

کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳ آذر ماه ۱۳۸۴

بررسی تاثیر عملیات زیرشکن روی خصوصیات فیزیکی خاک و رطوبت قابل

استفاده گیاه چغندر قند^۱

سید ابراهیم دهقانان، علی اکبر صلح جو^۲

چکیده

بررسی تراکم خاک در مزارع به دلیل تاثیر آن بر جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروط، درصد رطوبت خاک، میزان رشد و نمو و تولید محصول اهمیت زیادی دارد. در این طرح تاثیر زیرشکنی خاک و دور آبیاری در قالب طرح آماری اسپلیت بلوک و درسه تکرار بر روی عملکرد و خصوصیات عملکردی چغندر قند، جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروط، درصد رطوبت خاک و کارائی مصرف آب بررسی شد. تیمار اصلی دور آبیاری شامل سه دور ۷، ۱۰ و ۱۴ روز که بترتیب با I_1 ، I_2 و I_3 و تیمار فرعی عملیات خاک ورزی شامل سه روش فقط استفاده از گاو آهن برگردان دار و بدون زیرشکنی خاک (شاهد)، زیرشکنی خاک به عمق ۳۵-۳۰ سانتیمتر + گاو آهن برگردان دار و زیرشکنی خاک به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر + گاو آهن برگردان دار که بترتیب با S_0 ، S_1 و S_2 نشان داده شدند، انتخاب گردیدند. نتایج نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث کاهش شاخص پارامترهائی مانند شاخص مخروط به میزان ۱۳٪ و جرم مخصوص ظاهری خاک به میزان ۴٪ و افزایش پارامترهائی مانند طول ریشه به میزان ۱۵٪، رطوبت قابل استفاده گیاه در عمق انجام عملیات زیر شکنی (۳۰-۵۰ سانتیمتری از سطح خاک) به میزان ۱۶٪، نفوذ پذیری آب در خاک به میزان ۶۰٪ و عملکرد ریشه چغندر قند به میزان ۲۱٪ شد. با توجه به نتایج بدست آمده انجام عملیات زیرشکنی خاک باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک و افزایش ذخیره رطوبت قابل دسترس گیاه در خاک و عملکرد چغندر قند شده است، لذا پیشنهاد می‌گردد در مزارعی که دارای تراکم خاک هستند از زیرشکن استفاده شود.

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی با عنوان «بررسی تاثیر عملیات زیرشکن، تداوم اثر و دور آبیاری بر روی تولید چغندر قند»

۲- اعضای هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، زرقان

دورنگار ۰۷۱۲-۲۲۲۴۷۱، پیام نگار SED1348@yahoo.com

واژه‌های کلیدی

زیرشکن، دور آبیاری، جرم مخصوص ظاهری خاک، رطوبت خاک، عمق ریشه، چغندر قند

مقدمه

کلیه عملیات زراعی در فشردگی خاک، هم در سطح و هم در عمق موثرند. در اثر عبور چرخهای تراکتور در ضمن اجرای عملیات زراعی جرم مخصوص ظاهری و مقاومت خاک افزایش می‌یابد در نتیجه حرکت آب و جریان هوا در اطراف ریشه کاهش یافته و احتمالاً تولید محصول کاهش می‌یابد (۶ و ۹). با افزایش تراکم خاک، گنجایش رطوبتی خاک کاهش می‌یابد (۵). به دلیل مکانیزه شدن کشاورزی و افزایش وزن ماشینهای کشاورزی، تراکم خاک بصورت یک مشکل چند بعدی در مقابل کشاورزی پایدار شناخته شده و شامل اثرات متقابل ماشین، خاک، گیاه و اقلیم است (۱۲). تراکم خاک باعث کاهش تهویه خاک می‌گردد این عامل باعث کاهش اکسیژن قابل دسترس گیاه و افزایش CO_2 خاک می‌گردد که باعث صدمه رساندن به گیاه می‌شود. افزایش عمق شخم باعث افزایش نفوذ پذیری آب در خاک و افزایش حفظ و نگهداری رطوبت خاک می‌گردد. در خاکهایی که متراکم بوده اند، با انجام عملیات زیرشکن، طول ریشه و عملکرد محصول افزایش یافته است (۱۰ و ۱۲).

نتایج نشان می‌دهد که در اثر سست کردن خاک تا عمق ۴۰ سانتیمتر، حدود ۸/۵ درصد افزایش رطوبت خاک زمستانه در عمق ۵۰-۰ سانتیمتر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در حدود ۱۵ درصد کاهش یافته است. پس از گذشت ۳ سال میزان جرم مخصوص ظاهری خاک و مقاومت برشی به حالت قبل از سست کردن خاک رسیده است. سست کردن عمق خاک باعث افزایش آب قابل انتقال و افزایش منافذ نگهداری آب می‌شود که منتهی به افزایش رطوبت خاک در سه سال مورد نظر شده است (۱۳). خاک‌ورزی عمیق به عمق ۴۰-۳۰ سانتیمتر باعث افزایش نفوذپذیری آب در خاک، عملکرد چغندر قند، بهبود تهویه خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و پوسیدگی چغندر قند شده است (۱۵). شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی چغندر قند با افزایش دور آبیاری کاهش یافته است. ماده خشک ریشه با افزایش تنش رطوبتی کاهش یافته که علت آن ممکن است مربوط به کاهش عرضه کربوهیدرات‌ها از طریق برگها به اندام‌های هوایی باشد (۲). مقاومت زیاد لایه‌های خاک در محدوده فعالیت ریشه گیاه، باعث محدود شدن ریشه‌زنی، کاهش تهیه آب و مواد غذایی جهت گیاهان می‌شود. زیرشکنی خاک می‌تواند باعث بیمه محصول در مقابل تنش آبی در رویدادهای موقتی در قطع سیستم آبیاری، بویژه در خاکهای شنی شود، بخصوص در جائیکه ضرر تنش آبی تا چند روز ادامه یابد (۱۵).

