

تأثیر زیرشکنی و مقادیر مختلف آب آبیاری بر عملکرد چغندر قند و گندم در تناوب با یکدیگر

The effects of sub-soiling and different levels of irrigation on sugar beet and wheat yield in rotation

حسین محمدی مزرعه^۱ و امیر نوری^۱

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۴/۲۴

ح. محمدی مزرعه و ا. نوری. ۱۳۸۸. تأثیر زیرشکنی و مقادیر مختلف آب آبیاری بر عملکرد چغندر قند و گندم در تناوب با یکدیگر. مجله چغندر قند ۲۵(۱): ۵۱-۳۹.

چکیده

در این تحقیق، تأثیر زیرشکنی خاک مزرعه به عمق ۴۵ سانتی‌متر و آبیاری با سه تیمار ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیازی آبی در تناوب گندم و چغندر قند، در آزمایش کرت‌های نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب، آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی، صفت عملکرد گندم و چغندر قند طی سه سال (۸۱-۱۳۷۹) مورد ارزیابی قرار گرفت و از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که زیرشکنی خاک پس از گذشت سه سال روی عملکرد گندم و چغندر قند اثر معنی‌دار ندارد، ولی تأثیر زیرشکنی بر عملکرد گندم سال اول و عملکرد چغندر قند در سال‌های اول و دوم معنی‌دار بود. یعنی تأثیر زیرشکنی در زراعت گندم تا یک سال و در چغندر قند تا دو سال مؤثر است. زیرشکنی سال اول، دوم و سوم به ترتیب دارای بیش‌ترین تأثیر در افزایش عملکرد گندم و چغندر قند بود. تأثیر میزان آب آبیاری روی عملکرد گندم و چغندر قند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد با ۴/۶ تن در هکتار بیش‌ترین و تیمار آبیاری ۶۰ درصد با ۳/۵ تن در هکتار کم‌ترین عملکرد گندم را تولید کرد. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد چغندر قند با ۶۰ و ۴۸/۱ تن در هکتار به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۶۰ درصد تأمین آب بود. به‌طور کلی، زیرشکنی خاک باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب شد و امکان اعمال کم‌آبیاری بدون کاهش عملکرد را فراهم کرد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، چغندر قند، زیرشکنی، کم‌آبیاری، گندم، میان‌دوآب

۱ - مربیان پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

* - نویسنده مسئول

مقدمه

تراکم خاک به مفهوم تحکیم مجدد خاک‌دانه‌ها و ذرات خاک است به گونه‌ای که موجب افزایش مقاومت خاک، جرم مخصوص ظاهری و کاهش تخلخل شود (Warkentin 1984). کاهش منافذ بین خاک‌دانه‌ها تأثیر زیادی در کاهش نفوذپذیری و زهکشی خاک و تبادل گازها دارد. افزایش مقاومت مکانیکی در نفوذ ریشه، فعالیت‌های بیولوژیکی در خاک و بروز بیماری‌های ریشه گیاه مؤثر است. دو عامل اصلی ایجاد تراکم خاک شامل الف) نیروهای مکانیکی ناشی از تردد ماشین‌ها و دام، که این نیروها در مقاطع زمانی کوتاه اثر می‌کنند و ب) تراکم طبیعی خاک‌ها (Allmaras et al. 1988) است.

تأثیر تراکم خاک با بافت لومی‌شنی بر توزیع ریشه محصولات جو، لوبیا و چغندر قند در پروفیل خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تراکم خاک باعث کاهش نفوذ ریشه در پروفیل خاک می‌شود. به طوری که بیش‌ترین کاهش نفوذ ریشه در چغندر قند و کم‌ترین آن در جو بود (Wood 1988). تعداد ریشه‌های پنبه که در لایه‌های فشرده خاک‌های مختلف نفوذ کرده بودند، اندازه‌گیری و مشخص شد که وقتی مقاومت نفوذی خاک به دو مگاپاسکال (MPa) می‌رسد، ریشه‌های نفوذ یافته به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابند. در حقیقت، خاکی که بیش‌تر از دو مگاپاسکال فشرده شده باشد، هیچ ریشه‌ای قادر به رشد در آن نخواهد بود (Taylor et al. 1966). تراکم ناشی

از ۱۵ مرتبه عبور تراکتور حداکثر عمق نفوذ ریشه ذرت سیلویی را تا نصف و عمق ناحیه تمرکز ریشه آن را حدود یک‌سوم کاهش داد. این تغییرات به همراه تغییرات رطوبت خاک باعث کاهش قابل‌توجه عملکرد ذرت سیلویی شد (Johnson et al. 1986). در موقع استفاده از زیرشکن باید بر دو نکته اساسی توجه شود: زیرشکن زمانی استفاده شود که خاک به اندازه کافی برای زیرشکنی خشک باشد و عمق زیرشکنی از لایه فشرده شده اندکی بیش‌تر باشد (Schulder and Wood 1992).

