تأثیر عملیات زیرشکن و دور آبیاری برخواص فیزیکی خاک و عملکرد چغندرقند[1]

علی اکبر صلح جو، سید ابراهیم دهقانیان، علیرضا سپاسخواه و محمود نیرومند جهرمی[2]

تاریخ دریافت مقاله: ٨٣/٢/١٩ تاریخ پذیرش مقاله: ٨٤/٧/١٦

چکیده

فشردگی خاک‌های زراعی به دلیل تأثیر منفی آن بر میزان رشد و نمو و تولید محصول موضوعی است با اهمیت که نیاز به بررسی دارد. در این تحقیق، تأثیر عملیات زیرشکن و دور آبیاری بر تولید چغندرقند در قالب طرح آماری اسپلیت بلوک بررسی شد. تیمار اصلی، دورآبیاری شامل سه دور ۷، ۱۰، و ١٤ روز و تیمار فرعی عملیات خاک‌ورزی شامل استفاده از : ۱- گاوآهن برگردان‌دار ۲- زیرشکن به عمق ۳۰-۳۵ سانتی‌متر + گاوآهن برگردان‌دار ۳- زیرشکن به عمق ٤٠-٤٥ سانتی‌متر + گاوآهن برگردان‌دار در سه تکرار بود. جهت تعیین تأثیر عملیات زیرشکن و دور آبیاری بر خواص فیزیکی خاک و عملکرد چغندرقند پارامترهای شاخص مخروط، جرم مخصوص ظاهری و درصد رطوبت خاک، میزان آب مصرفی، عملکرد، عمق نفوذ ریشه، قطر ریشه، درصد چند ریشه‌ای شدن، و درصد قند چغندرقند اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث کاهش شاخص مخروط، جرم مخصوص ظاهری خاک و درصد چند ریشه‌ای شدن و افزایش عمق نفوذ ریشه، قطر ریشه، و عملکرد چغندرقند می‌شود. با افزایش دور آبیاری، عملکرد چغندرقند کاهش و درصد قند افزایش می یابد. نتایج نشان می‌دهد که با زیرشکنی خاک به عمق ۳۰-۳۵ سانتی‌متر و دور آبیاری ۷ روز یک بار، بیشترین عملکرد چغندرقند حاصل می‌شود.

واژه‌های کلیدی

چغندرقند، دورآبیاری، زیرشکن

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی با عنوان «بررسی تأثیر عملیات زیرشکن، تداوم اثر و دور آبیار بر روی تولید چغندرقند»

۲- به ترتیب عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، نشانی: فارس، زرقان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس. دورنگار: ٤٢٢٢٤٧١-٠٧١٢، پیام نگار: amsolhjou@yahoo.com، کارشناس ارشد بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، استاد بخش مهندسی آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز و کارشناس بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

© 2005,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

کلیهٔ عملیات زراعی در فشردگی خاک، هم در سطح و هم درعمق مؤثرند. ولی بیشترین مقدار تراکم از عبور چرخ‌های لاستیکی بروی خاک ناشی می‌شود (Anon, 1996). در اثر عبور چرخ‌های تراکتور در ضمن اجرای عملیات زراعی، جرم مخصوص ظاهری و مقاومت خاک افزایش می‌یابد و در نتیجه حرکت آب و جریان هوا در اطراف ریشه کاهش و تولید محصول روز ارز کاهش می‌یابد (Mckyes *et al*., 1979, Cassel & Edwards, 1985, Ngunjiri & Siemens, 1995). کاهش تراکم در عمق خاک، باعث افزایش توانایی جذب آب در هر دو حالت مرطوب و خشک خاک می‌شود، راندمان آب استفاده شده را افزایش می‌دهد، و فعالیت ریشه را بهبود می‌بخشد (Raghavan *et al*., 1978). زیرشکنی خاک باعث کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری و مقاومت به نفوذ خاک در عمق‌های ۰-۲۰۰ و ۲۰۰-٤۰۰ میلی‌متر می‌شود (Habibi, 2000).