هدف از اجرای این طرح بررسی تاثیر عملیات زیر شکن در دو عمق نسبت به خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاواهن برگردان‌دار) و سه دور آبیاری بر خصوصیات فیزیکی و رطوبت خاک در محصول چغندر قند است

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان فارس اجرا گردید. زرقان در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی واقع گردیده است. ارتفاع از سطح دریا ۱۵۱۵ متر و میانگین بارندگی سالیانه آن ۳۴۱ میلیمتر است. بافت خاک مزرعه مورد آزمایش رسی سیلت دار بود. این تحقیق در قالب طرح آماری اسپلیت بلوک انجام گرفت. تیمار اصلی دورآبیاری و تیمار فرعی عملیات خاک ورزی، درسه تکرار بود. تیمارهای دورآبیاری شامل I_1 ، I_2 و I_3 و تیمارهای خاک ورزی شامل استفاده از گاواهن برگردان دارو بدون کاربرد زیرشکن (S_0)، زیرشکنی خاک به عمق ۳۵ - ۳۰ سانتیمتر + گاواهن برگردان دار (S_1) و زیرشکنی خاک به عمق ۴۵ - ۴۰ سانتیمتر + گاواهن برگردان دار (S_2) می‌باشد. ابعاد هر تیمار روی زمین دارای ۵ متر عرض و ۲۳ متر طول بود. زیرشکنی خاک در مهر ماه و در رطوبت ۱۳/۷ درصد (میانگین درصد رطوبت عمق‌های ۵۰-۰ سانتیمتر) برای تیمارهای مورد نظر انجام شد. عملیات شخم با گاواهن برگردان دار و به عمق ۲۵-۲۰ سانتیمتر انجام گرفت. برای انجام عملیات خاک ورزی ثانویه از دو دفعه عبور دیسک برای کلیه تیمارها استفاده شد. میزان کود مصرفی N, P, K بترتیب برابر با ۱۲۶، ۴۱ و ۴۰ کیلو گرم در هکتار بود که کودهای فسفر (فسفات آمونیوم) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) در زمان کاشت و نیمی از کود نیتروژن اوره به صورت سرک استفاده شد. جهت کاشت چغندر قند از رقم PP22 بصورت یک ردیف روی پشته و به میزان ۱۰ کیلو گرم در هکتار و در فروردین ماه استفاده شد. تعداد ردیفهای کاشت در هر کرت ۶ ردیف و فاصله بین آنها ۶/۶ متر بود. کرتها در بعداز کاشت به تعداد دو دفعه آبیاری گردید و سپس تیمارهای آبیاری اعمال شد. فاصله بین بوته‌ها پس از تنک کردن، در حدود ۲/۲ متر بود. عوامل اندازه گیری شده شامل شاخص مخروط، جرم مخصوص ظاهری و درصد رطوبت خاک، میزان آب مصرفی، عمق نفوذ ریشه و عملکرد چغندر قند بود که بشرح زیر اندازه گیری صورت گرفت:

شاخص مخروط خاک مزرعه مورد نظر بوسیله دستگاه نفوذسنج مخروطی و به تعداد ۱۰ نفوذ در هر پلات اندازه گیری شد. برای اجرای آزمایش با دستگاه نفوذسنج از یک مخروط با زاویه ۳۰ درجه و قطر ۱۲/۸۳ میلیمتر استفاده گردید که برابر استاندارد انجمن مهندسی کشاورزی آمریکا ساخته شده است (۱۴). جهت تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک از استوانه‌های نمونه گیری استفاده می‌گردد. نمونه گرفته شده را در درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و وزن خشک آن محاسبه گردید. از تقسیم وزن خشک خاک به حجم نمونه برداشت شده، جرم مخصوص ظاهری خاک بدست آمد. در هر کرت قبل از انجام عملیات خاک ورزی و بعد از اولین آبیاری و در دو نقطه از عمق صفر تا ۵۰ سانتیمتر و در فواصل ۱۰ سانتیمتری از روی پشته‌ها جرم مخصوص ظاهری خاک اندازه گیری شد.