کم‌آبیاری - شامل کاهش محصول در واحد سطح و در عین حال، افزایش آن با گسترش سطح است - یک راه‌کار بهینه برای تولید محصولات تحت شرایط کمبود آب است (سپاسخواه و همکاران ۱۳۸۵; English and Raja 1996). در کم‌آبیاری به‌طور آگاهانه به گیاه اجازه داده می‌شود با دریافت آب کم‌تر، محصول خود را کاهش دهد (English and Raja, 1996). اگرچه نتیجه مستقیم کم‌آبیاری، کاهش عملکرد در واحد سطح است ولی از مزایای آن می‌توان به کاهش هزینه‌های تولید و هزینه‌های مربوط به استحصال، انتقال و توزیع آب، کاهش هزینه‌های انرژی، نیروی کارگری، سموم، کودهای شیمیایی، بهبود وضعیت زراعی و راندمان کاربرد آب اشاره کرد (توکلی و فرداد ۱۳۷۵; سپاسخواه و همکاران ۱۳۸۵). موفقیت کم‌آبیاری در مورد گیاهانی نظیر چغندر قند، گندم، پنبه و غیره در نقاط مختلف جهان به اثبات

رسیده است. این گیاهان عموماً به تنش آب نسبتاً مقاوم هستند و یا با ریشه‌دوانی عمیق و استفاده از رطوبت خاک در اعماق پایین با تنش آبی مقابله می‌کنند (English et al. 1990). چغندرقد به علت دوره رویشی طولانی، بدون مرحله حساس گلدهی و دارا بودن سیستم ریشه‌ای عمیق و توانایی تنظیم اسمزی بیش‌تر، متحمل به شرایط خشکی و شوری خاک است (Dunham 1993). تحقیقات میلرو آرسج (Miller and Aursaj 1976) نشان می‌دهد چغندرقد قادر است تحت شرایط کم‌آبایی به‌طور رضایت‌بخش به رشد خود ادامه دهد.

نتایج کم‌آبایی چغندرقد نشان داد که کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب در زراعت چغندرقد عملکرد محصول را فقط ۱۳/۸ درصد کاهش می‌دهد (توکلی ۱۳۷۵). تحقیقات نورجو و همکاران (۱۳۸۱) در خصوص کم‌آبایی چغندرقد در منطقه میان‌دوآب نشان داد که سطوح مختلف آبیاری روی عملکرد ریشه و شکر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی بر خصوصیات کیفی ریشه تأثیر معنی‌دار نداشت. همچنین اعمال ۲۵ و ۵۰ درصد کم‌آبایی به ترتیب موجب حصول ۸۶/۷ و ۶۶/۶ درصد عملکرد ریشه در تیمار آبیاری کامل شد. آنان اعمال ۲۵ درصد کم‌آبایی در دور ۱۰ روز آبیاری را برای افزایش کارایی مصرف آب در زراعت چغندرقد منطقه میان‌دوآب توصیه کردند.

در یک پژوهش معلوم شد که عملکرد گندم در تیمار زیرشکنی به عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر و گاوآهن

برگردان‌دار، ۶۳۶۰ کیلوگرم، تیمار زیرشکنی به عمق ۴۵-۴۰ سانتی‌متر و گاوآهن برگردان‌دار، ۶۳۱۲ کیلوگرم و تیمار گاوآهن برگردان‌دار بدون زیرشکنی ۶۱۲۶ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که درصد افزایش تولید گندم در اثر کاربرد زیرشکن با گاوآهن برگردان‌دار نسبت به گاوآهن برگردان‌دار بدون زیرشکن در حدود ۳/۸ درصد (از نظر آماری معنی‌دار نبود) است (صلح‌جو و نیازی ۱۳۸۰). دیگر محققین (به نقل از صلح‌جو و نیازی ۱۳۸۰) نیز درصد افزایش تولید در اثر کاربرد زیرشکن را در حدود ۲ تا ۶/۹ درصد گزارش داده‌اند. اجرای عملیات زیرشکنی باعث افزایش نسبی میزان تولید گندم نسبت به انجام عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار و بدون استفاده از زیرشکن می‌شود (هر چند که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشته باشد). علت اثرات مثبت زیرشکن در عملکرد گندم را می‌توان به بهبود شرایط فیزیکی خاک مانند کاهش وزن مخصوص ظاهری، شاخص مخروطی خاک و افزایش میزان نفوذ آب در خاک دانست که شرایط را جهت رشد بهتر گیاه ایجاد می‌کند. با توجه به این‌که اجرای عملیات زیرشکنی در هر سه تا پنج سال یک‌بار انجام می‌شود، لذا از لحاظ اقتصادی با توجه به افزایش ۳/۸ درصدی گندم نه تنها هزینه عملیات زیرشکنی در سال اول تأمین می‌شود بلکه باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک طی سه تا پنج سال بعد نیز می‌شود (صلح‌جو و نیازی ۱۳۸۰). براساس گزارش انصاری و آسودار (۱۳۸۶) نیز زیرشکنی بر

مکانیکی خاک در عمق ۲۰ تا ۳۵ سانتی متری کرت‌های زیرشکنی شده را ۱۹ تا ۳۳ درصد اعلام کردند. در تحقیقات آن‌ها در کرت‌های زیرشکنی شده طول ریشه به ازای واحد وزن و در عمق یکسان ۵۴ درصد بلندتر بود و متوسط عملکرد دانه و ساقه گندم به ترتیب ۴۸ و ۲۸ درصد افزایش یافت.

