تأثیر فشردگی خاک بر برخی صفات کمی و کیفی چغندرقند

Effect of soil compaction on some quantity and quality characters of sugar beet

حسن ابراهیمی کولائی[1]*، عباس نوروزی[1]، مهدی حسنی[1]، محمدرضا بختیاری[1]، عادل پدرام[2] و حمید نوشاد[3]

تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۴/۱

ح. ابراهیمی کولایی، ع. نوروزی، م. حسنی، م.ر. بختیاری، ع. پدرام و ح. نوشاد. ۱۳۸۹. تأثیر فشردگی خاک بر برخی صفات کمی و کیفی چغندرقند. **مجله چغندرقند ۲۶(۲): ۲۱۴- ۲۰۵**

چکیده

فشردگی خاک باعث کاهش رشد ریشه‌های موئین، کاهش تهویه خاک و در نتیجه پائین آمدن توان گیاه در جذب عناصر غذایی، آب و کاهش درصد کلروفیل چغندرقند شده، عملکرد و درصدقند را کاهش می‌دهد. برای بررسی اثر فشردگی خاک بر عملکرد و عیار چغندرقند، نفوذپذیری خاک ۴۰ کرت ۱۰۰ مترمربعی در ۴۰ مزرعه چغندرکاری در شهرستان‌های همدان، اسدآباد، ملایر و بهار با دستگاه نفوذسنج تا عمق ۸۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. از سطحی معادل ۱۴/۴ متر مربع از هر کرت، نمونه ریشه برداشت و برخی صفات مهم کمی و کیفی آن‌ها اندازه‌گیری و تحلیل گردید. نتایج برازش رابطه رگرسیونی چندگانه خطی عملکرد و عیارقند ریشه چغندرقند به عنوان متغیر وابسته با فشردگی خاک در عمق صفر تا هشتاد سانتی‌متر به عنوان متغیر مستقل نشان داد که فشردگی در لایه ۶۰-۴۱ سانتی‌متری عمق خاک (متوسط ۴/۲ مگاپاسکال)، عملکردریشه، محصول قند و محصول قند سفید را به شدت کاهش داد اما فشردگی در لایه ۴۰-۲۱ سانتی‌متر تأثیری در میزان این صفات نداشت و فشردگی در لایه ۲۰-۰ سانتی‌متر موجب افزایش این صفات نیز شد. در نتیجه، فشردگی بیشتر از چهار مگاپاسکال در عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری خاک موجب اُفت کمی و کیفی محصول چغندرقند خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: چغندرقند، دستگاه نفوذسنج، فشردگی خاک، ، عمق توسعه ریشه، عملکرد ریشه،

۱- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان * - نویسنده مسئول koulaee@Gmail.com
۲- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی
۳- مربی پژوهشی موسسه تحقیقات چغندرقند