بطور متوسط در چند نوبت آبیاری از سه عمق صفر تا ۱۵، ۱۵ تا ۳۰ و عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتری خاک قبل از انجام آبیاری و سه روز بعد از انجام آبیاری نمونه رطوبتی به روش وزنی تهیه و درصد رطوبت وزنی

خاک در عمق پروفیل خاک تا ۵۰ سانتیمتری اندازه گیری گردید. برای محاسبه آب مورد نیاز گیاه ابتدا تبخیر و تعرق محاسبه شد، برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع از روش زندپارسا- سپاسخواه استفاده گردید (۳). در این روش از داده‌های هواشناسی استفاده شده و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع از رابطه زیر محاسبه گردید :

$$ET_o = e^{-7.38} Ra^{1.11} TD^{0.83} (T+25)^{1.32}$$

ET_o - تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع برحسب میلیمتر در روز

T - متوسط دمای ماهانه بر حسب درجه سانتیگراد

TD - اختلاف بین متوسط دمای حداکثر و حداقل ماهانه برحسب درجه سانتیگراد

Ra - مقدار تشعشع بالای جو برحسب میلیمتر در روز

e - عددنپرین

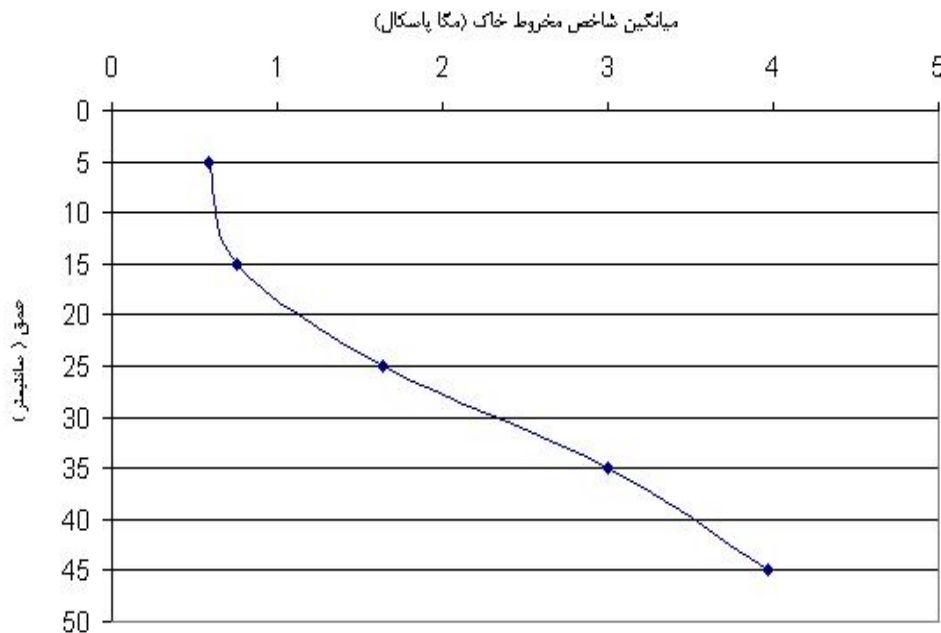
جهت محاسبه نیاز آبی گیاه، اطلاعات هواشناسی از ایستگاه هواشناسی زرقان تهیه گردید. بعد از محاسبه تبخیر و تعرق، ضرائب گیاهی مورد نیاز در مراحل مختلف رشد، از روش فائو (FAO) محاسبه شد (۱۱). در هنگام آبیاری مقدار آب محاسبه شده (که از حاصل ضرب تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ضرب گیاهی هر مرحله رشد در مساحت هر کرت بدست می‌آید) از طریق کنتور حجمی در هر کرت اعمال گردید. جهت اندازه گیری نفوذ آب به داخل خاک، از روش بیلان آب در خاک در جویچه‌ها استفاده گردید. به همین منظور از دو عدد پارشال فلوم یک اینچی کالیبره شده، در ابتدا و انتهای جویچه میانی هر کرت استفاده شد و با اندازه گیری مقادیر آب ورودی و خروجی به جویچه و از تقسیم میزان اختلاف آب ورودی و خروجی بر طول جویچه، نفوذپذیری در جویچه‌ها بدست آمد. اندازه گیری‌های مذکور در آبیاری پی آب صورت گرفته است.

همچنین جهت تعیین عمق نفوذ ریشه چغندر قند در هر کرت ۱۵ عدد چغندر قند بطور تصادفی انتخاب شده و بوسیله حفر پروفیل در کنار ریشه، عمق ریشه اندازه گیری شده و میانگین آن جهت هر کرت منظور شد. برای تعیین عملکرد چغندر قند در هر کرت، در فاصله طولی ۱۰ متر، سه ردیف را برداشت کرده و پس از وزن کردن به عنوان عملکرد هر کرت منظور گردید. جهت محاسبات آماری از نرم افزار MSTAT و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده شد.

نتایج

شاخص مخروط خاک

میانگین ارقام شاخص مخروط خاک در قبل از عملیات خاک ورزی با توجه به عمق خاک بین ۰/۵۹-۳/۹۷ مگاپاسکال است که نشان دهنده افزایش شاخص مخروط خاک با افزایش عمق خاک است (شکل ۱).