تحقیقات نشان می‌دهد که دور آبیاری چهار روزه با آبیاری بارانی و عملیات زیرشکن باعث کاهش تنش و افزایش عملکرد دانه ذرت می‌شود. همچنین، آبیاری دو بار در هفته در خاک لوم همراه با عملیات زیرشکن باعث افزایش عملکرد سیب زمینی می‌شود (Ibrahim & Miller, 1989). زیرشکنی خاک باعث جذب آب از اعماق خاک می‌گردد و این امر در تولید محصول ذرت دانه‌ای دیم مؤثر است. در سیستم خاک‌ورزی عمیق، نفوذ ریشهٔ ذرت در عمق خاک بیشتر و آب و مواد غذایی نیز از حجم بیشتری از خاک جذب می‌شود. بنابراین، گیاه کمتر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد و در نهایت تولید محصول افزایش می‌یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تولید ذرت در اثر تراکم خاک حاصل از عبور یک بار محوری Mg ۹ در حدود ۵-۱۸ درصد و در اثر عبور بار محوری Mg ۱۸ حدود ۱۳-۳۹ درصد کاهش می‌یابد (Al-Adawi & Reeder, 1996). در اثر تراکم خاک ناشی از عملیات شخم و قبل از عملیات خاک‌ورزی ثانویه، نفوذ آب در خاک و در نتیجه تولید محصول کم می‌شود (Ngunjiri & Siemens, 1995). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که عملیات خاک‌ورزی، جرم مخصوص ظاهری خاک را 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 بعدی افزایش می‌دهد (Hajabbasi *et al*., 1999, Slowinska- Jurkiewicz, 1994). برای دسترسی گیاه به آب، لازم است ریشهٔ گیاه در خاک زیرین[1] توسعه یابد. اما اگر خاک زیرین خیلی فشرده باشد، توسعهٔ ریشه محدود می‌شود که دلیل عمدهٔ آن مقاومت مکانیکی زیاد یا تهویهٔ ضعیف است. خاک‌ورزی عمیق احتمالاً این وضعیت را اصلاح می‌کند و توسعهٔ ریشه را بهبود می‌بخشد (Cook & Scatt, 1993).

هدف از اجرای این طرح، بررسی تأثیر عملیات زیرشکن در دو عمق نسبت به خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار) در سه دور آبیاری بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد چغندرقند است.

1- Subsoil

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان فارس اجرا شد. زرقان درطول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی وعرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی واقع شده است. ارتفاع زرقان از سطح دریا ۱۵۱۵ متر، میانگین بارندگی سالیانهٔ آن ۳۲۰ میلی‌متر و بافت خاک مزرعهٔ مورد آزمایش رسی سیلت‌دار است (جدول شمارهٔ ۱).

این تحقیق در قالب طرح آماری اسپلیت بلوک انجام گرفت. تیمار اصلی دور آبیاری و تیمار فرعی عملیات خاک‌ورزی در سه تکرار بود. تیمارهای دور آبیاری شامل ۷ (I_1)، ۱۰ (I_2) و ۱۴ (I_3) روز و تیمارهای عملیات خاک‌ورزی شامل استفاده از گاوآهن برگردان‌دار (S_0P_1)، زیرشکنی خاک به عمق ۳۰–۳۵ سانتی‌متر + گاوآهن برگردان‌دار (S_1P_1)، و زیرشکنی خاک به عمق ۰–۴۵ سانتی‌متر + گاوآهن برگردان‌دار (S_2P_1) است. خاک در مهرماه و در رطوبت ۱۳/۷ درصد (میانگین درصد رطوبت عمق‌های ۰–۵۰ سانتی‌متر) زیرشکنی شد. عمق مؤثر زیرشکن برای تیمارها به ترتیب ۳۰–۳۵ و ۴۰–۴۵ سانتیمتر، ۳۲–۳۵ و ۴۲–۴۵ سانتی‌متر بود (از طریق حفر پروفیل خاک). شخم با گاوآهن برگردان‌دار و به عمق ۲۰–۲۵ سانتی‌متر اجرا شد. برای عملیات خاک‌ورزی ثانویه کلیهٔ تیمارها از دیسک و با دو بار عبور آن استفاده شد. مشخصات فنی ماشین‌های مورد استفاده در جدول شمارهٔ ۲ آورده شده است. ابعاد هر تیمار روی زمین ۲۳×۵ و فاصلهٔ بین تیمارها ۲ متر تعیین شد. میزان کود مصرفی N، P، و K به ترتیب برابر با ۱۲۶، ۴۱، و ۴۰ کیلوگرم در هکتار به زمین اضافه شد. کودهای فسفردار (فسفات آمونیم) و پتاسیم‌دار (سولفات پتاسیم) در زمان کاشت و نیمی از کود نیتروژن دار (اوره) به صورت سرک اضافه شد. جهت کاشت چغندرقند از بذر رقم PP22 به صورت یک ردیف روی پشته و به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار در فروردین ماه استفاده شد. در هر کرت ۶ ردیف کاشت و فاصلهٔ بین آنها ۰/۶ متر در نظر گرفته شد و فاصلهٔ بین بوته‌ها پس از تنک کردن، در حدود ۰/۲ متر بود. عوامل اندازه‌گیری شامل شاخص مخروط، جرم مخصوص ظاهری و درصد رطوبت خاک، میزان آب مصرفی، عملکرد، عمق نفوذریشه، قطر ریشه، درصد چند ریشه‌ای شدن، و درصد قند چغندرقند بود. جهت محاسبات آماری از نرم افزار MSTAT و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

- شاخص مخروط خاک

شاخص مخروط خاک مزرعه مورد نظر با دستگاه نفوذسنج مخروطی اندازه‌گیری شد. شاخص مخروط اندازه‌گیری شده در نهایت به عنوان شاخص مقاومت خاک مزرعه انتخاب می‌شود، از این رو این شاخص در ۱۰ نقطه از هر کرت و روی پشته‌ها به این ترتیب اندازه‌گیری شد: قبل از عملیات خاک‌ورزی و بعد از اولین آبیاری و در هر نقطه ازعمق صفر تا۵۰ سانتی‌متر در محدوده رطوبتی ۲۰–۲۲ درصد (عمق ۰–۵۰ سانتی‌متر) (Perumpral, 1987, Solhjou & Loghavi, 2000).

