین شد. این اندازه‌گیری‌ها بعد از کاشت و در تمام کرت‌ها و در سه تکرار انجام گرفت.

منظور از شوری عصارهٔ اشباع خاک، تعیین قابلیت هدایت الکتریکی عصارهٔ خمیر اشباع نمونه‌های خاک است که به کمک هدایت‌سنج الکتریکی انجام می‌شود. برای تهیهٔ عصارهٔ خمیر اشباع، در آزمایشگاه مقدار معینی از نمونهٔ خاک درون ظرف مخصوصی ریخته و به آن آب مقطر اضافه می‌شود تا به حالت اشباع درآید. سپس خمیر اشباع درون قیف بوخنر قرار داده می‌شود و با مکش، عصارهٔ خمیر به‌دست می‌آید. سپس عصارهٔ به‌دست‌آمده با نسبت معینی آب مقطر رقیق و توسط هدایت‌سنج، میزان شوری آن اندازه‌گیری می‌شود (Tanji, 1990; Van Qenuchten and Hoffmam, 1984). میزان شوری خاک قبل از اعمال تیمارها برابر ۷/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر و پس از کشت، هر ماه یکبار نمونه‌های خاک به آزمایشگاه ارسال و مقادیر EC وPH آنها اندازه‌گیری می‌شود. پس از جمع‌بندی نتایج تجزیهٔ خاک اعماق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰، و ۹۰-۶۰ سانتیمتر، با میانگین‌گیری از ارقام مقادیر ECعصارهٔ اشباع و PH خاک در طول فصل رشد گندم انجام و در جدول ۳ ارائه شده است.

به‌منظور تعیین عملکرد گندم در هر کرت، قطعه‌ای به طول۱۰ متر و عرض ۲ متر برداشت شد و پس از وزن‌کردن به‌عنوان عملکرد هر کرت در نظر گرفته شد.

جدول ۳. نتیجهٔ تجزیهٔ شیمیایی نمونه‌های خاک از عمق ۹۰-۰ سانتیمتر، قبل از کشت و درحین فصل رویش گندم

زمان نمونه‌برداری خاک	محل نمونه‌برداری		EC (ds/m)	PH
قبل ازکشت	کل زمین		۷/۸۸	۷/۵۲
حین فصل رویش گندم	m	۰-۵۰	۴/۵۹	۷/۴۱
	m	۵۰-۱۰۰	۵/۵۷	۷/۶۲
	m	۱۰۰-۱۵۰	۶/۴۰	۷/۸۱

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

شاخص مخروط خاک

نتایج نشان داد که با افزایش عمق، میزان شاخص مخروط خاک افزایش می‌یابد (جدول ۴). میانگین ارقام شاخص مخروط خاک در عمق‌های صفر تا ۵۰ سانتیمتر، نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث کاهش شاخص مخروط خاک در مقایسه با شاهد (P) و به‌ویژه در عمق ۵۰-۱۰ سانتیمتر شده است. به‌طور میانگین زیرشکنی خاک به‌همراه گاوآهن برگردان‌دار (SP)، باعث کاهش ۲۵/۷درصدی شاخص مخروط خاک به نسبت تیمار شاهد (P) در عمق‌های صفر تا ۵۰ سانتیمتر شده است. بیشترین میزان کاهش شاخص مخروط خاک در عمق‌های گوناگون مربوط به تیمار SP است که با تیمار S در یک گروه آماری قرار گرفته و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (P) است. علت آن را می‌توان به انجام عملیات خاک‌ورزی در عمق پایین‌تر از عمق شخم مرسوم و خردشدن بیشتر خاک ارتباط داد. دیگر محققان نیز نشان داده‌اند که با زیرشکنی خاک، شاخص مخروط خاک کاهش یافته است (Solhjou *et al*., 2009 and Al-Adawi and Reeder, 1996).