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

فشردگی عامل تغییر ساختمان و افزایش وزن حجمی خاک است. در اثر کوبیده شدن، ذرات خاک به‌هم نزدیک‌تر شده و می‌چسبند، اندازه و پایداری دانه‌بندی کاهش یافته، اندازه خلل و فرج درشت خاک کم و در فشردگی شدید دانه‌بندی خاک شکسته شده و امتداد خلل و فرج قطع می‌شود (Gemtos et al. 2000). بنابر نظر گمتوز و همکاران (Gemtos et al. 2000)، خاک با بافت متوسط و فشردگی کم معمولاً برای رشد ریشه مناسب است اما انشعاب و تشکیل ریشه‌های موئین در آن‌ها کم خواهد بود، لذا فشردگی ملایم مفید است. اما فشردگی زیاد خاک رشد ریشه را کُند و از توانائی گیاه در جذب عناصر غذایی و آب می‌کاهد. فشردگی خاک در شرایط خشک باعث بروز تنش خشکی و در شرایط مرطوب باعث کاهش تهویه خاک، کاهش جذب عناصر غذایی، کاهش سوخت و ساز ریشه و در نهایت کاهش رشد گیاه و عملکرد می‌شود. هم چنین، نتیجه تحقیق جونگ و همکاران (Jung et al. 2001) در امریکا و اروپا نشان داد که در شرایط خشک و در خاک با وزن مخصوص خیلی کم، ابتدا با افزایش فشردگی عملکرد افزایش و در فشردگی مناسب به حداکثر رسید و پس از آن وقتی فشردگی خاک به‌طور خطی افزایش یافت عملکرد شروع به کاهش نمود ولی در شرایط مرطوب، عملکرد با افزایش فشردگی کاهش یافت. مینائی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش داده‌اند که وجود لایه‌های فشرده در خاک، رشد و نفوذ ریشه چغندرقند، تهویه خاک و حرکت آب در خاک را مشکل می‌سازد. هم‌چنین عنوان شده است که افزایش وزن حجمی خاک موجب کند شدن رشد ریشه، اندام‌هوایی، کاهش طول ریشه و ریشه‌های موئین چغندرقند می‌گردد. در خاک فشرده، عامل اصلی بازدارندگی رشد ریشه و اندام هوائی چغندرقند، مقاومت در مقابل نفوذپذیری است (Hoffmann and Jungk 1995). در گزارش زارادنیک و همکاران (Zahradnicek et al. 2001) آمده است که درصد کلروفیل و وزن ریشه به شدت با مقاومت نفوذپذیری خاک همبستگی منفی داشته و با افزایش فشردگی خاک، درصدقند و عملکرد شکرخالص چغندرقند کاهش یافت.

در گزارش جونگ و همکاران (2001) واکنش متفاوت محصولات زراعی به فشردگی خاک نشان داده شد. در مینسوتا عکس‌العمل محصولات مختلف از جمله ذرت، سویا، گندم، سیب‌زمینی و چغندرقند به فشردگی سطحی مطالعه شد. سویا، ذرت و گندم در شرایط خشک و خاک با فسفر کم در فشردگی ملایم افزایش عملکرد داشتند اما در شرایط مرطوب و یا فشردگی بالا عملکرد آن‌ها کاهش یافت. فشردگی خاک محدودکنندگی زیادی بر عملکرد سیب‌زمینی داشت. دلیل آن، الگوی رشد غده‌ها و ناحیه نسبتاً محدود ریشه سیب‌زمینی است. چغندرقند به فشردگی سطحی حساسیت کمتری نشان داد. اما در زمان جوانه‌زنی، فشردگی ملایم خاک استقرار نهایی بوته و

Archive of SID

www.SID.ir

در نهایت عملکردریشه چغندرقند را افزایش داد. بنابراین، اثر فشردگی سطحی بر رشد و عملکرد گیاه، به نوع محصول و شرایطِ محیطی که گیاه در آن رشد می‌کند، بستگی دارد. گمتوز و همکاران (2000) اعلام نمودند که فشردگی بالا رشد چغندرقند را کاهش داد. اینبردها نسبت به هیبریدها حساسیت بیشتری به فشردگی خاک داشتند، بین رقم‌های هیبرید اختلاف وجود داشت و رقمهای گرده‌افشان باز پلی‌ژرم نیز شبیه هم نبودند. در نتیجه، ژنوتیپ‌های مختلف واکنش یکسانی نسبت به فشردگی خاک ندارند.