- جرم مخصوص ظاهری خاک

جهت تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک از استوانه‌های نمونه‌گیری استفاده می‌شود. نمونه را به

مدت ۲ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهند و وزن خشک آن را محاسبه می‌کنند. از تقسیم وزن خشک خاک به حجم نمونهٔ برداشت شده، جرم مخصوص ظاهری خاک به دست می‌آید. این کار در هر کرت قبل از عملیات خاک‌ورزی و بعد از اولین آبیاری و در دو نقطه از عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متر و در فواصل ۱۰ سانتی‌متری از روی پشته‌ها اجرا و از این طریق جرم مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری شد (Solhjou & Niazi, 2001).

- درصد رطوبت خاک

همزمان با اندازه‌گیری شاخص مخروط و جرم مخصوص ظاهری خاک، درصد رطوبت خاک از عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متر نیز اندازه‌گیری شد (Sohjou & Loghavi, 2000, Soluhjou & Niazi, 2001).

جدول شمارهٔ ۱- مشخصات خاک مزرعه مورد آزمایش در زرقان فارس

عمق نمونه‌گیری (سانتی‌متر)	اسیدیته گل اشباع	درصدکربن آلی	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک
۳۰-۰	۸/۳	۰/۷٦	٤۱	٤۲/٦	۱٦/٤	رسی سیلت‌دار
۵۰-۳۰	۸/۵	۰/٤۸	٤۲	٤۲/٦	۱۵/٤	رسی سیلت‌دار

جدول شمارهٔ ۲- مشخصات فنی ماشین‌های مورد استفاده در طرح

ردیف	نوع ماشین	عرض کار (متر)	مشخصات
۱	زیرشکن با ساقهٔ خمیده	۱/٦۸ (عمق ۳۰-۳۵ سانتی‌متر) ۲/۱٦ (عمق ٤۰-٤۵ سانتی‌متر)	زیرشکن ساخت قطعات آهنگری خراسان با سه ساق خمیده، سوارشونده، عامل خاک‌ورز با تیغه باله دار، دارای ۲ چرخ تنظیم عمق و شاسی V شکل، (جهت اجرای عملیات زیرشکن از تراکتور Case استفاده شد).
۲	گاوآهن برگردان دار	۰/۹	سوارشونده و سه خیشه ساخت کشور رومانی.
۳	هرس بشقابی	۲/۱٦	کششی، یک زانویی دو ردیفه با ۲۰ بشقاب هر یک به قطر ٦۰ سانتی‌متر، بشقاب‌های ردیف جلو لبه کنگره‌ای و ردیف عقب لبه صاف، ساخت شرکت ماشین ابزار فارس.
٤	ردیف کار	-	ردیف کار دستی یک ردیفه با موزع صفحه‌ای ثابت، شیار باز کن کفشی و دارای چرخ فشار دهنده، ساخت کارخانهٔ .Plant Jr آمریکا.

- میزان آب مصرفی

برای محاسبه آ ب مورد نیازگیاه ابتدا با استفاده از روش زندپارسا و سپاسخواه (Zand-Parsa & Sepaskhah, 1996) تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع محاسبه شد. در این روش با استفاده از داده‌های هواشناسی تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع از رابطهٔ شمارهٔ ۱ محاسبه گردید:

$$ETo = e^{-7.38}\, Ra^{1.11}\, TD^{0.83}\, (T+25)^{1.32} \quad (1)$$

که در آن:

ET_O= تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر در روز؛ T= متوسط دمای ماهانه بر حسب درجهٔ سانتی‌گراد؛ TD= اختلاف بین متوسط دمای حداکثر و حداقل ماهانه برحسب درجهٔ سانتی‌گراد؛ Ra= مقدار تشعشع بالای جو برحسب میلی‌متر در روز؛ و e= عدد نپرین است.

برای محاسبهٔ نیاز آبی گیاه، اطلاعات هواشناسی از ایستگاه هواشناسی زرقان تهیه گردید. بعد از محاسبه تبخیر و تعرق، ضرایب گیاهی مورد نیاز در مراحل مختلف رشد، از روش فائو(FAO) محاسبه شد (Smith, 1993).

در هنگام آبیاری مقدار آب محاسبه شده (که از حاصل ضرب تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ضریب گیاهی هر مرحلهٔ رشد در مساحت هر کرت به دست می‌آید) از طریق کنتور حجمی در هر کرت اعمال گردید. میزان آب آبیاری جهت کلیهٔ کرت‌ها در طول فصل رشد تقریباً ثابت و به ترتیب جهت دورهای آبیاری ۷، ۱۰، و ۱٤ روز برابر با ۷۳۷۲، ۷۳۱۸، و ۷٤٥۹ متر مکعب در هکتار بود.