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین‌های شاخص مخروط خاک (مگاپاسکال) در عمق‌های صفر تا ۵۰ سانتیمتر در تیمارهای گوناگون خاک‌ورزی

عمق خاک	تیمارهای خاک‌ورزی		
(cm)	P	S	SP
۰-۱۰	۰/۳۱ a	۰/۳۱ a	۰/۲۹ a
۱۰-۲۰	۰/۴۸ ab	۰/۶۰ a	۰/۴۵ b
۲۰-۳۰	۱/۸۴ a	۱/۲۷ b	۱/۰۶ b
۳۰-۴۰	۲/۵۶ a	۱/۹۲ b	۱/۹۰ b
۴۰-۵۰	۲/۷۹ a	۲/۲۸ b	۲/۲۳ b

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک هستند، اختلاف معنی‌دار دارند (دانکن ۵درصد).

P=بدون زیرشکنی خاک+گاوآهن برگردان‌دار

S= زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر

SP= زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر+گاوآهن برگردان‌دار

جرم مخصوص ظاهری خاک

جدول ۵ نشان می‌دهد که با افزایش عمق، میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک نیز افزایش یافته است. میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های صفر تا ۵۰ سانتیمتر، نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در مقایسه با شاهد (P) و به‌ویژه در عمق ۵۰-۱۰ سانتیمتر شده است. به‌طور میانگین زیرشکنی خاک (S, SP)، به ترتیب باعث کاهش ۴/۲ و ۳/۶ درصدی جرم مخصوص ظاهری خاک به نسبت تیمار شاهد (P) در عمق‌های صفر تا ۵۰ سانتیمتر شده است. بیشترین میزان کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های گوناگون مربوط به تیمارهای S و SP است که در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (P) است. علت آن را می‌توان به انجام عملیات خاک‌ورزی در عمق پایین‌تر از عمق شخم مرسوم و خردشدن بیشتر خاک ارتباط داد. دیگر محققان نیز نشان داده‌اند که با زیرشکنی خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش یافته است (Solhjou *et al*., 2009 and Al-Adawi and Reeder, 1996; Almassi *et al*., 2002).

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین‌های جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)در عمق‌های صفر تا ۵۰ سانتیمتر در تیمارهای گوناگون خاک‌ورزی

عمق خاک	تیمارهای خاک‌ورزی		
(cm)	P	S	SP
۰-۱۰	۱/۴۰ a	۱/۳۸ a	۱/۳۹ a
۱۰-۲۰	۱/۵۱ a	۱/۴۴ b	۱/۴۵ b
۲۰-۳۰	۱/۵۸ a	۱/۵۰ b	۱/۵۱ b
۳۰-۴۰	۱/۶۴ a	۱/۵۷ b	۱/۵۸ b
۴۰-۵۰	۱/۷۲ a	۱/۶۳ b	۱/۶۴ b

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک هستند، اختلاف معنی‌دار دارند (دانکن ۵درصد).

P= بدون زیرشکنی خاک+گاوآهن برگردان‌دار

S= زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر

SP= زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر+گاوآهن برگردان‌دار

سرعت نفوذ آب به خاک

بیشترین سرعت نفوذ مربوط به تیمار فاصلهٔ d_{100} با میانگین ۰/۳۸ سانتیمتر در ساعت است (جدول ۶). از نظر تأثیر عملیات خاک‌ورزی بر سرعت نفوذ پایه، بیشترین تأثیر مربوط به تیمار زیرشکنی (S) با میانگین ۰/۴۷ و کمترین تأثیر مربوط به تیمار شاهد (P) با میانگین ۰/۲۳ سانتیمتر در ساعت است (جدول ۷). نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که عملیات زیرشکنی خاک در مقایسه با شخم تنها (شاهد) موجب افزایش سرعت نفوذ آب به خاک گردیده است و این نتیجه با نتایج تحقیقات دیگران (Altamore *et al*., 1983; Armstrang, 1991) هم‌خوانی دارد. بدین معنی که زیرشکنی تنها (S) یا زیرشکنی توأم با شخم (با گاوآهن برگردان‌دار)، سرعت نفوذ آب به خاک را به ترتیب به میزان ۲/۰۷ و ۱/۳۳ برابر تیمار شاهد افزایش داده است و این اثر در افزایش عملکرد گندم نیز مشاهده می‌شود به‌طوری‌که عملکرد گندم در اثر تیمارهای (S) یا (SP) در مقایسه با شاهد به ترتیب موجب افزایش ۶۳۴ و ۹۶۴ کیلوگرم در هکتار شده است. چنین نتیجه‌ای با نتایج کار دیگر محققان نیز مطابقت دارد (Solhjou and Niazi, 2001; Afzalinia *et al*., 2011; Molnar *et al*., 1988).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. مقایسهٔ میانگین‌های سرعت نفوذ آب به خاک و شوری خاک در فاصله‌های گوناگون از محور زهکش روباز