عدم مصرف کودهای آلی ازجمله کمپوست، کود حیوانی، کود سبز و نداشتن تناوب زراعی مناسب و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی نظیر کودهای نیتروژنی، از عوامل تخریب ساختمان خاک، کاهش نفوذپذیری و افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک‌های زراعی هستند (جواهری و همکاران ۱۳۸۴). الاکوکو (Alakukku 1996b) در بررسی اثر بلند مدت تردد تراکتور سنگین بر ساختمان خاک گزارش کرد که در اثر عبور تراکتور سنگین همراه با تریلر در پاییز، خاک در عمق ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر فشرده شد. در سال‌های بعد، در اثر خاک‌ورزی و فرایندهای طبیعی در لایه شخم فشردگی کمتر شد در حالی که در لایه زیر سطحی، اثر فشردگی در همه آزمایش‌ها پس از نُه سال چشمگیر بود. هم‌چنین الاکوکو (Alakukku 1996a) در بررسی اثر کوتاه مدت عبور تراکتور سنگین بر مجموع تخلخل و توزیع اندازه منافذ دریافت که در اثر عبور تراکتور سنگین در خاک رسی، مجموع تخلخل و منافذ درشت در عمق۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر کاهش ولی در خاک آلی، در اثر بار سنگین منافذ درشت به منافذ ریز تبدیل و تعداد آن کاهش یافت ولی منافذ ریز افزایش یافت. هاکانسون و ریدر (Hakansson and Reeder 1994) تردد وسیله نقلیه با محورهای سنگین در خاک مرطوب را باعث فشردگی زیرسطحی عمیق دانستند. محورهای با بار بیش از ۱۰ تن موجب فشردگی در عمق ۵۰ سانتی‌متر و بیشتر شدند. فشردگی زیر سطحی خیلی پایدارند و در عمق بیش از ۴۰ سانتی‌متر پایداری بالقوه‌ای حتی در خاک‌های رسی مناطق با یخبندان سالانه دارند. فشردگی زیرسطحی عمیق باعث کاهش مداوم و همیشگی عملکرد محصولات زراعی می‌شود. مینائی و همکاران (۱۳۸۵) نیز گزارش داده‌اند که تردد مداوم ماشین‌ها و ادوات سنگین و استفاده پی در پی از ادوات خاک‌ورزی برگردان‌دار باعث فشردگی خاک خواهد شد و برای برطرف کردن معضل فشردگی خاک‌های سنگین، استفاده از خاک‌ورزهای عمیق مانند زیرشکن را توصیه کردند. ایشان یادآور شدند که گرچه کاربرد زیرشکن در شکستن سخت‌لایه و بهبود خواص فیزیکی خاک مفید است اما در بیشتر موارد، به‌دلیل عمق زیاد کار، به نیروی کششی بسیار زیادی نیاز است که در توان هر تراکتوری نیست. زیرشکنی خاک باعث کاهش شاخص مخروط و جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود (صلحجو و همکاران ۱۳۸۰؛ ۱۳۸۴؛ صلحجو و نیازی

Archive of SID

www.SID.ir

اردکانی ۱۳۸۰). حسین‌پور و لغوی (۱۳۷۷) نیز به تـأثیر نوع خاک‌ورز، رطوبت خاک و عمق خـاک بـر شـاخص مخروطی خاک اشاره نمودند.

هر کدام از حالات مختلف فشردگی رفتار متفاوتی دارند. سله، فشردگی سطحی و سخت لایه یا پاشنه شخم که از سطح خاک تا زیر عمق شخم به‌وجود می‌آیند قابل حذف و اصلاح هستند اما حذف یا اصلاح فشردگی زیرسطحی که در عمق پایین‌تر قرار دارد و غالباً در اثر فشار تماس تجهیزات سنگین با زمین به‌وجود می‌آید و به‌طور مداوم ساختمان خاک را تغییر می‌دهد مشکل است بنابراین، در این مورد پیشگیری مهم است (Jung et al. 2001).

عملیات زیرشکنی پرهزینه و پرزحمت است نباید فشردگی به‌وجود آید تا نیازی به چاره‌جویی باشد. بنابراین، توصیه می‌شود با رعایت اصول خاک‌ورزی و تناوب از این هزینه گزاف پرهیز و تولید را بهبود بخشید. مثلاً، چون ایجاد بستر خوب برای بذر چغندرقند اهمیت دارد بهتر است در تناوب، محصول چغندرقند بعد از محصولاتی مثل غلات قرار گیرد تا خاک‌ورزی اولیه بعد از برداشت این محصولات به موقع انجام شود. در این پژوهش به منظور معرفی یکی از عوامل کاهش محصول، اثر فشردگی لایه‌های مختلف خاک برصفات مهم چغندرقند در مناطق چغندرکاری استان همدان بررسی شد.