- درصد چند ریشه‌ای شدن

جهت تعیین درصد چند ریشه‌ای شدن چغندرقند، در هر کرت ۱۵ عدد چغندرقند به طور تصادفی انتخاب و تعدادی که چند ریشه‌ای شده بودند تعیین شد. از تقسیم عدد به دست آمده بر تعداد کل نمونه و ضرب کردن نتیجه در ۱۰۰، نسبت چند ریشه‌ای شدن چغندرقند به دست آمد.

- عمق نفوذ ریشه

جهت تعیین عمق نفود ریشهٔ چغندرقند، در هر کرت ۱۵ عدد چغندرقند به طور تصادفی انتخاب و با حفر پروفیل در کنار ریشه (۵۰-۵۵ سانتی‌متر)، عمق ریشه اندازه‌گیری و میانگین آن جهت هر کرت منظور شد.

- قطر چغندرقند

جهت تعیین قطر چغندرقند، ابتدا در هر کرت ۱۵ چغندر به طورتصادفی انتخاب و پس از اندازه‌گیری بزرگترین قطر هر یک از آنها، میانگین اعداد به دست آمده به عنوان قطر چغندر هر کرت منظور گردید.

- عملکرد محصول

در هر کرت، و در فاصلهٔ طولی ۱۰ متر، سه ردیف بوته انتخاب و برداشت شد. پس از وزن کردن ریشه‌ها، نتیجه به عنوان عملکرد هر کرت منظور گردید. درصد قند نیز جهت هر تیمار اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

شکل شمارهٔ ۱ نشان می‌دهد که از عمق حدود ۲۰-۲۵ سانتی‌متر (عمق شخم مرسوم)، میزان شاخص مخروط خاک رو به افزایش می‌رود که نشان دهنده وجود یک سخت لایه در عمق پایین‌تر از عمق شخم مرسوم است. نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان شاخص مخروط خاک در عمق‌های ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی‌متر دارد، ولی در بقیهٔ عمق‌ها تأثیر معنی‌داری ندارد. میانگین شاخص مخروط با عمق خاک در جدول شمارهٔ ۳ نشان می‌دهد که بیشترین میزان شاخص مخروط در لایه ۱۰-۲۰ سانتی‌متر در تیمار S_1P_1 با میزان ۰/٦۰ مگاپاسکال وکمترین آن درتیمار S_0P_1 با میزان ۰/۵۵ مگاپاسکال است و در لایه ۲۰-۳۰ سانتی‌متر، بیشترین میزان شاخص مخروط خاک در تیمار S_0P_1 با میزان ۱/۲۹ مگاپاسکال و کمترین آن در تیمار S_2P_1 با میزان ۰/۸۸ مگاپاسکال است. میانگین شاخص مخروط خاک در تیمارهای زیرشکن زده شده کمتر از تیمارگاوآهن برگردان‌دار به تنهایی است و این میزان کاهش در تیمار زیرشکن به عمق ٤۰-٤۵ سانتی‌متر (S_2P_1) بیشتر است. دلیل آن، شکسته شدن سخت لایهٔ موجود در پایین‌تر از عمق شخم مرسوم با گاوآهن برگردان‌دار و اجرای عملیات خاک‌ورزی در این عمق است. دیگر محققان نیز نشان داده‌اند که با اجرای عملیات زیرشکن، شاخص مخروط خاک کاهش می‌یابد (Al-Adawi & Reeder, 1996, Habibi, 2000, Solhjou & Niazi, 2001).

نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک لایه‌های ۱۰-۲۰ و ۳۰-٤۰ سانتی‌متر دارد ولی در بقیه عمق‌ها تأثیر معنی‌داری ندارد. میانگین جرم مخصوص ظاهری با عمق خاک در جدول شمارهٔ ۳ نشان می‌دهد که بیشترین میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متر در تیمار S_0P_1 و S_1P_1 با میزان ۱/۳۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب و کمترین آن در تیمار S_2P_1 با میزان ۱/۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. در عمق ۳۰-٤۰ سانتی‌متر نیز بیشترین میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار S_0P_1 با مقدار ۱/٦۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب و کمترین آن در تیمار S_2P_1 با مقدار ۱/۵۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای زیرشکن زده شده کمتر از تیمار گاوآهن برگردان‌دار به تنهایی است و این میزان کاهش، در تیمار زیرشکن به عمق ٤۰-٤۵ سانتی‌متر (S_2P_1) بیشتراست. دلیل بهتر شکسته شدن لایه سخت موجود در زیرعمق شخم مرسوم بر اثر گاوآهن برگردان‌دار و اجرای عملیات خاک‌ورزی درعمق پایین‌تر از عمق شخم رایج است که در نهایت باعث افزایش خلل و فرج خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود. دیگر محققان نیز نشان داده‌اند که زیرشکنی خاک باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود (Al-Adawi & Reeder, 1996, Habibi, 2000, Solhjou & Niazi, 2001).