توسعه مکانیزاسیون کشاورزی با افزایش تردد ماشین‌های کشاورزی منجر به تراکم خاک شده است. عوامل زیادی در تراکم شدن خاک توسط ماشین‌های کشاورزی دخالت دارند که می‌توان به وضعیت رطوبتی خاک در حین عملیات خاک‌ورزی، نوع خاک و دفعات عبور ماشین‌های کشاورزی اشاره کرد (Daniel et al. 1988). شاخص‌هایی نظیر افزایش مقاومت خاک به فروپذیری به میزان دو مگاپاسکال و نیز ایجاد محیطی که فضای خالی بین ذرات خاک کمتر از ۱۰ درصد باشد، مؤید شرایط نامناسب برای توسعه ریشه گیاه است (Gupta and Larson. 1982). تحقیقات حیدری سلطان‌آبادی و همکاران (۱۳۸۶) در رابطه با تأثیر زیرشکنی در برخی ویژگی‌های خاک نشان داد که سرعت نفوذ آب در زمین ساب‌سویلر خورده به صورت معنی‌داری تا ۱/۷ برابر افزایش می‌یابد ولی تأثیری بر وزن مخصوص ظاهری خاک ندارد.

در این تحقیق تأثیر زیرشکنی و آبیاری به‌طور توأم بر عملکرد چغندر قند و گندم مورد بررسی قرار گرفته است.

عملکرد دانه گندم تأثیر معنی‌دار ندارد ولی موجب بهبود عملکرد در مقایسه با تیمار بدون زیرشکن می‌شود. به طوری که عملکرد دانه در زیرشکن در عمق ۵۰ سانتی متر ۴/۷ درصد نسبت به تیمار بدون زیرشکن افزایش می‌یابد. در تحقیق دیگری اسکندری و همت (۱۳۸۲) نشان دادند که رطوبت خاک و عملکرد محصول گندم به ترتیب معادل ۱۵ و ۲۱ درصد بیش‌تر نسبت به شرایط بدون عملیات زیرشکنی افزایش می‌یابد.

جانسون و اریکسون (Johnson and Erickson 1991) نشان دادند استفاده از زیرشکن در خاک لومی و رسی عملکرد چغندر قند را به ترتیب معادل ۱۰/۷ و ۷/۶ تن در هکتار افزایش می‌دهد. هم‌چنین حذف تردد تراکتور قبل از کاشت در زمین‌های رسی، به‌طور متوسط عملکرد ریشه چغندر قند را ۸/۳ تن در هکتار افزایش می‌دهد. عملکرد شکر قابل‌استحصال متأثر از عملکرد ریشه است و خاک‌ورزی در میزان شکر قابل‌استحصال تأثیر معنی‌داری نداشت. دهقانیان و صلح‌جو (۱۳۸۴) افزایش ۲۰ درصدی عملکرد ریشه چغندر قند را در تیمارهای زیرشکنی اعلام کردند. اسپیل و کراکستون (Oussible and Crookston 1987) نیز نشان دادند استفاده از زیرشکن تک‌شاخه به فاصله‌های ۴۰ سانتی متر و به عمق ۷۰ سانتی متر باعث کاهش وزن مخصوص خاک به میزان ۱۱ درصد، افزایش کل خلل و فرج خاک به میزان ۱۷ درصد و خلل و فرج درشت ۵۰ درصد شد. آن‌ها کاهش مقاومت

مواد و روش‌ها

به منظور اجرای تحقیق، قطعه زمینی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب با مشخصات جغرافیایی ۹۰' و ۴۶° طول شرقی و ۵۸' و ۳۶° عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۷۱ متر از سطح دریا و با رژیم رطوبتی زیریک (خشک و نیمه‌خشک) و رژیم حرارتی

نریک با متوسط نزولات جوی ۳۰۰ میلی‌متر در سال در خاکی با بافت سیلتی لومی (رسوبات رودخانه‌ای) انتخاب و آزمایش به مدت سه سال (۸۱-۱۳۷۹) اجرا شد. برخی مشخصات خاک محل اجرای طرح در زمان انجام زیرشکنی در جدول یک آورده شده است.