مواد و روش ها

در این بررسی که به‌صورت میدانی در مزارع چغندرکاری استان همدان در سال ۱۳۸۲ اجرا شد، وضع موجود فشردگی این مزارع در شهرستان‌های اسدآباد، ملایر، بهار و همدان مطالعه گردید. برای این کار، قبل از کاشت بیش از ۶۰ مزرعه به‌طور تصادفی پایش و چهل مزرعه انتخاب شد. براساس نظر کارشناسان آن منطقه، در مزارع انتخابی از تراکتور سنگین یا نیمه‌سنگین برای خاک‌ورزی استفاده می‌شد و احتمال مشکل فشردگی خاک وجود داشت. در هر مزرعه یک کرت یک‌صد مترمربعی علامت‌گذاری شد. معمولاً دو یا سه روز پس از آبیاری، میزان نفوذپذیری خاک هر کرت از عمق صفر تا هشتاد سانتی‌متر با فاصله یک سانتی‌متر با دستگاه نفوذسنج (اندازه‌گیری با دستگاه نفوذسنج به نام Penetrologer ساخت شرکت Ejikamp مدل ART.NR.06.15.01 و با استفاده از مخروطهایی به قطر یک و یک و نیم سانتی‌متر انجام شد.) برحسب مگاپاسکال ثبت گردید. قرائت‌ها با فاصله ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به تعداد حداقل ده نقطه در هر کرت انجام شد. پس از اندازه‌گیری فشردگی خاک، ریشه‌های ۱۴/۴ مترمربع از هر کرت در هر مزرعه برداشت، شمارش، توزین و عملکردریشه بر حسب تن در هکتار برآورد شد. از ریشه‌های هر کرت نمونه خمیر تهیه و در آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات چغندرقند، درصدقند و درصد قندسفید اندازه‌گیری و سپس عملکردقند و عملکرد قندسفید بر حسب تن در هکتار برآورد گردید. میانگین داده‌های

Archive of SID

www.SID.ir

قرائت شده از دستگاه نفوذسنج بر حسب مگاپاسکال در ده نقطه‌ی هر کرت به‌عنوان میزان فشردگی خاک آن مزرعه در نظر گرفته شد. ابتدا رابطه رگرسیونی ساده‌ی خطی بین صفات مورد بررسی ۲۸ مزرعه چغندرقند به‌عنوان متغیر وابسته و متوسط فشردگی خاکِ عمق صفر تا ۸۰ سانتی‌متر به‌عنوان متغیر مستقل با استفاده از نسخه ۲/۱ نرم‌افزار StatGraghics برازش شد. سپس به‌دلیل واکنش متفاوت گیاه چغندرقند به فشردگی در لایه‌های مختلف (Jung et al. 2001) عمق صفر تا ۸۰ سانتی‌متر خاک به لایه‌های با فاصله ۲۰ سانتی‌متر تقسیم شد (ابراهیمی‌کولایی و همکاران ۱۳۸۷) و میانگین فشردگی هر لایه به مگاپاسکال برآورد گردید. آنگاه، رابطه رگرسیونی چندگانه خطی بین صفات محصول ریشه، محصول قند، محصول قند سفید، درصدقند و درصد قندسفید به عنوان متغیر وابسته و میانگین فشردگی خاک در چهار لایه به عنوان متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار گرفت. در این مقاله، d1 نمایان‌گر لایه صفر تا ۲۰ سانتی‌متر خاک، d2 نمایان‌گر لایه ۲۱ تا ۴۰ سانتی‌متر، d3 نمایان‌گر لایه ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر و d4 نمایان‌گر لایه ۶۱ تا ۸۰ سانتی‌متری خاک است.

نتایج

رابطه بین برخی صفات ریشه چغندرقند و فشردگی خاک

واریانس رابطه رگرسیونی ساده خطی بین برخی صفات چغندرقند و متوسط فشردگیِ هر کرت در عمق صفر تا ۸۰ سانتی‌متر معنی‌دار نشد. اما واریانس رابطه رگرسیونی چندگانه خطی بین صفات محصول ریشه، محصول قند، محصول قندسفید، درصدقند و درصد قندسفید به‌عنوان متغیر وابسته و میانگین فشردگی خاک در چهار لایه مختلف به‌عنوان متغیرهای مستقل، معنی‌دار بود. ضریب تبیین نسبتاً بالا نشان می‌دهد که ضرایب از دقت خوبی برخوردار بوده و قابل اعتماد هستند (جدول ۱).