جدول شمارهٔ ۳- مقایسهٔ میانگین‌های شاخص مخروط و جرم مخصوص ظاهری خاک بعد از اولین آبیاری با توجه به نوع عملیات خاک‌ورزی

ردیف	تیمارهای خاک ورزی	شاخص مخروط خاک (مگاپاسکال)					جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)				
		۱۰-۰ (سانتی‌متر)	۲۰-۱۰ (سانتی‌متر)	۳۰-۲۰ (سانتی‌متر)	۴۰-۳۰ (سانتی‌متر)	۵۰-۴۰ (سانتی‌متر)	۱۰-۰ (سانتی‌متر)	۲۰-۱۰ (سانتی‌متر)	۳۰-۲۰ (سانتی‌متر)	۴۰-۳۰ (سانتی‌متر)	۵۰-۴۰ (سانتی‌متر)
۱	S_0P_1	۰/۳۶a	۰/۵۵b	۱/۲۹a	۲/۶۷a	۳/۷۷a	۱/۲۵a	۱/۳۹a	۱/۴۸a	۱/۶۳a	۱/۷۱a
۲	S_1P_1	۰/۳۵a	۰/۶۰a	۰/۹۵b	۲/۲۵ab	۳/۷۳a	۱/۲۷a	۱/۳۹a	۱/۴۹a	۱/۵۸ab	۱/۷۰ab
۳	S_2P_1	۰/۳۶a	۰/۵۸ab	۰/۸۸b	۱/۸۴b	۳/۴۱b	۱/۲۴a	۱/۳۲b	۱/۴۲a	۱/۵۳b	۱/۶۶b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری درسطح احتمال یک درصد بر درصد چند ریشه‌ای شدن چغندرقند دارد ولی دور آبیاری و تأثیرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری ندارند. نتایج آزمون دانکن در جدول شمارهٔ ٤ نشان می‌دهد که بیشترین درصد چند ریشه‌ای شدن در تیمار گاوآهن برگردان‌دار (S_0P_1) با ۱۳/۰ درصد و کمترین آن در تیمار زیرشکن به عمق ٤۰–٤۵ سانتی‌متر + گاوآهن برگردان‌دار (S_2P_1) با ٤/۷ درصد است. عملیات زیرشکن باعث شکستن سخت لایه موجود در زیر عمق شخم مرسوم و کاهش جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک می‌شود که در نهایت به کاهش مقاومت به نفوذ ریشه می‌انجامد، از این رو درصد چند ریشه‌ای شدن چغندرقند در تیمارهای زیرشکنی کاهش می‌یابد. دیگر محققان نیز نتایج مشابهی به دست آورده‌اند (Cook & Scatt, 1993).

جدول شمارهٔ ٤- میانگین درصد چند ریشه‌ای شدن چغندرقند، عمق نفوذ ریشه، قطر چغندرقند، عملکرد، و درصد قند چغندرقند در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

تیمارهای خاک‌ورزی	درصد چند ریشه‌ای شدن چغندرقند	عمق نفوذ ریشه (سانتی‌متر)	بزرگترین قطر چغندرقند (سانتی‌متر)	درصد قند
S_0P_1	۱۳/۰a	۲۹/٤b	۹/۲b	۱۲/۵a
S_1P_1	۵/۷b	۳٦/٦a	۱۱/۲a	۱۲/۵a
S_2P_1	٤/۷b	۳۷/۱a	۱۱/۳a	۱۲/۸a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

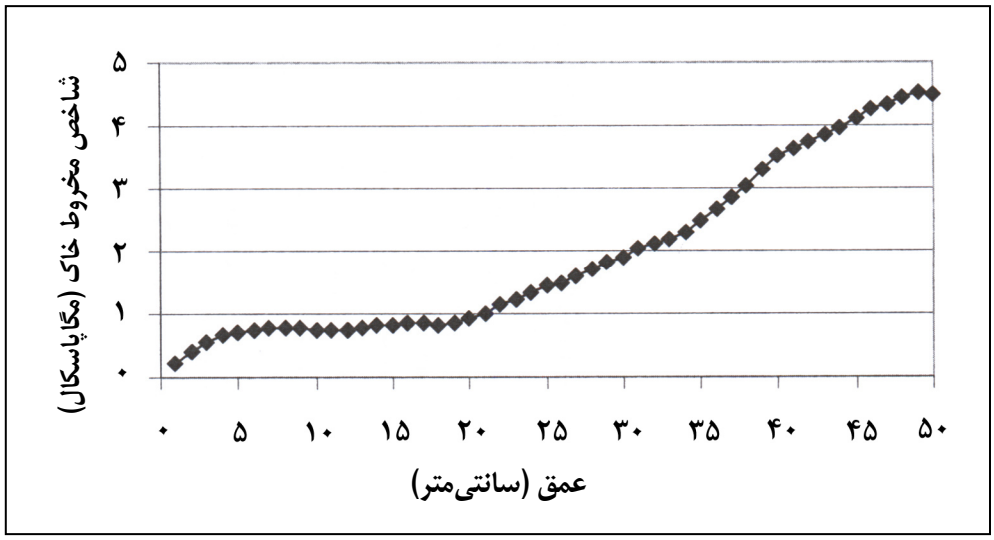
نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر عمق نفوذ ریشهٔ چغندرقند دارد ولی دور آبیاری و تأثیرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری ندارند. مقایسهٔ میانگین‌ها در جدول شمارهٔ ٤ نشان می‌دهد که بیشترین عمق نفوذ ریشهٔ چغندرقند در تیمار S_2P_1 با ۳۷/۱ سانتی‌متر و کمترین آن در تیمار S_0P_1 با ۲۹/٤ سانتی‌متر است. عمق نفوذ ریشهٔ چغندرقند در تیمارهای زیرشکن زده شده بیشتر از گاوآهن برگردان‌دار به تنهایی است. دلیل این موضوع شکست لایهٔ سخت موجود در زیرعمق شخم مرسوم و اجرای عملیات خاک‌ورزی در عمق پایین‌تر از عمق شخم مرسوم است به طوری که باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک می‌شود و به کاهش مقاومت به نفوذ ریشه می‌انجامد. دیگر محققان نیز به نتایج مشابهی رسیده‌اند (Carr & Dodds, 1983, Cassel & Edwards, 1985, Cook & Scatt, 1993).