تیمارهای فاصله از زهکش	سرعت نفوذ آب به خاک(cm/h)	شوری عصارهٔ اشباع خاک (ds/m)
d_{50}	۰/۳۱ b	۴/۷۶ c
d_{100}	۰/۳۸ a	۵/۵۱ b
d_{150}	۰/۳۱ b	۶/۶۰ a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک هستند، اختلاف معنی‌دار دارند (دانکن ۵درصد).

d_{50}=فاصلهٔ ۵۰-۰ متری از محور زهکش روباز

d_{100}=فاصلهٔ ۱۰۰-۵۰ متری از محور زهکش روباز

d_{150}=فاصلهٔ ۱۵۰-۱۰۰ متری از محور زهکش روباز

جدول ۷. مقایسهٔ میانگین‌های سرعت نفوذ آب به خاک و شوری خاک در تیمارهای گوناگون خاک‌ورزی

تیمارهای خاک‌ورزی	سرعت نفوذ آب به خاک (cm/h)	شوری عصارهٔاشباع خاک (ds/m)
P	۰/۲۲۸ c	۶/۱۵ a
S	۰/۴۷۲ a	۵/۵۸ b
SP	۰/۳۰۳ b	۴/۶۰ c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک هستند، اختلاف معنی‌دار دارند (دانکن ۵درصد).

P= بدون زیرشکنی خاک+گاوآهن برگردان‌دار

S= زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر

SP= زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر+گاوآهن برگردان‌دار

شوری عصارهٔ اشباع خاک

جدول ۶ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار شوری عصارهٔ اشباع خاک در فاصلهٔ ۱۵۰-۱۰۰ متری از زهکش با میانگین ۶/۰۶ و کمترین آن با میانگین ۴/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر در فاصلهٔ ۵۰-۰ متری از زهکش به‌دست آمده است که حاکی از تخلیهٔ آب و املاح در زهکش است. از طرف دیگر، عامل خاک‌ورزی شخم مرسوم (P) بیشترین تجمع نمک را در نیمرخ ایجاد کرده است (میانگین شوری برابر با ۶/۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، در حالی‌که عامل زیرشکنی همراه با شخم (SP) موجب کمترین میزان تجمع نمک (با میانگین شوری برابر با ۴/۶۰ دسی‌زیمنس بر متر) را شده است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از محور زهکش روباز، بر میزان شوری عصارهٔ اشباع خاک افزوده می‌شود. با دورشدن از محور زهکش روباز، میزان شوری عصارهٔ اشباع خاک افزایش می‌یابد ولی عملکرد گندم کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که میانگین عملکرد از ۴۹۸۹ کیلوگرم در هکتار در فاصلهٔ d_{50} به ۴۲۱۵ کیلوگرم در هکتاردر فاصلهٔ d_{150} تنزل یافته است و این موضوع لزوم بررسی و تجدید نظر در فواصل اجراشدهٔ زهکشی در منطقهٔ مشخص‌شده را آشکار می‌سازد.

مقایسهٔ تأثیر روش‌های خاک‌ورزی، زیرشکنیتنها (S) یا زیرشکنی توأم با شخم مرسوم (SP) در مقایسه با شخم مرسوم (P) تأثیرات متفاوتی بر تجمع شوری در فواصل گوناگون از زهکش بر عملکرد داشته‌اند. یعنی شخم مرسوم کمترین تأثیر را در کاهش شوری عصارهٔ اشباع خاک داشته است ولی تیمارهای S و SP بیشترین تأثیر را در کاهش شوری و درنتیجه افزایش عملکرد داشته‌اند. به‌عنوان مثال در این آزمایش، تیمار SP موجب کاهش ۲۵درصدی در مقدار شوری عصارهٔ اشباع خاک در مقایسه با شاهد (P) گردیده است. این موضوع اهمیت کاربرد زیرشکن همراه با گاوآهن برگردان‌دار را در خاک‌ورزی خاک‌های مناطق شور نشان می‌دهد. درواقع زیرشکنی همراه با گاوآهن برگردان‌دار در شوری‌زدایی خاک و افزایش عملکرد مؤثر است.