جدول ۱ نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از اجرای طرح

درصد اشباع	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	مواد خنثی‌شونده (درصد)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)
۴۵	۰/۸۵	۸/۲۳	۵/۴	۰/۹۱	۱۶/۵	۳۹۰	۱۹	۵۸	۲۳

آزمایش به صورت کرت‌های نواری با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور زیرشکنی و آبیاری روی دو محصول گندم و چغندر قند در سه تکرار اجرا شد. تیمار زیرشکنی (فاکتور افقی) با دو سطح زیرشکنی به عمق ۴۵ سانتی‌متر و بدون زیرشکنی و تیمار آبیاری (فاکتور عمودی) در سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به اجرا درآمد. در سال اول برای هر دو محصول گندم و چغندر قند قطعه‌ای به ابعاد ۴۰×۷۵ متر اختصاص داده شد (برای هر محصول ۷۵ × ۲۰ متر). ابعاد هر کرت ۱۰ × ۶ متر، ابعاد هر بلوک ۲۰ × ۲۰ متر و فاصله بین بلوک‌ها چهار متر بود. در سال دوم ضمن حفظ قطعه سال اول، قطعه سال دوم نیز دقیقاً به همان اندازه سال اول ایجاد و در هر دو

قطعه سال اول و دوم تمام عملیات زراعی به‌طور یکنواخت انجام شد. در قطعه اول، محل کشت گندم و چغندر قند جابجا و تیمارهای آبیاری اعمال شد، ولی عملیات زیرشکنی صورت نگرفت. در قطعه دوم تیمارهای زیرشکنی و آبیاری اعمال شد. در سال سوم، قطعات آزمایش سال‌های قبل (اول و دوم) حفظ و قطعه سال سوم به همان اندازه آن‌ها ایجاد و در هر سه قطعه آزمایش تمام عملیات زراعی به‌طور یکنواخت انجام شد. با این توضیح که فقط در قطعه سوم عملیات زیرشکنی صورت گرفت و در قطعات اول و دوم زیرشکنی انجام نشد. لذا در سال سوم آزمایش، عمر زیرشکنی در قطعه اول سه سال، در قطعه دوم دو سال و در قطعه سوم یک سال بود. به بیان دیگر می‌توان

$$F_n = (F.C. - \theta) \times D \times G.S. \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$F_g = \frac{F_n}{E_a} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$V_g = F_g \times A \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن F_n ، عمق خالص آبیاری (متر)؛ F_g ، عمق ناخالص آبیاری (متر)؛ V_g ، حجم آب آبیاری (مترمکعب) برای یک کرت از تیمار آبیاری کامل (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی)؛ E_a ، راندمان آبیاری (۰/۷۵)؛ $F.C.$ ، ظرفیت زراعی مزرعه؛ D ، عمق توسعه ریشه (متر)؛ $G.S.$ ، وزن مخصوص ظاهری خاک؛ θ ، درصد رطوبت وزنی خاک؛ A ، مساحت کرت (مترمربع) بود. بدین ترتیب مقدار آب آبیاری برای تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل) در طول فصل رشد برای چغندر قند و گندم به ترتیب ۱۰۶۵۰ و ۳۲۷۰ متر مکعب در هکتار محاسبه و اعمال شد.

در پاییز کرت‌های مربوط به تیمار زیرشکنی در هر دو قطعه آزمایش گندم و چغندر قند، به عمق ۴۰-۴۵ سانتی‌متر زیرشکنی شدند. در زمان زیرشکنی رطوبت خاک در عمق‌های ۲۰-۴۵ و ۲۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین رطوبت در حین زیرشکنی ۱۶/۲۴ درصد بود. بعد از اعمال تیمارهای زیرشکنی، تمام قطعه آزمایش مربوط به گندم با تراکتور MF285 و گاواهن برگردان‌دار شخم و بعد از دیسک و لولر، زمین برای کاشت آماده شد. گندم رقم زرین به میزان ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار کاشته شد. مقدار محصول گندم در نیمه دوم تیر ماه از هر کرت به مساحت ۳۸/۲ مترمربع برداشت و توزین شد. فاصله زمانی بین

تیمارهای زیرشکنی قطعه سال اول، دوم و سوم را به ترتیب تیمارهای زیرشکنی سال سوم، دوم و اول نامید. عملکرد گندم و عملکرد ریشه چغندر قند مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

برای اعمال تیمارهای زیرشکنی از تراکتور CASE-1550 و زیرشکن ساخت قطعات آهنگری خراسان با ساقه C شکل، عرض کار ۱/۴ متر، سه شاخه خمیده، قاب V شکل و تیغه ساده و برای اعمال تیمار آبیاری از موتور پمپ دو اینچ بنزینی و سیستم لوله‌کشی با لوله پلی‌اتیلن استفاده شد. برای اعمال تیمارهای آبیاری رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه در هریک از تیمارها قبل از آبیاری با روش وزنی مشخص شد. بدین منظور نمونه خاک قبل از آبیاری در قوطی‌های آلومینیومی دربار برداشت و توزین شد. سپس توسط آن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و مجدداً توزین و مقدار رطوبت خاک محاسبه (Gardner 1986) و مقدار آب لازم جهت جبران تخلیه رطوبت در عمق توسعه ریشه تا ظرفیت زراعی مزرعه برای تیمار آبیاری کامل (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) برآورد و مقدار آب آبیاری سایر تیمارها (تأمین ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) براساس ضرایب مربوطه محاسبه شد. راندمان آبیاری با توجه به نوع آبیاری و طول شیارها ۷۵ درصد در نظر گرفته شد. مقدار عمق خالص آب آبیاری، عمق ناخالص آب آبیاری و حجم آب آبیاری با استفاده از روابط یک تا سه محاسبه شد.