شکل ۱- وضعیت میانگین شاخص مخروط با عمق خاک قبل از انجام تیمارهای خاک ورزی

جرم مخصوص ظاهری خاک

نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاک‌ورزی تاثیر معنی داری در سطح ۵ درصد بر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های ۱۰-۳۰، ۲۰-۴۰ و ۳۰-۴۰ سانتیمتر داشته و در عمق‌های ۲۰-۳۰ و ۴۰-۵۰ سانتیمتر در سطح ۱٪ معنی دار شده است. نتایج آزمون دانکن در جدول ۱ نشان می‌دهد که بیشترین میزان جرم مخصوص ظاهری خاک بترتیب با مقادیر ۱/۳۷، ۱/۴۷، ۱/۵۶، ۱/۶۲ و ۱/۶۸ گرم بر سانتیمتر مکعب جهت عمق‌های صفر تا ۵۰ سانتیمتر مربوط به تیمار S_0P_1 (شاهد) و کمترین آن بترتیب با مقادیر ۱/۳۱، ۱/۴۱، ۱/۴۹، ۱/۵۴ و ۱/۵۸ گرم بر سانتیمتر مکعب جهت عمق‌های صفر تا ۵۰ سانتیمتر مربوط به تیمار S_2P_1 است. میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای زیرشکن زده شده کمتر از تیمار گاواهن برگردان‌دار به تنهایی است ولی این میزان کاهش، در تیمار زیرشکن به عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر (S_2P_1) بیشتر است. علت آن شکستن سخت لایه موجود در زیر عمق شخم مرسوم بوسیله گاواهن برگردان‌دار و انجام عملیات خاک ورزی در عمق پائین تر از عمق شخم رایج است که در نهایت باعث افزایش خلل و فرج خاک و

کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود. دیگر محققین نیز نشان داده اند که زیرشکنی خاک باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شده است (۱، ۴، ۶ و ۱۲).

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های شاخص مخروط و جرم مخصوص ظاهری خاک بعد از اولین آبیاری با توجه به نوع عملیات خاک ورزی

جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)					تیمارهای خاک ورزی	ردیف
۴۰-۵۰ (cm)	۳۰-۴۰ (cm)	۲۰-۳۰ (cm)	۱۰-۲۰ (cm)	۰-۱۰ (cm)		
۱/۶۸a	۱/۶۲a	۱/۵۶a	۱/۴۷a	۱/۳۷ a	S ₀	۱
۱/۵۷b	۱/۵۷b	۱/۵۲ab	۱/۴۴b	۱/۳۳ab	S ₁	۲
۱/۵۸b	۱/۵۴b	۱/۴۹b	۱/۴۱c	۱/۳۱b	S ₂	۳

در هرستون میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک می‌باشند، اختلاف معنی دار دارند (دانکن ۵٪ بجز جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های ۱۰-۲۰ و ۴۰-۵۰ سانتیمتر که دانکن ۱٪ است).

عمق نفوذ ریشه

نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاک ورزی تاثیر معنی داری در سطح یک درصد بر عمق نفوذ ریشه چغندر قند داشته است ولی دور آبیاری و اثرات متقابل آنها تاثیر معنی داری نداشته است.

نتایج آزمون دانکن در جدول ۲ نشان می‌دهد بیشترین عمق نفوذ ریشه چغندر قند در تیمارهای S₂I₁ و S₂I₂ بترتیب با مقادیر ۳۷/۴ و ۳۷/۲ سانتیمتر و کمترین آن در تیمار S₀I₃ و با مقدار ۲۸/۵ سانتیمتر می‌باشد. عمق نفوذ ریشه چغندر قند در تیمارهای زیرشکن زده شده بیشتر از گاواهن برگردان دار به تنهایی است و علت آن نیز شکست لایه سخت موجود در زیر عمق شخم مرسوم بوسیله گاواهن برگردان دار و انجام عملیات خاک ورزی در عمق پائین‌تر از عمق شخم مرسوم است. بطوریکه باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک شده و در نهایت باعث کاهش مقاومت به نفوذ ریشه می‌گردد. دیگر محققین نیز نظرات مشابهی داشته‌اند (۵، ۷ و ۸).

نفوذ پذیری آب در خاک

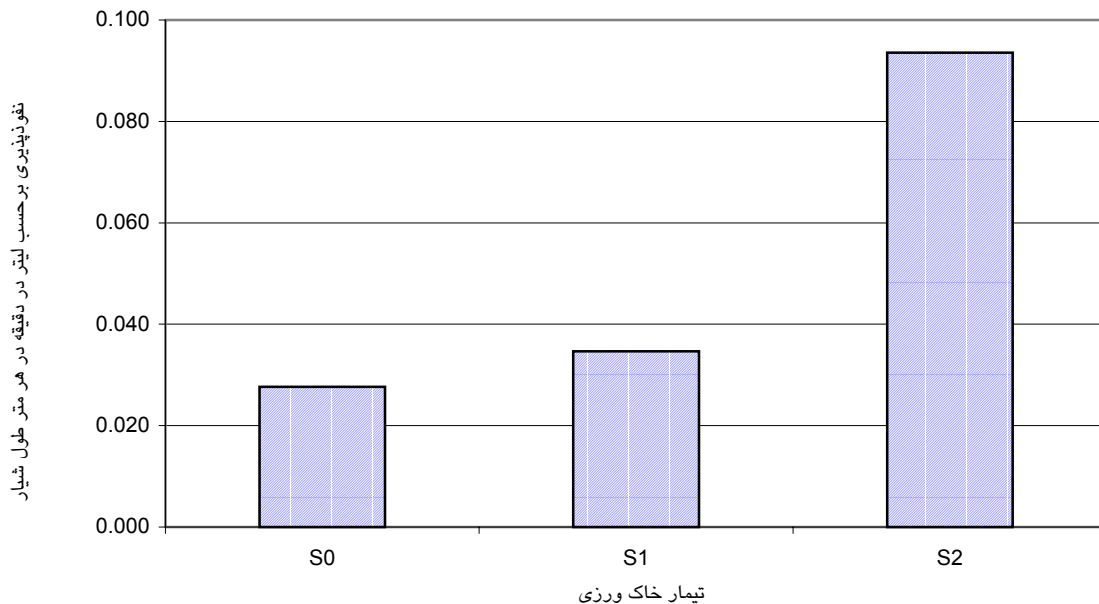
میانگین نفوذ پذیری آب در خاک در تیمارهای مختلف خاک ورزی در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث افزایش نفوذ پذیری آب در خاک نسبت به تیمار شاهد شده است. بیشترین نفوذ پذیری با میانگین ۰/۰۹۴ لیتر در دقیقه در هر متر طول شیار مربوط به تیمار زیرشکنی خاک