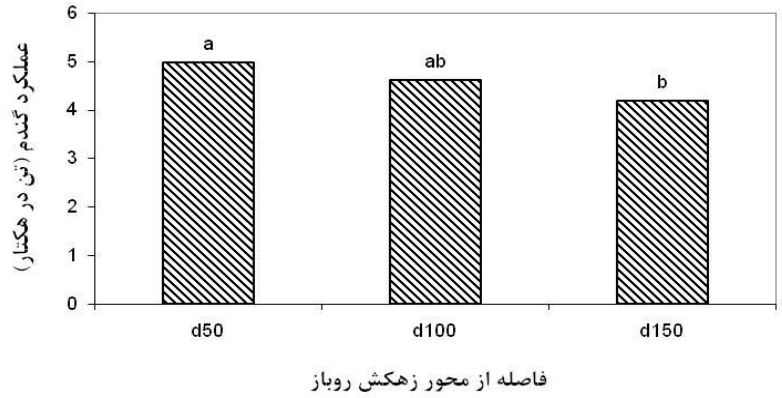
عملکرد محصول

بیشترین عملکرد گندم با میانگین ۴/۹۹ تن در هکتار مربوط به تیمار فاصله از محور زهکش به میزان ۵۰-۰ متر (d_{50}) و کمترین آن با میانگین ۴/۲۰ تن در هکتار مربوط به تیمار فاصله از محور زهکشی به میزان ۱۵۰-۱۰۰ متر (d_{150}) است (شکل ۱). همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، بیشترین عملکرد گندم با میانگین ۵/۰۲ تن در هکتار مربوط به تیمار زیرشکنی خاک به‌همراه گاوآهن برگردان‌دار (SP) و کمترین عملکرد گندم با میانگین ۴/۱۴ تن در هکتار مربوط به تیمار گاوآهن برگردان‌دار به‌تنهایی (P) است که خاک‌ورزی مرسوم منطقه (شاهد) است. شکل ۳ نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد گندم با میانگین ۵/۳۳، ۵/۲۳، و ۵/۲۱ تن درهکتار به ترتیب مربوط به تیمارهای زیرشکنی خاک شامل Sd_{50}، SPd_{50}، و SPd_{100} است و کمترین میزان عملکرد گندم با میانگین ۳/۷۳۲ تن در هکتار مربوط به تیمار شخم با گاوآهن برگردان‌دار به‌تنهایی و در فاصلهٔ ۱۵۰-۱۰۰ متری از محور زهکش (Pd_{150}) است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از محور زهکش، عملکرد گندم کاهش یافته است. فاصلهٔ ۱۵۰-۱۰۰ متری از محور زهکش (d_{150})، باعث کاهش ۱۵/۷ درصدی عملکرد گندم در مقایسه با تیمار فاصلهٔ ۵۰-۰ متری از محور زهکش (d_{50}) شده است. علت آن کاهش کارآیی زهکش و افزایش شوری عصارهٔ اشباع خاک در فاصلهٔ ۱۵۰-۱۰۰ متری از محور زهکش (d_{150}) در مقایسه با فاصلهٔ ۵۰-۰ متری از محور زهکش روباز (d_{50}) است. از طرف دیگر نتایج نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث افزایش عملکرد گندم شده است. زیرشکنی خاک به‌همراه گاوآهن برگردان‌دار (SP) باعث افزایش ۱۷/۷درصدی عملکرد گندم در مقایسه با تیمار شاهد (P) شده است. عملکرد گندم در