زیرشکنی خاک و خاک‌ورزی اولیه و ثانویه در کشت گندم حدود یک ماه بود. قطعاً زمین چغندرقد که به‌طور همزمان با قطعه زمین گندم در پاییز زیرشکنی شده بود، در آغاز اردیبهشت سال بعد با گاوآهن برگردان‌دار شخم و سپس دیسک و لولر زده شد. بذر چغندرقد رقم BR1 به میزان هشت کیلوگرم در هکتار با فواصل ردیف ۶۰ سانتی‌متر کشت شد. در طول فصل زراعی چغندرقد جمعاً ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در سه مرحله کاشت، ۸-۶ برگی و ۱۲-۱۰ برگی چغندرقد (در هر مرحله ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) داده شد. برای از بین بردن آگروتیس در یک نوبت با سم سویین طعمه‌پاشی شد. در چند بار نیز برای مبارزه با علف‌های هرز طی فصل رشد چندین بار مزرعه چغندرقد کولتیواتور زده شد و در آبان ماه محصول چغندرقد از هر کرت به مساحت ۱۰ مترمربع برداشت و توزین شد و داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب سال سوم هر سه قطعه آزمایش در جدول‌های دو تا پنج ارائه شده است.

عملکرد گندم

نتایج به دست آمده از تجزیه داده‌های حاصل از سه قطعه آزمایش مربوط به سال‌های مختلف نشان داد که تأثیر زمان زیرشکنی خاک (اثر زیرشکنی سال‌های اول، دوم و سوم) بر عملکرد گندم معنی‌دار

نیست (جدول ۲). به عبارتی میرایی اثر زیرشکنی خاک بر عملکرد گندم معنی‌دار نشد. تأثیر زیرشکنی خاک بر عملکرد گندم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و عملکرد گندم را ۱۲/۱ درصد نسبت به شرایط بدون زیرشکن افزایش داد (جدول ۳). عملکرد گندم در تیمارهای زیرشکن و بدون زیرشکنی خاک به ترتیب ۴/۵ و ۴/۰ تن در هکتار شد. این نتایج با گزارش‌های صلح‌جو و نیازی (۱۳۸۰) و انصاری و آسودار (۱۳۸۶) مطابقت دارد. تأثیر مثبت زیرشکنی در افزایش عملکرد را می‌توان در بهبود شرایط فیزیکی خاک مانند کاهش جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروط خاک و افزایش میزان نفوذ آب در خاک و ایجاد شرایط بهتر رشد ریشه دانست. دیگر محققین نیز اثرات مثبت زیرشکن بر عملکرد گندم را تأیید کرده‌اند (صلح‌جو و نیازی، ۱۳۸۰؛ Oussible and Crookston, 1987). تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). عملکرد گندم در تیمار آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد به ترتیب ۵، ۴/۳ و ۳/۵ تن در هکتار شد (جدول ۳). با کاهش میزان آب آبیاری از عملکرد محصول کاسته شد که با غالب نتایج سایر محققین بر روی تأثیر کم‌آبیاری در کاهش عملکرد محصول مطابقت دارد (توکل ۱۳۷۵؛ نوری و همکاران ۱۳۸۱؛ سپاسخواه و همکاران ۱۳۸۵). با اعمال ۲۰ و ۴۰ درصد کم‌آبیاری عملکرد گندم به ترتیب ۱۳/۵ و ۳۰ درصد کاهش یافت (جدول ۳). به عبارتی نرخ کاهش عملکرد کم‌تر از مصرف آب بود که جزو اهداف و مزایای کم‌آبیاری محسوب می‌شود و با نتایج سپاسخواه و همکاران (۱۳۸۵) و انگلیش و راجا (1996) مطابقت دارد.

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای مختلف بر عملکرد گندم و چغندر قند در سال سوم آزمایش

میانگین مربعات عملکرد		درجه آزادی	منابع تغییر
چغندر قند	گندم		
۵۸۷/۴۴۴	۰/۰۸۹	۲	زمان زیرشکنی (قطعات سال‌های مختلف)
۶۶۶/۷۰۱	۰/۱۸۳	۶	اشتباه
۱۳۸/۷۲۰	۳/۱۵۸*	۱	زیرشکنی
۲۸۶/۳۰۹*	۰/۱۶۲	۲	زمان زیرشکنی × زیرشکنی
۵۲/۰۷۳	۰/۲۳۶	۶	اشتباه
۱۱۴۱/۵۵۰**	۱۰/۰۲۵**	۲	آبیاری
۵۶/۵۶۲	۰/۲۵۹	۴	زمان زیرشکنی × آبیاری
۵۱/۲۰۵	۰/۱۵۰	۱۲	اشتباه
۵/۵۶۴	۰/۱۵۶	۲	زیرشکنی × آبیاری
۲۴/۸۲۰	۰/۰۹۱	۴	زمان زیرشکنی × زیرشکنی × آبیاری
۱۸/۱۳۸	۰/۱۹۵	۱۲	اشتباه