عملیات خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر قطر چغندرقند دارد. ولی دور آبیاری و تأثیرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری ندارند. نتایج آزمون دانکن در جدول شمارهٔ ٤ نشان می‌دهد که بیشترین قطر چغندرقند در تیمارهای S_2P_1 و S_1P_1 به ترتیب با ۱۱/۳ و ۱۱/۲ سانتی‌متر و کمترین آن مربوط به تیمار S_0P_1 با ۹/۲ سانتی‌متر است. قطر چغندرقند در تیمارهای زیرشکن زده

شده بیشتر از تیمار گاوآهن برگردان‌دار به تنهایی است و علت آن نیز شکسته شدن سخت لایهٔ موجود در زیر عمق شخم، نفوذ مناسب‌تر ریشه به عمق خاک، و تأمین مناسب‌تر آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه است.

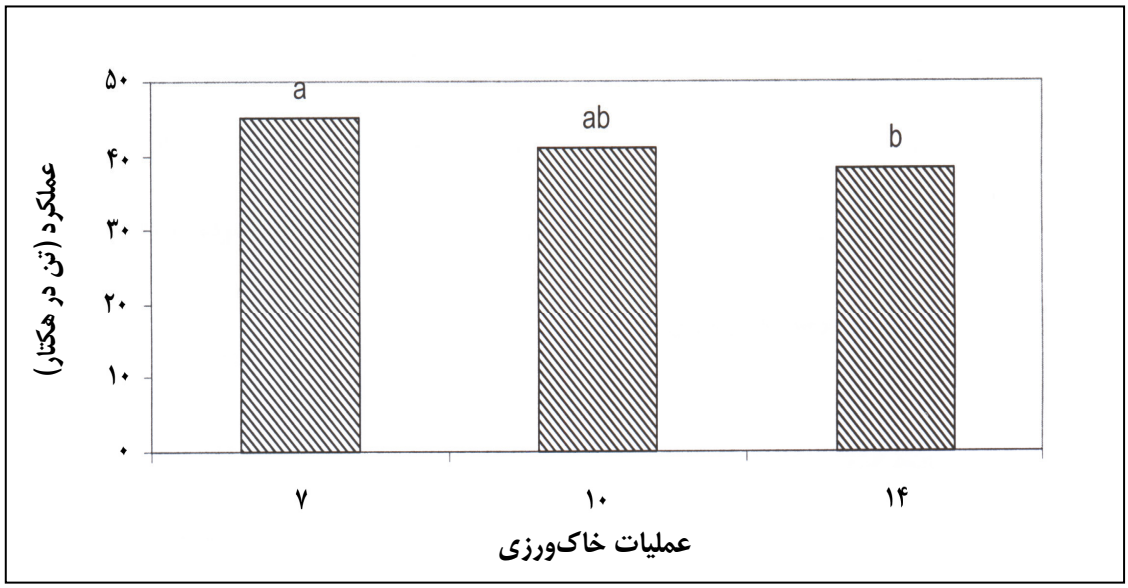
نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، دور آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد، و تأثیرات متقابل آنها در سطح یک درصد بر عملکرد چغندرقند دارند. بیشترین عملکرد چغندرقند در عملیات خاک‌ورزی در تیمارهای S_2P_1 و S_1P_1 به ترتیب با ٤٥/١ و ٤٣/٧ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار S_0P_1 با ۳۵/۲ تن در هکتار است (شکل شمارهٔ ۲). بیشترین عملکرد چغندرقند در دورهای آبیاری در تیمار دور آبیاری ۷ روز با ٤٥/٠ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار دور آبیاری ١٤ روز با ۳۸/۲ تن در هکتار است (شکل شمارهٔ ۳). عملکرد چغندرقند در تیمارهای زیرشکن زده شده بیشتر از گاوآهن برگردان‌دار به تنهایی است و علت آن نیز شکسته شدن لایهٔ سخت موجود در زیرعمق شخم و اجرای عملیات خاک‌ورزی در عمق پایین‌تر از عمق شخم مرسوم است به طوری که باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک، افزایش عمق نفوذ ریشه و قطر چغندرقند، و جذب آب و مواد غذایی از حجم بیشتری از خاک می‌شود که نتیجه نهایی آن است که گیاه کمتر تحت تأثیر تنش قرار گرفته و عملکرد محصول افزایش یافته است. دیگر محققان نیز نتایج مشابهی به دست آورده‌اند (Ibrahim & Miller, 1989, Cook & Scatt, 1993).