www.SID.ir

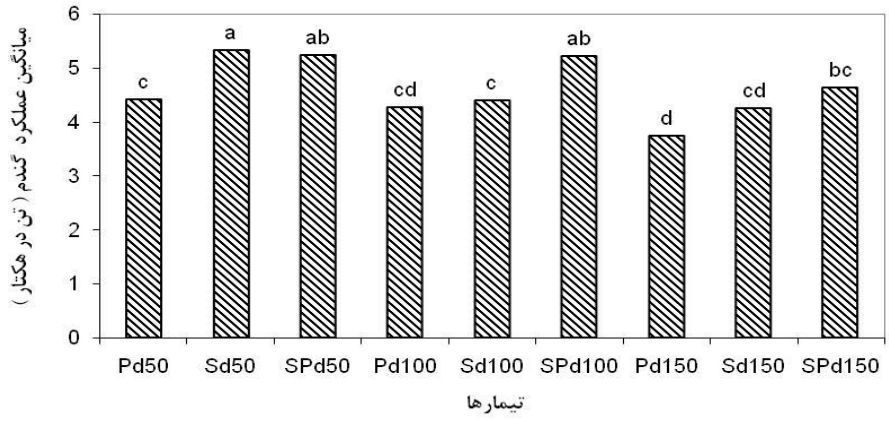
Archive of SID

تیمارهای زیرشکنی خاک بیشتراز گاوآهن برگردان‌دار تنها است و علت آن انجام عملیات خاک‌ورزی در عمق پایین‌تر از عمق شخم مرسوم است. به‌طوری که باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروط خاک و شوری عصارهٔ اشباع خاک، و افزایش میزان نفوذپذیری آب در خاک شده است که درنهایت باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد، زیرشکنی خاک به‌همراه گاوآهن برگردان‌دار در فاصله‌های ۱۰۰-۵۰ و ۱۵۰-۱۰۰ متری از محور زهکش (SPd_{150}, SPd_{100}) توانسته است عملکرد را به نسبت تیمار شاهد (Pd_{50}) افزایش دهند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که با زیرشکنی خاک، گذر آب از منطقهٔ ریشه بهتر انجام گرفته و شوری عصارهٔ خاک کمتر شده و درپایان عملکرد گندم افزایش یافته است. درمجموع چنین بیان می‌شود که با توجه به اینکه میزان عملکرد محصول با دورشدن از محور زهکش کاهش می‌یابد، می‌توان با انجام عملیات زیرشکنی خاک، کاهش عملکرد محصول در فاصله‌های ۱۵۰-۵۰ متری از محور زهکش روباز را جبران و از احداث مجدد زهکش دراین فاصله‌ها (به‌ویژه تا فاصلهٔ ۱۰۰ متر) اجتناب کرد.



شکل ۱. تأثیر فاصله از محور زهکش بر عملکرد گندم

شکل ۲. تأثیر عملیات خاک‌ورزی بر عملکرد گندم



شکل ۳. تأثیر متقابل عملیات خاک‌ورزی و فاصله از محور زهکش روباز بر عملکرد گندم

www.SID.ir

Archive of SID

جمع‌بندی

نتایج نشان داد که زیرشکنی خاک باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروط خاک، و شوری عصارهٔ اشباع خاک و از طرف دیگر باعث افزایش نفوذپذیری آب در خاک و عملکرد محصول می‌شود. زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر+گاوآهن برگردان‌دار در مقایسه با گاوآهن برگردان‌دار (شاهد) باعث کاهش بهتر شوری عصارهٔ اشباع خاک و بیشترین عملکرد محصول تا فاصلهٔ ۱۵۰-۱۰۰ متری از محور زهکش (SPd_{150}) شده است که برای اجرا در مناطق شور با زهکش روباز پیشنهاد می‌شود.

REFERENCES

Afzalinia, S., Solhjou, A. A. and Eskandari, I. (2011). Effects of subsoiling on some soil properties and wheat yield in a dry land ecological condition. *Journal of Agricultural Science and Technology,* A1: 842-847.

Al- Adawi., S. S. and Reeder,R. C. (1996). Compaction and Subsoiling effects on corn and soybean yields and soil physical properties. *Transactions of the ASAE*, 39(5): 1641- 1649.