جدول۱ تجزیه واریانس رگرسیون چندگانه بین صفات مهم ریشه چغندرقند و فشردگی خاک در لایه‌های مختلف در استان همدان (سال ۱۳۸۲)

پارامتر	محصول ریشه	محصول قند	محصول قندسفید	عیار قند	عیار قندسفید
میانگین مجذورات	۱۶۶۹۹ **	۳۶۴/۲۲ **	۲۶۵/۴۵ **	۱۵۲۱ **	۱۱۰۴ **
ضریب تبیین(R^2)	۹۰/۵۵	۹۱/۰۰	۹۰/۶۶	۹۴/۰۲	۹۳/۴۷
معیار دوربین واتسون	۱/۰۸	۱/۲۸	۱/۳۲	۱/۵۹	۱/۵۲

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه محصول ریشه با فشردگی خاک

در رابطه رگرسیونی محصول ریشه با فشردگی خاک، ضرایب رگرسیونی لایه ۲۰ –۰ و لایه ۴۰ –۲۱ سانتی‌متر معنی‌دار نبود اما بقیه ضرایب رگرسیونی، شامل فشردگی در لایه‌های ۶۰ –۴۱ و ۸۰ –۶۱ معنی‌دار شدند (جدول ۲). با توجه به ضرایب رگرسیونی برآورد شده می‌توان استنباط کرد که افزایش فشردگی در عمق ۶۰–۴۱ سانتی‌متر موجب کاهش محصول ریشه چغندرقند شد. با توجه به عمق فشردگی می‌توان با استفاده از زیرشکن نسبت به حذف فشردگی در این لایه و افزایش محصول اقدام نمود. اما فشردگی در عمق ۸۰ –۶۱ موجب افزایش محصول ریشه شد و افزایش فشردگیِ عمق‌های صفر تا ۲۰ و ۲۱ تا ۴۰ در افزایش محصول ریشه معنی‌دار نبود.

جدول ۲ برآورد ضرایب رگرسیون چندگانه رابطه بین برخی صفات ریشه چغندرقند و فشردگی در لایه‌های مختلف خاک و متوسط فشردگی هر لایه در استان همدان(سال ۱۳۸۲)

صفات / عمق لایه‌ها (سانتی‌متر)	محصول ریشه	محصول قند	محصول قندسفید	عیار قند	عیار قندسفید	متوسط فشردگی مگاپاسکال
۰ تا ۲۰ (d1)	۱۲/۳۱۲۶۰ ns	۲/۱۷۰۰۰ *	۱/۸۵۵۳۵ *	۳/۸۰۰۰۸ *	۳/۲۷۰۱۶ *	۱/۷۱
۲۱ تا ۴۰ (d2)	۸/۴۵۱۷۸ ns	۱/۲۱۷۱۸ ns	۱/۱۳۴۵۰ ns	–۰/۷۳۶۰۱ ns	–۰/۵۰۴۰۶ ns	۳/۲۳
۴۱ تا ۶۰ (d3)	–۱۳/۹۱۶۸ *	–۲/۳۴۱۳۲ **	–۲/۱۶۰۹۹ **	–۰/۳۰۸۶۷ ns	–۰/۵۵۲۰۸ ns	۴/۱۸
۶۱ تا ۸۰ (d4)	۱۰/۶۹۰۴ **	۱/۷۱۱۱۲ **	۱/۵۲۹۵۴ **	۲/۱۱۸۳۶ **	۱/۹۵۱۹۰ **	۵/۰۸