به عمق ۴۰-۴۵ سانتیمتر و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۰/۰۲۸ لیتر در دقیقه در هر متر طول شیار است. صلح جو و نیازی (۱۳۸۰) نشان دادند که با زیرشکنی خاک نفوذ پذیری آب در خاک افزایش یافته است (۴).

جدول ۲- مقایسه میانگین عمق نفوذ ریشه در تیمارهای مختلف

عمق نفوذ ریشه (cm)	تیمارها	ردیف
۳۰/۹Cd	S ₀ I ₁	۱
۳۰/۶۳Cd	S ₀ I ₂	۲
۲۸/۵D	S ₀ I ₃	۳
۳۳/۷bc	S ₁ I ₁	۴
۳۴/۳ab	S ₁ I ₂	۵
۳۰/۹cd	S ₁ I ₃	۶
۳۷/۴A	S ₂ I ₁	۷
۳۷/۲A	S ₂ I ₂	۸
۳۰/۶cd	S ₂ I ₃	۹

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک می‌باشند، اختلاف معنی دار دارند (دانکن ۵٪)



شکل ۲- نمودار تاثیر عملیات خاک ورزی بر نفوذپذیری آب در خاک

آب مصرفی

برای محاسبه آب مورد نیاز گیاه ابتدا تبخیر و تعرق گیاه مرجع توسط روش سپاسخواه - زند پارسا محاسبه شده و سپس با استفاده از ضرایب گیاهی و اعمال راندمان آبیاری ۶۰ درصد، آب مورد نیاز گیاه محاسبه و به تیمارها اعمال گردید. جدول ۳ بعضی از پارامترهای هواشناسی و مقدار آب مصرفی را برای ماههای مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۳ - اطلاعات ماهیانه درجه حرارت، متوسط درصد رطوبت نسبی و آب مصرفی چغندر قند

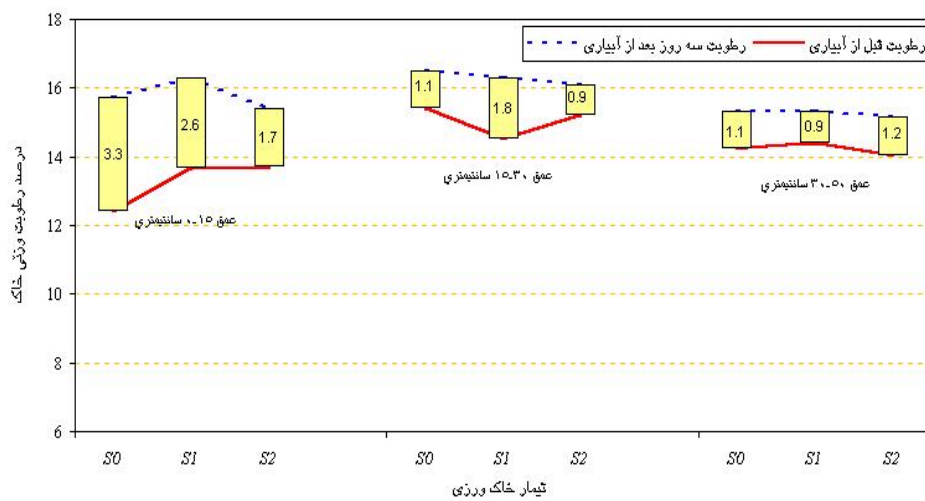
ماه	درجه حرارت ماهیانه (سانتیگراد)			متوسط درصد رطوبت نسبی	آب مصرفی چغندر قند (مترمکعب در هکتار)		
	حداقل	حداکثر	متوسط		I1	I2	I3
فروردین	۶/۲	۲۲/۲	۱۴/۲	۵۴	۸۵۰	۷۱۳	۸۹۷
اردیبهشت	۸/۸	۲۷/۰	۱۷/۹	۴۴	۱۵۹۱	۱۴۶۴	۱۷۰۵
خرداد	۱۳/۷	۳۳/۷	۲۳/۷	۲۸	۲۴۷۷	۲۹۳۱	۲۱۰۰
تیر	۱۸/۶	۳۸/۵	۲۸/۶	۲۲	۲۲۰۸	۲۰۰۲	۲۱۵۷
مرداد	۱۹/۰	۳۷/۸	۲۸/۴	۲۸	۲۵۰۱	۱۹۹۹	۲۱۵۵
شهریور	۱۵/۱	۳۵/۲	۲۵/۲	۲۴	۱۰۴۵	۱۵۴۸	۱۱۷۶
مهر	۹/۸	۲۹/۸	۱۹/۸	۲۹	۱۰۶۷۲	۱۰۶۵۶	۱۰۱۹۰