Almassi, M., Borghei, S. A. M. and Habibi-Asl, J.(2002). Effect of winged and regular subsoilers on some physical conditions of soil under sugercan in south of Khoozestan. *Agricultural Science,* 11 (4): 77-81.

Altamore, R. E.,Torres, R. F., Lavado,R. S.and Gimenz, J. E. (1983). Effect of subsoiling on a saline-sodic soil in western Buenos Aires. *Ciencia- del- suelo,* 1: 1, 45- 51.

Armstrong, A. (1991). Drainage research for salinity control. Proceeding of Official Development Assistance (ODA) workshop, UK. 32- 42.

Armstrong, A. S. B., Pearce, G. R., Rycroft, D. W. and Taton, T. W. (1990). Field testing of a new reclamation technique for saline clay soils. ProceedingSymposium Land Drainage for salinity control in arid and semiarid Regions, No. 2, 89- 101.

ASAE. (1995). Soil cone Penetrometer. ASAE Standard S313. 2. Agricultural Engineering Year Book, P. 683.

Baver, L. D. (1968). *Soil Physics*. John Wiley and Son. Publication. New York. U.S.A.

Grevers, M. C. J. and Jong, E. D. (1993). Soil structure and crop yeild over a 5 year period following subsoiling a solonetzic and chernozemic soil in Saskatchewan. *Canadian Journal Soil Science,* 73(1): 89- 91.

Hadas, A. (1994). Soil compaction caused by high axle loads- review of concepts and experimental data. *Soil and Tillage Research,* (29): 253- 276.

Hamza, M. A. and Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research,* 82: 121-145.

Kogo, K., Lamsal, K., Salokhe, V. M. and Singh, G.(ed) (1992). Effect of subsoil management on soil physical properties and plant growth in Bankok clay. International Agricultural Conference Proceeding, Held in Bankok, Thailand, 960-963.

Molnar, I., Jenovai, Z. and Vukovic, R. (1988). Effect of drainage, subsoiling and conventional tillage on yield of some important field crops on hydromorphic soils. *Arhiv- Za – Poljoprivredne-Nauke,* 49(176): 256- 280.

Perumpral, J. V. (1987). Cone penetrometer applications: a review. *Transaction of the ASAE,* 30(4): 939- 944.

Raghavan, G. S. V., Mckyes,E., Gendrom,G., Borghum,B. and Lee,H. H.(1978). Effect of the soil compaction on the development and yield of corn (Maize). *Canadian Journal Plant Science,* 58: 435-443.

Soane, B. D. and Van Quwerkerk, C. (1994). *Soil compaction in crop production*. Elsevier, P. 662.

Solhjou, A. A., Dehghanian, A., Sepaskhah, A. and Joukar, L. (2009). Effects of deep tillage and irrigation regimes on sugarbeet yield in Iran. The 2009 CIGR International Symposium of the Australian Society for Engineering in Agriculture, Brisbane, Australia, 13-16 September 2009.

Solhjou, A. A. and Niazi. J. (2001). Effect of subsoiling on soil physical properties and irrigation wheat yield. *Iranian Journal of Agricultural Engineering Research,* 7, 65-78 (In Farsi).

Solhjou, A. A. and Loghavi.A. (2000). Optimum moisture content for determination of cone index, with Cone Penetrometer. *Iranian Journal of Agricultural Engineering Research*, 17: 43-50(In Farsi).

Tanji, K. K. (1990). Nature and extent of agricultural salinity. *American Society Civil Engineers,* No 71, ASCE.

Unger, P. W. and Kaspar, T. C. (1994). Soil compaction and root growth: a review. *Agronomy Journal,* 86: 759-766.

Van Qenuchten, M, T. and Hoffman, G. I. (1984). Analysis of crop salt tolerance data. PP. 263- 271. In: I. Shainberg and J. Shalhevet (Eds.), *Soil Salting under Irrigation- Process and Management*. Spring Verlay Publication, New York.

Winter, S. R. (1983). Efficient deep tillage for sugarbeet on pulman clay loam. *Journal of the AmericanSociety Sugar Beet Technology,* 22(1): 29-33.

www.SID.ir