* و ** معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳ میانگین عملکرد سطوح فاکتورهای مختلف در گندم و چغندر قند

عملکرد (تن در هکتار)		تیمارها
چغندر قند*	گندم*	
۵۸/۵ A	۴/۳ A	قطعه سال سوم (سال اول زیرشکنی خاک)
۵۱/۱ A	۴/۳ A	قطعه سال دوم (سال دوم زیرشکنی خاک)
۴۷/۳ A	۴/۲ A	قطعه سال اول (سال سوم زیرشکنی خاک)
۵۲/۸ A	۴/۵ A	زیرشکنی
۵۰/۶ A	۴/۰ B	بدون زیرشکنی
۶۰/۰ A	۵/۰ A	آبیاری ۱۰۰ درصد
۵۲/۶ B	۴/۳ B	آبیاری ۸۰ درصد
۴۴/۱ C	۳/۵ C	آبیاری ۶۰ درصد

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف ندارند.

عملکرد چغندرقد

تأثیر زمان زیرشکنی بر عملکرد چغندرقد معنی‌دار نبود (جدول ۲). میزان عملکرد چغندرقد در سال اول، دوم و سوم زیرشکنی به ترتیب ۵۸/۵، ۵۱/۰ و ۴۷/۳ تن در هکتار شد. هرچند اثر زمان زیرشکنی معنی‌دار نبود، ولی عملکرد چغندرقد در قطعه سال سوم به ترتیب معادل ۱۹/۲ و ۱۲/۸ درصد بیش‌تر از قطعه سال اول و دوم بود (جدول ۳). به عبارتی، تأثیر زیرشکنی در سال‌های بعد کاهش می‌یابد که می‌تواند به علت ترافیک ادوات کشاورزی باشد (Allmaras et al. 1988) و بر همین اساس توصیه می‌شود هر سه تا پنج سال عملیات زیرشکنی تکرار شود (صلح‌جو و نیازی ۱۳۸۰). میرایی زیرشکن در چغندرقد در مقایسه با گندم بیش‌تر است. به طوری که در مورد گندم کاهش عملکرد در سال سوم بعد از زیرشکن (قطعه سال اول) ۲/۸ درصد شد. تأثیرپذیری ریشه چغندرقد از تراکم خاک نسبت به گندم را می‌توان عامل این اختلاف دانست. تحقیقات وود (1992) نیز نشان داد تأثیر تراکم خاک در کاهش نفوذ ریشه چغندرقد بیش‌تر از سایر محصولات است. تأثیر زیرشکنی بر عملکرد چغندرقد معنی‌دار نبود (جدول ۲). عملکرد چغندرقد در تیمار زیرشکنی و بدون زیرشکنی به ترتیب ۵۳/۸۴ و ۵۰/۶۴ تن در هکتار است (جدول ۳). در عین حال، عملکرد چغندرقد در تیمار زیرشکنی نسبت به تیمار بدون زیرشکنی بیش از شش درصد افزایش داشت که با تحقیقات جانسون و اریکسون

(1991) و دهقانیان و صلح‌جو (۱۳۸۴) مطابقت دارد. اثرات متقابل زمان زیرشکنی و زیرشکنی برای عملکرد چغندرقد معنی‌دار بود (جدول ۲). عملکرد چغندرقد در تیمار زیرشکنی و بدون زیرشکنی در سال اول به ترتیب ۶۱/۷ و ۵۵/۳ تن در هکتار بود (جدول ۴). نتایج سال اول نشان داد تأثیر زیرشکنی در این سال بر عملکرد چغندرقد معنی‌دار بود و میزان عملکرد محصول را بیش از ۱۱/۵ درصد افزایش داد. عملکرد چغندرقد در تیمار زیرشکنی سال دوم و بدون زیرشکنی به ترتیب ۵۱/۸ و ۴۲/۷ تن در هکتار است. اختلاف عملکرد چغندرقد بین دو تیمار زیرشکنی و بدون زیرشکنی در قطعه سال دوم نیز همانند قطعه سال اول معنی‌دار بود (جدول ۴). یعنی زیرشکنی خاک در دو سال پیش‌تر نیز همانند زیرشکنی سال اول بر عملکرد چغندرقد تأثیر معنی‌داری داشت. در شرایط زیرشکنی در دو سال قبل، افزایش عملکرد محصول ۱۲/۲ درصد بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که اختلاف عملکرد چغندرقد در تیمار سال سوم زیرشکنی و بدون زیرشکنی معنی‌دار نبود، ولی زیرشکنی عملکرد چغندرقد را بهبود بخشید. به عبارتی با گذشت سه سال از عملیات زیرشکنی (قطعه سال اول) علی‌رغم تأثیر مثبت زیرشکنی، تأثیر معنی‌دار آن از بین می‌رود.