رابطه محصول قند و محصول قندسفید با فشردگی خاک

در رابطه رگرسیونی محصول قند با فشردگی خاک در لایه‌های مختلف، ضریب رگرسیونی لایه d2 معنی‌دار نبود، اما ضرایب بقیه لایه‌ها، شامل d1، d3 و d4 معنی‌دار شد (جدول ۲). در رابطه رگرسیونی محصول قند سفید با فشردگی خاک در لایه‌های مختلف نیز ضرایب لایه‌های d1، d3 و d4 معنی‌دار شد ولی ضریب لایه d2 معنی‌دار نشد (جدول ۲). چنانچه در جدول ۲ مشاهده می‌شود، افزایش فشردگی در عمق ۶۰–۴۱ سانتی‌متر موجب کاهش محصول قند و محصول قند سفید شد. می‌توان گفت که کاهش این دو صفت در اثر کاهش عملکرد ریشه بود و عیار تأثیر معنی‌دار بر کاهش آن‌ها نداشت. در حالی‌که افزایش فشردگی در عمق ۲۰–۰ و ۸۰–۶۱ سانتی‌متر باعث افزایش این دو صفت شد.

رابطه درصدقند و درصد قندسفید با فشردگی خاک

در رابطه رگرسیونی درصدقند با فشردگی خاک در لایه‌های مختلف، ضرایب رگرسیونی d2 و d3 معنی‌دار نبودند، اما ضرایب بقیه لایه‌ها، شامل d1 و

Archive of SID

www.SID.ir

d4 معنی‌دار شد (جدول ۲). در رابطه رگرسیونی درصد قندسفید با فشردگی خاک در لایه‌های مختلف نیز، ضرایب لایه‌های d1 و d4 معنی‌دار شد اما ضرایب رگرسیونی d2 و d3 معنی‌دار نبودند (جدول ۲). بر اساس ضرایب جدول ۲، افزایش فشردگی در عمق صفر تا ۲۰ و ۶۱ تا ۸۰ سانتی‌متر باعث افزایش درصدقند و درصد قندسفید شد اما کاهش این دو صفت کیفی در عمق‌های ۲۱ تا ۴۰ و ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر بر اثر افزایش فشردگی معنی‌دار نبود.

بحث و نتیجه گیری

با افزایش میزان فشردگی خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر عملکردقند و قندسفید، درصدقند و قندسفید چغندرقند افزایش یافت (جدول ۲). بنابراین حد بهینه فشردگی برای صفات ذکر شده باید بیش از ۱/۷ مگاپاسکال باشد. الاکوکو(1996a) خاک با بافت متوسط و متخلخل را برای رشد ریشه مناسب دانست اما انشعاب ریشه و تشکیل ریشه‌های موئین در این نوع خاک کمتر خواهد بود. در این حالت بنابر نظر گمتوز و همکاران (2000)، فشردگی ملایم با کاهش اندازه‌ی منفذهای درشت، بذر را به ذرات خاک چسبانده و میزان جوانه‌زنی بذر را افزایش می‌دهد. هم‌چنین در این شرایط، ریشه‌های ثانویه و موئینِ بیشتری تشکیل خواهد شد و با گسترش ریشه، گیاه عناصر غذایی بیشتری را جذب می‌نماید. از طرف دیگر، فشردگی ملایم شرایط مناسب را برای تردد ماشین‌های کشاورزی فراهم نموده و در نتیجه میزان غلطش چرخ‌ها، مصرف انرژی و سوخت کاهش می‌یابد و عملیات خاک‌ورزی و کشت نیز یکنواخت‌تر انجام خواهد شد. هر چند با افزایش فشردگی در این لایه استقرار بوته‌ها و جذب عناصر غذایی و آب بهتر انجام گرفت و از این طریق عملکردریشه افزایش یافت ولی چون حجیم شدن ریشه ذخیره‌ای با افزایش فشردگی خاک نسبت عکس دارد، انتظار می‌رود که افزایش فشردگی قدری از افزایش عملکردریشه بکاهد و افزایش عملکرد ریشه در اثر افزایش فشردگی در این لایه معنی‌دار نگردد.