بیشترین عملکرد چغندرقند در تیمار $S_1 I_1$ است. عملکرد چغندرقند در زیرشکنی خاک در هر دو عمق با دور آبیاری ١٤ روز، بیشتر از تیمار گاوآهن برگردان‌دار بدون کاربرد زیرشکن) و دور آبیاری ۷ روز است. از این رو به نظر می‌رسد که با اجرای عملیات زیرشکن می‌توان دور آبیاری را نیز افزایش داد (شکل شمارهٔ ٤).

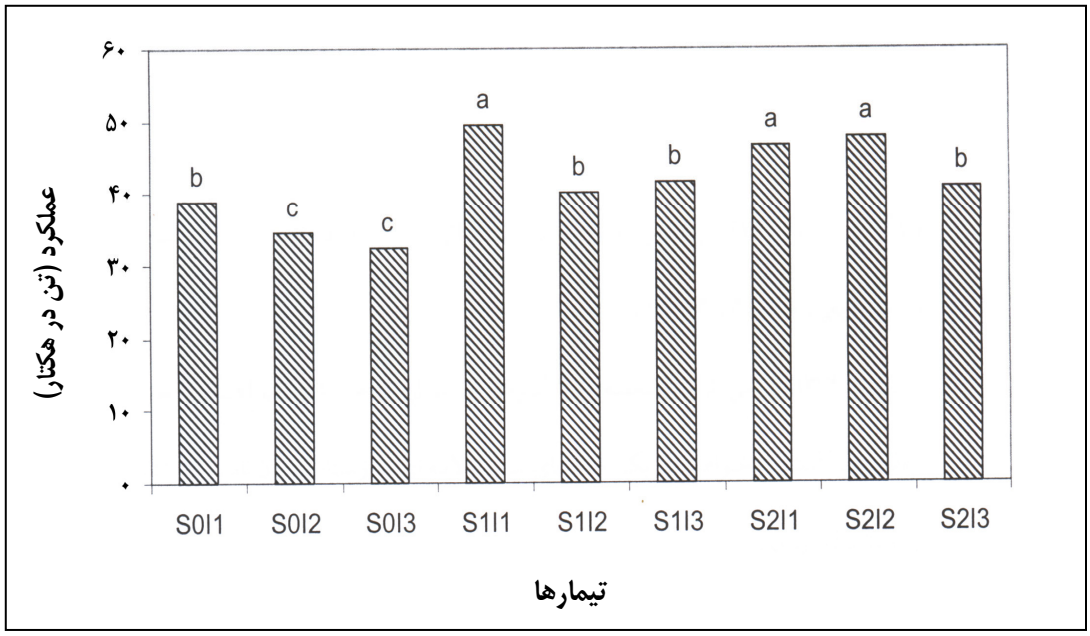


شکل شمارهٔ ۱- نمودار شاخص مخروط با عمق قبل از عملیات خاک‌ورزی

شکل شمارهٔ ۲- نمودار تأثیر عملیات خاک‌ورزی بر عملکرد چغندرقند



شکل شمارهٔ ۳- نمودار تأثیر دور آبیاری بر عملکرد عملیات خاک‌ورزی بر عملکرد چغندرقند



شکل شمارهٔ ۴- نمودار تأثیرات متقابل عملیات خاک‌ورزی و دور آبیاری بر عملکرد چغندرقند

جدول شمارهٔ ۵- میانگین درصد قند چغندرقند در تیمارهای مختلف دور آبیاری

تیمارهای دور آبیاری	درصد قند
۷ روز	۱۱/۷b
۱۰ روز	۱۲/٦ab
۱٤روز	۱۳/٥a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

نتایج نشان می‌دهد که دور آبیاری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان قند چغندرقند دارد. ولی عملیات خاک‌ورزی و تأثیرات متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر درصد قند ندارند. نتایج آزمون دانکن در جدول شمارهٔ ۵ نشان می‌دهد که بیشترین میزان قند در تیمار دور آبیاری ١٤ روز با ۱۳/۵ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار دور آبیاری ۷ روز با ۱۱/۷ درصد است. نتایج تحقیقات دیگر محققان نیز نشان می‌دهد که با افزایش دور آبیاری درصد قند نیز افزایش می‌یابد (Cook & Scatt, 1993).