تغییرات رطوبت در پروفیل خاک در تیمارهای مختلف

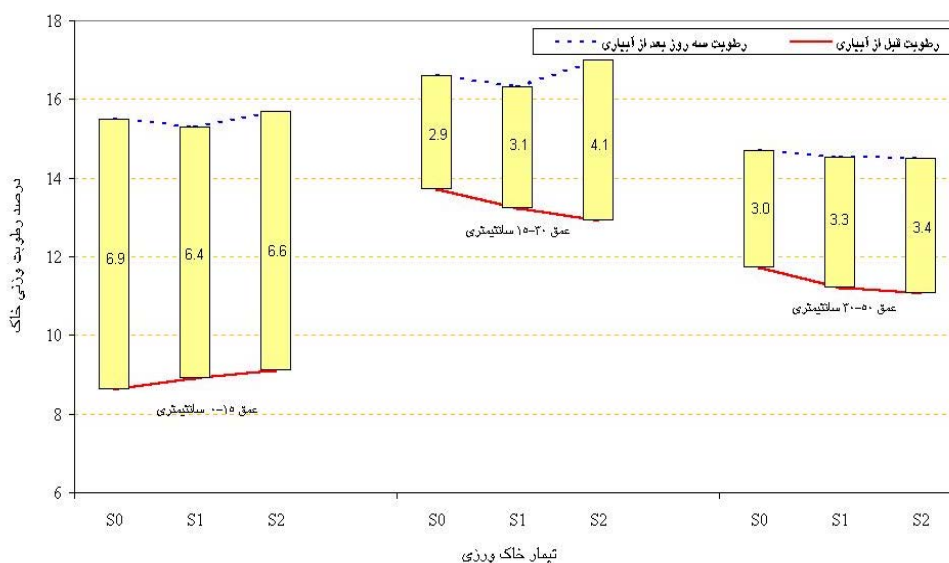
نتایج اندازه گیری متوسط رطوبت خاک در اعماق مختلف در طول فصل رشد نشان می‌دهد در تیمار دور آبیاری ۷ روزه که گیاه چغندر قند با تنش رطوبتی کمتر مواجه بوده و آب مدام بسهولت در دسترس گیاه قرار داشته، برداشت رطوبت از اعماق پایین تر کمتر صورت گرفته که علت آن وجود سخت لایه و همچنین دسترسی راحت گیاه به آب است و ریشه‌ها بیشتر سطحی می‌باشند (شکل ۳).

در تیمار دور آبیاری ۱۰ روزه گیاه با تنش آبی بصورت خفیف روبرو می‌باشد و لذا مجبور به جبران رطوبت از اعماق پایین تر می‌باشد. بنابر این عمق ریشه‌ها را افزایش می‌دهد تا به رطوبت ذخیره شده در این اعماق دسترسی داشته باشد. در تیمار دور آبیاری ۱۴ روزه که تنش آبی بیشتر از تنش در دو حالت قبل می‌باشد این موضوع بوضوح قابل لمس می‌باشد. همچنین در تیمارهایی که از زیرشکن استفاده شده با توجه به اینکه مقاومت در برابر نفوذ ریشه کمتر می‌باشد. لذا ریشه بسهولت به نفوذ خود ادامه می‌دهد و تراکم ریشه در این قسمت بیشتر از حالت بدون انجام عملیات زیرشکن می‌باشد. دلیل این ادعا برداشت بیشتر رطوبت در تیمارهای S1 و S2 در عمق ۳۰-۱۵ و ۵۰-۳۰ سانتیمتری پروفیل خاک می‌باشد. در تیمار دور ۱۰ روز رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری در عمق ۳۰-۵۰ سانتیمتری خاک به حدود ۱۱ درصد و در