افزایش میزان فشردگی خاک در عمق ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر باعث کاهش صفات کمی و کیفی مورد بررسی شد (جدول ۲). به عبارتی، میزان فشردگی خاک در عمق ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر (متوسط ۴/۱۸ مگاپاسکال) بیشتر از حد بهینه بود و می‌توان نتیجه گرفت که فشردگی بیش از چهار مگاپاسکال برای رشد چغندرقند مناسب نیست. بر اساس نظر محققان، فشردگی زیاد خاک رشد ریشه را کُند و گسترش ریشه و دسترسی آن به آب و مواد غذایی را کم می‌نماید (Gemtos et al. 2000). چون فشردگی زیرسطحی که در عمق ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر ایجاد می‌شود (Alakukku 1996b)، بسیار پایدار و در عمق بیش از ۴۰ سانتی‌متر پایداری بالقوه‌ای دارد، باعث کاهش مداوم عملکرد محصول می‌شود (Hakansson and Reeder 1994) و به‌دلیل عمق زیاد کار، برای

Archive of SID

www.SID.ir

شکستن فشردگی این لایه به تراکتوری با توان بالا نیاز است (مینائی و همکاران ۱۳۸۵)، که عملیات زیرشکنی را پرهزینه و پرزحمت خواهد نمود. لذا، باید سعی کرد در این لایه فشردگی به وجود نیاید تا نیازی به چاره‌جویی نباشد.

افزایش میزان فشردگی خاک در عمق ۲۱ تا ۴۰ سانتی‌متر (متوسط ۳/۱۸ مگاپاسکال) تأثیری بر افزایش یا کاهش صفات مورد بررسی نداشت (جدول ۲). به عبارتی، میزان فشردگی حدود سه مگاپاسکال در این لایه برای رشد چغندرقند مناسب است. با این که معمولاً لایه‌ی سختِ کفه‌ی شخم در قسمتی از این لایه قرار می‌گیرد، انتظار می‌رفت در این لایه میزان فشردگی خاک زیاد و برای رشد ریشه نامناسب باشد، اما داده‌های جمع‌آوری شده این انتظار را برآورده نکرد. از مهم‌ترین دلایل آن، ممکن است وجود موادآلی مناسب یا زیرشکنی در بعضی از مزارع مورد بررسی باشد.

افزایش میزان فشردگی خاک در عمق ۶۱ تا ۸۰ سانتی‌متر (متوسط ۵/۰۸ مگاپاسکال) موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی چغندرقند شد (جدول ۲). احتمالاً، چون بیشترین حجم ریشه‌های فرعی و قسمت حجیم ریشه در لایه‌های بالاتر قرار دارند، وجود فشردگی نسبی در این لایه ضرری برای رشد ریشه چغندرقند نداشت و به دلیل ممانعت از خروج رطوبت به لایه‌های پایین‌تر مفید باشد. از طرفی چون گزارش شده است که فشردگی شدید بالای هشت مگاپاسکال در عمق ۱۱۰سانتی‌متر مانع نفوذ عمقی ریشه چغندرقند می شود در حالی که در خاک با فشردگی کم‌تر ریشه تا عمق ۱۷۶ سانتی‌متر نفوذ کرده بود (ابراهیمی‌کولایی و بختیاری ۱۳۸۷)، تعیین علت اثرات مثبت فشردگی خاک در این لایه بر عملکرد ریشه نیاز به بررسی بیشتر دارد.

در مجموع، براساس نتایج این بررسی می‌توان استنباط کرد که در فشردگی حدود ۱/۷ مگاپاسکال یا کمتر با افزایش فشردگی عملکرد چغندرقند افزایش یافت و در فشردگی حدود سه مگاپاسکال به حداکثر رسید. اما در فشردگی حدود چهار مگاپاسکال و بیشتر با افزایش فشردگی خاک، عملکرد چغندرقند کاهش پیدا کرد. لذا برای بهبود عملکرد چغندرقند و کاهش هزینه‌ها توصیه می‌شود: ۱- چغندرقند در تناوب بعد از محصولاتی مثل غلات قرار گیرد تا پس از برداشت غلات، فرصت کافی برای خاک‌ورزی اولیه وجود داشته باشد. ۲- عملیات خاک‌ورزی اولیه و ثانویه در رطوبت مناسب خاک انجام شود تا ضمن تهیه بستر مناسب، نیازی به تردد ماشین‌آلات اضافی نباشد. ۳- تا حد امکان از ماشین‌های کشاورزی سبک و متوسط برای عملیات خاک‌ورزی استفاده شود. ۴- هر چند سال یک‌بار در رطوبت کم، در جهت عمود بر جهت شخم زیرشکن زده شد. ۵- با احداث جاده‌ی بین مزارع، از رفت و آمد ماشین‌های سنگین برای جابجایی بار در داخل مزرعه جلوگیری شود. ۶- به‌طور متناوب از کود حیوانی یا کود سبز استفاده شود تا خاک‌دانه‌ها به‌خوبی