نتیجه‌گیری

زیرشکنی خاک باعث شکسته شدن سخت لایهٔ

زیر عمق شخم مرسوم می‌شود، به طوری که جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک کاهش و عمق نفوذ ریشه، قطر چغندرقند و جذب آب و موادغذایی از خاک افزایش و از این رو عملکرد چغندرقند افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با زیرشکنی خاک می‌توان دور آبیاری را نیزافزایش داد و بنابراین به نظر می‌رسد که تیمارهای زیرشکنی خاک با دورهای آبیاری ۷ و ۱۰ روز (S_1I_1، S_2I_1 و S_2I_2) جهت تولید چغندرقند مناسب باشند.

مراجع

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

2- Anon. 1996. Tillage and soil compaction in agriculture. J. of Water Soil Machine. 19 & 20, 21-31 (In Farsi)

3- Carr, M. K. V. and Dodds, S. M. 1983. Some effects of soil compaction on root growth and water use of lettuce. Experimental Agric. 19(2):17-130.

4- Cassel, D. K., and Edwards, E. C. 1985. Effects of subsoiling and irrigation on corn production. Soil Sci. Soc. Am. J. 49(4):996-1001.

۱۴۳

5- Cook, D. A., and R. K. Scatt. 1993. The sugar beet crop. Transelated by Koocheki, A. and A., Soltani in Persion, 1996. Jihad Univ. of Mashad. 200P (In Farsi).

6- Habibi, J. 2000. Effect of mechanical properties of Ahangari Khorasan subsoiler on draft resistance and physical properties of hardpan soil in Khuzestan. M. Sc. Thesis. Univ. of Tehran. Karaj. Iran. (In Farsi)

7- Hajabbasi, M. A., Mirlohi, A. F. and Sadrarhami, M. 1999. Tillage effects on some physical properties of soil and maize yield in Lavark research farm. J. Sci. and Tech. Agric. And Nat. Resour. 3, 13-24 (In Farsi).

8- Ibrahim, B. A. and Miller, D. E. 1989. Effect of subsoiling on yield and quality of corn and potato at two irrigation frequencies. Soil Sci. Soc. Am. J. 53(1):247-251.

9- Mckyes. E., Nego, S. Douglas, E. Taylor, F. and Raghavan, G. S. U. 1979. The effect of machinery traffic and tillage on the physical properties of clay and on yield of silage corn. J. Agric. Eng. Res. 24, 143-148.

10- Ngunjiri, G. M. N. and Siemens, J. C. 1995. Wheel traffic effects on corn growth. Trans. of the ASAE. 38(3):691-699.

11- Perumpral, J. V. 1987. Cone penetrometer applications: A review. Trans. of the ASAE. 30(4):939-944.

12- 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). Can. J. Plant Sci. 58, 435-443.

13- Slowinska- Jurkiewicz, A. 1994. Changes in structure and physical properties of soil during spring tillage operations. Soil and Tillage Res. 29, 397-407.

14- Smith, M. 1993. Cropwat. A computer program for irrigation planning and management. Irrigation and Drainage. Paper No. 46. FAO. Rome.

15- Solhjou, A. A., and Loghavi, M. 2000. Optimum moisture content for determination of cone index, with cone penetrometer. Iranian J. Agric. Eng. Res. 17, 43-50 (In Farsi)

16- Solhjou, A. A., and Niazi, J. 2001. Effect of subsoiling on soil physical properties and irrigated wheat yield. Iranian J. Agric. Eng. Res. 7, 65-68 (in Farsi).

17- Zand-Parsa, Sh. and Sepaskhah, A. R. 1996. Determination of potential evapotranspiration based on some measurable factors in cinoptic stations of Iran. Sixth National Seminar on Irrigation and Reduction of Evaporation. Shahid Bahonar Univ. Kerman. Iran, 18-30 (In Farsi).

Effect of Subsoiling and Irrigation Frequencies on Soil Physical Properties and Sugarbeet Yield

A. A. Solhjou, A. Dehghanian, A. Sepaskhah and M. Niromand Jahromi

Soil compaction in the fields would cause negative effects on crop growth and production. This research was conducted to determine the effects of subsoiling and irrigation frequencies on sugarbeet yield. Irrigation including 3 frequencies of 7 (I1), 10 (I2) and 14 (I3) days as well as tillage operations including: (1) S_oP_1, only moldboard ploughing (control), (2) S_1P_1, subsoiling to depth of 30-35 cm plus moldboard plughing, (3) S_2P_2, subsoiling to depth of 40-45 cm plus moldboard plughing treatments were analysed using split block design in 3 replications. The parameters of, cone index, bulk density, moisture content, amount of water use, sugarbeet yield, root depth, root diameter, percentage of multiple roots and percentage of sugar were measured. The results indicated that subsoiling caused reduction in bulk density, cone index and percentage of multiple roots and increased root depth, root diameter, and sugarbeet yield. Increasing in irrigation frequency caused reduction of sugarbeet yield and increase of percentage of sugar. The results also noted that subsoiling to a depth of 30-35 cm plus 7 days irrigation frequency produced the highest sugarbeet yield.

Key words: Irrigation frequency, Subsoiler, Sugarbeet