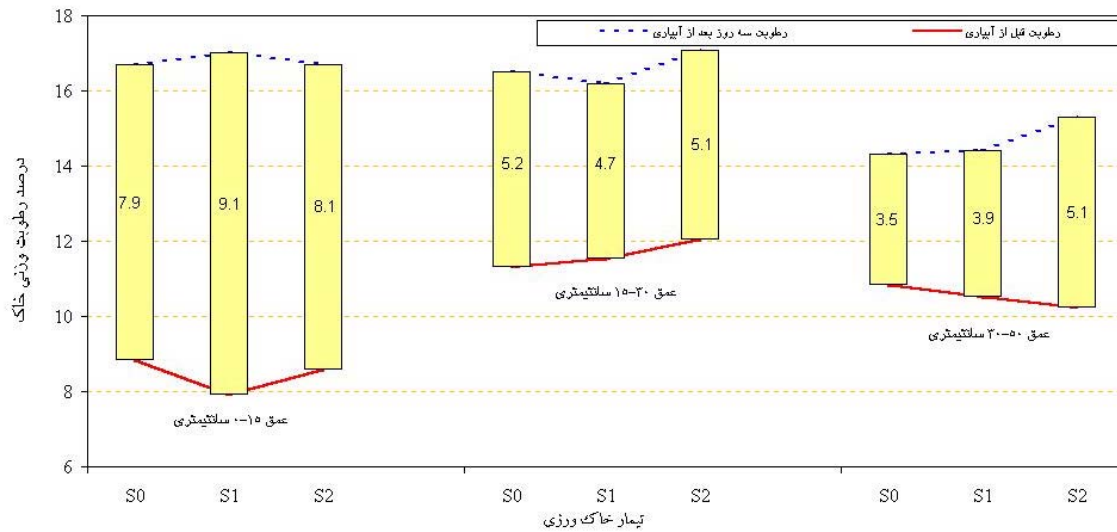
تیمار دور ۱۴ روز رطوبت قبل از آبیاری در همین عمق به حدود ۱۰ تا ۱۱ درصد می‌رسد. از طرف دیگر زیرشکن زدن باعث افزایش خلل و فرج خاک و نفوذپذیری آب می‌گردد (شکل ۲). بنابر این رطوبت بسهولت به لایه‌های زیرین پروفیل خاک در ناحیه ریشه نفوذ کرده و در نهایت مقدار ذخیره رطوبتی قابل استفاده گیاه را افزایش می‌دهد، و جذب آب درحجم بیشتری از خاک انجام می‌گیرد. لذا گیاه کمتر تحت تاثیر تنش قرار گرفته و در نهایت تولید محصول نسبت به حالت عدم استفاده از زیرشکنی خاک (شاهد) افزایش می‌یابد (شکل‌های ۴،۵). محققین دیگر نیز نشان داده اند که انجام عملیات زیر شکن در خاک‌های متراکم باعث افزایش ذخیره رطوبتی در پروفیل خاک خاک گردیده است و همچنین ریشه نیز در عمق بیشتری نفوذ می‌کند و از حجم رطوبت بیشتری استفاده خواهد کرد (۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۱۴).



شکل ۳-مقایسه رطوبت خاک در اعماق مختلف قبل از آبیاری و سه روز بعد از آبیاری در تیمار آبیاری دور ۷ روزه



شکل ۴-مقایسه رطوبت خاک در اعماق مختلف قبل از آبیاری و سه روز بعد از آبیاری در تیمار آبیاری دور ۱۰ روزه



شکل ۵- مقایسه رطوبت خاک در اعماق مختلف قبل از آبیاری و سه روز بعد از آبیاری در تیمار آبیاری دور ۱۴ روزه

عملکرد ریشه چغندر

نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاک‌ورزی و دور آبیاری تاثیر معنی داری در سطح یک درصد بر عملکرد چغندر قند داشته ولی اثرات متقابل آنها معنی دار نشده است. بیشترین عملکرد چغندر قند در عملیات خاک‌ورزی در تیمارهای S_2I_1 و S_1I_1 بترتیب با مقادیر $37/4$ و $34/8$ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار S_0I_1 با مقدار $30/6$ تن در هکتار می‌باشد. بیشترین عملکرد چغندر قند در دوره‌های آبیاری، در تیمار دور آبیاری ۷ روزه (بار I_1) با مقدار $37/1$ تن در هکتار و کمترین آن با مقدار $30/3$ تن در هکتار مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۴ روزه یک بار (I_3) می‌باشد. بیشترین عملکرد چغندر قند با مقدار $39/7$ تن در هکتار مربوط به تیمار S_2I_1 و کمترین آن با مقدار $25/3$ تن در هکتار مربوط به تیمار S_0I_3 می‌باشد (جدول ۴).

عملکرد چغندر قند در تیمارهای زیر شکن زده شده بیشتر از گاواهن برگردان دار به تنهایی است و علت آن نیز شکستن لایه سخت موجود در زیر عمق شخم مرسوم و انجام عملیات خاک‌ورزی در عمق پائین تر از عمق شخم مرسوم است. بطوریکه باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک و افزایش عمق نفوذ ریشه و جذب آب و مواد غذایی در حجم بیشتری از پروفیل خاک شده و در نهایت، گیاه کمتر تحت تاثیر تنش قرار گرفته و عملکرد محصول افزایش می‌یابد. دیگر محققین نیز نظرات مشابهی داشته اند (۸، ۵ و ۱۳). عملکرد چغندر قند در زیر شکنی خاک در عمق ۴۵-۴۰ سانتیمتر + گاواهن برگردان دار با دور آبیاری ۱۴ روزه یک بار (S_2I_3)، برابر با تیمار گاواهن برگردان دار به تنهایی و دور آبیاری ۷ روزه یک بار

(S₀I₁) شده است. لذا بنظر می‌رسد که با انجام عملیات زیرشکن می‌توان دورآبیاری را افزایش و گیاه را در مقابل تنش آبی مقاوم‌تر کرد (۱۰).