مقدار آب آبیاری بر عملکرد چغندرقد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). عملکرد چغندرقد در تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد به ترتیب ۵۲/۶ و ۴۴/۱ تن در هکتار شد (جدول ۳). تحقیقات سایر محققین نیز کاهش عملکرد چغندرقد در اثر

می‌توان به عنوان یک راه‌کار مناسب در شرایط کمبود منابع آب (مناسب برای شرایط خشک و نیمه‌خشک ایران) در راستای استفاده بهینه از منابع آب و کاهش هزینه‌ها انتخاب کرد (توکلی و فرداد ۱۳۷۵؛ سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵؛ English and Raja, 1996).

اعمال کم‌آبیاری را تأیید می‌کند (توکلی ۱۳۷۵؛ نورجو و همکاران ۱۳۸۱؛ سپاسخواه و همکاران ۱۳۸۵). نرخ کاهش عملکرد چغندر قند در مقایسه با مصرف آب پایین بود، لذا می‌توان افزایش بهره‌وری مصرف آب در اعمال کم‌آبیاری در زراعت چغندر قند را انتظار داشت و

جدول ۴ تأثیر متقابل سال زیرشکنی با زیرشکنی یا عدم زیرشکنی بر عملکرد گندم و چغندر قند

عملکرد (تن در هکتار)		تیمارها
چغندر قند	گندم	
۶۱/۷ A	۴/۶ A	سال اول زیرشکنی خاک × زیرشکنی
۵۵/۳ B	۳/۹ A	قطعه سال سوم × بدون زیرشکنی
۵۱/ B	۴/۴ A	سال دوم زیرشکنی خاک × زیرشکنی
۴۲/۷ C	۴/۱ A	قطعه سال دوم × بدون زیرشکنی
۵۳/۹ B	۴/۴ A	سال سوم زیرشکنی خاک × زیرشکنی
۴۸/۰ BC	۳/۹ A	قطعه سال اول × بدون زیرشکنی

نتیجه‌گیری

عملیات زیرشکنی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گندم (۱۲ درصد) شد. لذا به منظور افزایش عملکرد گندم زیرشکنی خاک توصیه می‌شود. میرایی زیرشکنی در سه سال معنی‌دار نشد. لذا اثر مثبت زیرشکنی تا سه سال ماندگاری است و عملیات زیرشکنی می‌تواند در سال چهارم تکرار شود. گندم به تنش آبی حساس است و کم‌آبیاری موجب کاهش معنی‌دار عملکرد شد. لذا توصیه می‌شود در صورت عدم محدودیت منابع آب، با آبیاری کامل و بدون اعمال تنش آبی از کاهش عملکرد جلوگیری شود.

تأثیر متقابل زیرشکنی و آبیاری در بهره‌وری مصرف آب چغندر قند در جدول پنج آورده شده است. با اعمال کم‌آبیاری بهره‌وری مصرف آب افزایش یافت و زیرشکنی موجب بهبود بهره‌وری مصرف آب در کلیه سطوح مورد آزمایش آبیاری شد. پیش‌تر در تحقیقات نورجو (۱۳۸۷) در منطقه میاندوآب نیز بهبود بهره‌وری مصرف آب در زراعت چغندر قند با اعمال کم‌آبیاری گزارش شده بود.

جدول ۵ اثرات متقابل تیمارهای زیرشکنی و آبیاری در بهره وری مصرف آب چغندر قند

بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم به مترمکعب آب آبیاری)	عملکرد (تن در هکتار)	آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	
۵/۸	۶۱/۸۰	۱۰۶۵۰	زیرشکنی × آبیاری کامل
۶/۳	۵۴/۶۸	۸۷۲۰	زیرشکنی × آبیاری ۸۰ درصد
۶/۶	۴۵/۰۷	۶۷۹۰	زیرشکنی × آبیاری ۶۰ درصد
۵/۵	۵۸/۲۱	۱۰۶۵۰	بدون زیرشکنی × آبیاری کامل
۵/۸	۵۰/۶۱	۸۷۲۰	بدون زیرشکنی × آبیاری ۸۰ درصد
۶/۴	۴۳/۱۲	۶۷۹۰	بدون زیرشکنی × آبیاری ۶۰ درصد

کاهش عملکرد محصول می‌توان با انجام زیرشکنی میزان آب آبیاری را از ۱۰۰ به ۸۰ درصد کاهش داد و بهره‌وری را بهبود بخشید.

تشکر و قدردانی

از مدیریت مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به دلیل تأمین هزینه اجرای طرح تحقیقاتی تشکر و قدردانی می‌شود.

تأثیر زیرشکنی خاک در طول سه سال بر عملکرد چغندر قند معنی‌دار نبود ولی عملکرد چغندر قند را به میزان شش درصد افزایش داد. تاثیر زیرشکنی سال اول و دوم بر افزایش عملکرد چغندر قند معنی‌دار شد ولی سال سوم زیرشکنی بر عملکرد چغندر قند تأثیر معنی‌دار نداشت. یعنی در کشت چغندر قند زیرشکنی می‌تواند تا دو سال تأثیر معنی‌داری داشته باشد.

تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد چغندر قند معنی‌دار بود و با کاهش مقدار آب آبیاری عملکرد کاهش یافت. لذا به منظور کاهش تأثیر کم آبیاری در

References:

منابع مورد استفاده:

- اسکندری، ا. و همت، ع. ۱۳۸۲. اثر زیرشکنی بر حفظ و ذخیره رطوبت خاک و عملکرد محصول گندم. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۴. شماره ۱۴، ۱۸-۱.
- انصاری، م. ر. و آسودار، م. ا. ۱۳۸۶. اثرات زیرشکنی بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۱۰۳۸-۱۰۳۹.
- بی‌نام، ۱۳۸۰. آمار نامه کشاورزی ۷۹-۸۰. وزارت جهاد کشاورزی.

توکلی، ع. ر. ۱۳۷۵. بررسی اثر کم آبیاری روی محصول چغندر قند و تعیین تابع تولید. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.

توکلی، ع. ر. و فرداد، ح. ۱۳۷۵. بهینه سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندر قند در کرج. دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور.

حیدری سلطان آبادی، م. میرانزاده، م. و فتحی م. ۱۳۸۶. اثر زیرشکنی بر بعضی ویژگی های خاک در کبوترآباد اصفهان. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۱۰۸۹-۱۰۸۶.

دهقانیان، س. ا. و صلح جو، ع. ا. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر عملیات زیرشکن روی خصوصیات فیزیکی خاک و رطوبت قابل استفاده گیاه چغندر قند. مجموعه مقالات آبیاری مکانیزه سطحی. ۲۷۱-۲۸۲.

سپاسخواه، ع. ر. توکلی، ع. ر. و موسوی، س. ف. ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. نشریه شماره ۱۰۰. ۲۸۸ ص.

صلح جو، ع. ا. و نیازی، ج. ا. ۱۳۸۰. تأثیر زیرشکنی بر خصوصیات فیزیکی و عملکرد گندم آبی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. شماره ۷ جلد ۲، ص ۶۵-۷۸.

نورجو، ا. بقایی کیا، م. و جدایی ع. ر. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر کم آبیاری بر روی کمیت و کیفیت چغندر قند و ارزیابی اقتصادی آن. گزارش نهایی شماره ۸۱/۲۰۵. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی.

نورجو، ا. ۱۳۸۷. تأثیر کم آبیاری روی عملکرد و اجزاء عملکرد چغندر قند و بهره وری مصرف آب. مجله آبیاری و زهکشی. شماره ۱ سال ۲. ص ۳۱-۴۲.

Allmaras RR, Kraft M, Miler DE (1988) Effects of soil compaction and incorporated crop residue on root health. Ann. Rev. Photo Path. 26:219-243

Daniel HR, Jayvis J, Aylomore LAG (1988) Hardpan development in loamy sand and its effect upon soil conditions and crop growth. Tillage and traffic in crop production. Proceedings of the 11th International Soil Tillage Research Organization. Univ. Edinburgh, Scotland, 11-15 June 1988

Dunham, RM (1993) The Sugar Beet Crop: Science into Practice, Cooke DA, Scott RK (eds), Chapman & Hall.

English MJ, Musick JT, Murty VVN (1990) Deficit Irrigation, p. 631-663. In: Hoffman GJ et al. (eds.). Management of Farm Irrigation Systems. ASAE, St. Joseph, MI

- English M, Raja SN (1996) Perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 32: 1-14
- Gardner WH (1986) Water content. In: *Methods of soil analysis, part 1*. Klute A (ed). *Agronomy Monograph No.9.P.* 505-508
- Gupta SC, Larson WE (1982) Modeling soil mechanical behavior during tillage. In Unger PW and Van Doren Jr DM(eds.) *Predicting tillage effects on soil physical properties and processes*. ASA Spec. Pub. 44. ASA, Madison, WI. 151-178
- Johnson BS, Erickson AE (1991) Sugar beet response to sub-soiling and wheel traffic. *Agron. J.* 83:386-390
- Miller DE, Aursaj JS (1976) Yields and sugar content of sugar beet as affected by deficit high frequency irrigation. *Agronomy J.*, 68:231-234
- Oussible M, Crookston R (1987) Effect of sub-soiling and compacted clay loam soil on growth, yield and yield components of wheat. *Agronomy J.* 79:882-886
- Schulder RT, Wood RK (1992) Soil compaction in conservation tillage system and management. Ch. 9, 42-45. *Midwest Plan Service, Iowa, USA*
- Taylor H.M., Roberson GM, Parker JJ (1966) Soil strength-root penetration relation for medium to coarse-textured soil material. *Soil Sciences*, 102: 18-22
- Warkentin B (1984) Physical properties of forest-nursery soil: Relation to seedling growth. In Duryea ML, Landis TD (eds.) *Forest nursery manual: Production of bare root seedling*. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, Netherlands, 53-61
- Wood RJ (1988) The sensitivity of barley, field beans and sugar beet to soil compaction. *Dissertation-abstract International. B-S Sciences and Engineering* 49:2