Archive of SID

www.SID.ir

شکل بگیرند و از فشرده شدن بیش از حد خاک جلوگیری شود. ۷- هنگام کشت، فشردگی ملایمی در لایه سطحی خاک ایجاد شود تا بذر به‌خوبی به بستر بچسبد و به راحتی از خاک، رطوبت جذب نماید.

منابع مورد استفاده: References:

ابراهیمی‌کولائی، ح و بختیاری، م. ر. ۱۳۸۷. تأثیر فشردگی خاک بر عمق توسعه ریشه، کمیت و کیفیت چغندرقند. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات چغندرقند ص ۱۴.

جواهری، م. ع. رشیدی، ن و باقی‌زاده، ا. ۱۳۸۴. تأثیر کوددامی، پتاسیم بر روی عملکرد کمی و کیفی چغندرقند در منطقه بردسیر. چغندرقند ۲۱: ۵۶-۴۳.

حسین‌پور، ع و لغوی، م. ۱۳۷۷. بررسی الحاق یک دستگاه خاک‌نشان به گاوآهن برگردان‌دار به منظور انجام توأم عملیات خاک‌ورزی اولیه و ثانویه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

صلح‌جو، ع. ا. لغوی، م. روزبه، م و احمدی، ح. ۱۳۸۰. تأثیر درصد رطوبت خاک و عمق شخم بر میزان خردشدن خاک و کاهش عملیات خاک‌ورزی ثانویه. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی ۶ :۱۲-۱

صلح‌جو، ع. ا و نیازی اردکانی، ج. ۱۳۸۰. تأثیر عملیات زیرشکن بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم آبی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۷ : ۷۸-۶۵.

صلح‌جو، ع. ا.، دهقانیان، س. ا. سپاس‌خواه، ع.ر. و نیرومندجهرمی، م. ۱۳۸۴. تأثیر عملیات زیرشکن و دور آبیاری بر خواص فیزیکی خاک و عملکرد چغندرقند. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۲۵ : ۱۴۴-۱۳۱.

مینائی، س. نیک‌اندیش، پ و شیخ‌داودی، م. ج. ۱۳۸۵. تکمیل و آزمون زیرشکن ارتعاشی سه‌شاخه. دانش کشاورزی. ۱۶ (۱) : ۶۰-۵۱.

Alakukku L. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. I. Short-term effects on the properties of clay and organic soils. Soil and Tillage Research. 1996a; 37(4): 211-222.

Alakukku L. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. II. Long-term effects on the properties of fine-textured and organic soils. Soil and Tillage Research. 1996b; 37(4): 223-238.

Gemtos T, Goulas C, Lellis T. Sugar beet genotype response to soil compaction stress. European Journal of Agronomy. 2000; 12(3-4): 201-209.

Archive of SID

www.SID.ir

Håkansson I, Reeder RC. Subsoil compaction by vehicles with high axle load extent, persistence and crop response. Soil and Tillage Research. 1994; 29(2-3): 277-304.

Hoffmann C, Jungk A. Growth and phosphorus supply of sugar beet as affected by soil compaction and water tension. Plant and Soil. 1995; 176(1): 15-25.

Jung HD, Moncrieff JF, Voorhees WB, Swan JB. Soil compaction: causes, effects, and control. Section I: Soil compaction, causes and consequences. Section II: Surface compaction, (density effects due to tillage). 2001. *http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/components/3115s01.html.*

Zahradnicek J, Beran P, Pulkrabek J, Svachula V, Famera O, Sroller J, Chochola J. The effect of physical soil properties on metabolism and technological quality of sugar beet. Rostlinna Vyroba., 2001; 47 (1): 23-27.

Archive of SID

www.SID.ir