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد ریشه چغندر قند در تیمارهای مختلف

ردیف	تیمارها	عملکرد چغندر قند (kg/ha)
۱	S ₀ I ₁	۳۴۲۵۹bc
۲	S ₀ I ₂	۳۲۱۲۹c
۳	S ₀ I ₃	۲۵۳۳۳d
۴	S ₁ I ₁	۳۷۳۷۰ab
۵	S ₁ I ₂	۳۵۷۵۹abc
۶	S ₁ I ₃	۳۱۳۸۸c
۷	S ₂ I ₁	۳۹۷۴۰a
۸	S ₂ I ₂	۳۸۰۰۷ab
۹	S ₂ I ₃	۳۴۲۹۹bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک می‌باشند، اختلاف معنی دار دارند (دانکن ۵٪)

نتیجه گیری

با توجه باینکه زیرشکنی خاک باعث شکسته شدن سخت لایه زیر عمق شخم مرسوم می‌گردد. بطوریکه جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک کاهش و عمق نفوذ ریشه چغندر قند و نفوذ پذیری آب و مواد غذایی در خاک افزایش می‌یابد. همچنین زیرشکنی خاک باعث گردیده نخیره رطوبتی خاک که قابل استفاده برای گیاه می‌باشد افزایش یابد، اینکار از طریق افزایش عمق ریشه در ناحیه زیر شکن خورده پروفیل خاک امکان پذیر شده است. لذا گیاه کمتر تحت تاثیر تنش‌های رطوبتی قرار می‌گیرد و عملکرد چغندر قند در اثر کاربرد زیرشکن افزایش یافته است همچنین می‌توان دورآبیاری را نیز افزایش داد. بنابراین بنظر می‌رسد که تیمارهای زیرشکنی خاک با دوره‌های آبیاری ۷ و ۱۰ روز (S₂I₂, S₂I₁, S₁I₁) جهت تولید چغندر قند مناسب باشند.

فهرست منابع

- ۱- آساد، م. ت.، م. خردنام، ع. ا. کامکار حقیقی، ن. ع. کریمیان و ک. فارسی نژاد. ۱۳۷۹. برهمکنش چغندر قند به سطوح نیتروژن و آبیاری و زمان کاربرد نیتروژن. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳: ۴۴۳-۴۲۷.

- ۲- جهاد اکبر، م. ر.، ح. ر. ابراهیمیان، ش. حاج رسولیها و س. ی. صادقیان. ۱۳۷۸. تاثیر کم آبیاری در ابتدای فصل رشد بر شاخص‌های رشد چغندر قند. چغندر قند، ۱۵: ۳۷-۵۵.
- ۳- زندپارسا، ش. و ع. سپاسخواه. ۱۳۷۵. تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع براساس برخی از عوامل قابل اندازه گیری در ایستگاههای هواشناسی در ایران. ششمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، ۳۰-۱۸.
- ۴- صلح جو، ع. ا. و م. لغوی. ۱۳۷۹. رطوبت مناسب خاک جهت اندازه گیری شاخص مخروط، توسط دستگاه نفوذسنج مخروطی. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۱۷: ۴۳-۵۰.
- ۵- عزیزی آق قلعه، ب. ۱۳۸۰. اثر اختلاط سه نوع ماده آلی با خاک بر حداکثر چگالی ویژه ظاهری خشک و گنجایش رطوبت بحرانی خاک در طول فشرده‌گی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۳: ۴۹-۶۳.
- ۶- مصدوقی، م. ر.، م. ع. حاج عباسی، ع. همت و م. افیونی. ۱۳۷۸. اثر رطوبت خاک و کود دامی بر تراکم پذیری خاک مزرعه لورک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴: ۲۷-۳۹.
- 7- ASAE. 1995 . Soil cone penetrometer. ASAE standard S313.2. Agricultural Engineering Year Book, P. 683.
- 8- Black, G. R., W. W. Nelson and R. R. Allmaras. 1976. Persistence of subsoil compaction in a mollisol. Soil. Sci. Soc. Am. J. 40: 943-948.
- 9- Cassel, D. K. and E. C. Edwards. 1985. Effects of subsoiling and irrigation on corn production. Soil Sci. Soc. Am. J. 49(4): 996-1001.
- 10- Ngunjiri, G. M. N. and J. C. Siemens. 1995. Wheel traffic effects on corn growth. Transactions of the ASAE. 38(3): 691-699.
- 11- Smith, M. 1993. Cropwat. A computer program for irrigation planning and management. F. A. O. Irrigation and Drainage. Paper No. 46. Rome, Italy.
- 12- Soane, B. D. and C. Van Quwerkerk. 1994. Soil compaction in crop production. Elsevier, P. 662.
- 13- Twomlow, S. J., R. J. Parkinson and I. Reid . 1994 . Temporal changes in soil physical conditions after deep loosening of a silty loam in SW England. Soil and Tillage Res. 31: 37-47.
- 14- Unger, P. W. and T. C. Kaspar. 1994. Soil compaction and root growth: a review. Agron. J. 86: 759-766.
- 15- Winter, S. R. 1983. Efficient deep tillage for sugarbeet on pullman clay loam. J. of the A. S. S. B. T. 22(1): 29-33.