"مجله علوم زراعي ايران"
جلد چهارم، شماره ۱، ۱۳۸۱

اثرات سطوح مختلف تراكم خاك بر روي عملكرد، اجزاء عملكرد و ميزان قند نيشكر واريتة CP ۴۸-۱۰۳ در استان خوزستان*

Effects of different levels of soil compaction on yield, yield components and sucrose in sugarcane cv. CP 48-103, in Khuzestan

شاپور لُرزاده[۱]، حبيب اله ناديان[۲]، عبدالمهدی بخشنده[۳]، قربان نورمحمدی[۴] و فرخ درويش[۵]

چكيده

به منظور بررسي اثرات سطوح مختلف تراكم خاك بر روي عملكرد و ميزان قند نيشكر واريتة CP ۴۸ - ۱۰۳ يك مطالعه در مزارع كشت و صنعت امام خميني در سال زراعي ۸۰-۱۳۷۹ اجرا گرديد. اين آزمايش در يك مزرعه راتون اول با رعايت اصل يكنواختي در انتخاب مزرعه به اجرا درآمد. طرح آزمايشي اين مطالعه به صورت بلوك هاي كامل تصادفي در چهار سطح تراكم خاك و سه تكرار انجام شد. در اين تحقيق خاك مزرعه (فواصل بين رديف هاي كشت) در رطوبت مناسب توسط تراكتور به همراه تريلي حمل مي به دفعات۰، ۳، ٦ و ۹ بار تردد به درجات مختلف متراكم گرديد. تيمار تراكم خاك در چهار سطح شامل: ۰ ، ۹۰۰ ، ۱۸۰۰ و ۲۷۰۰ كيلوپاسكال بود. مقاومت فروسنجي(Penetrometer resistance) خاك در تراكم هاي يادشده و تحت شرايط رطوبتي مذكور به ترتيب برابر با ٦۵۰، ۱۲۵۰، ۲۳۵۰، ۳۲۵۰ كيلوپاسكال بود. نتايج اين مطالعه نشان داد كه با افزايش تراكم خاك تا يك مقاومت فروسنجي ٦۵۰ كيلوپاسكال هيچ گونه كاهش معني داري بر روي عملكرد كمي و كيفي نيشكر ملاحظه نگرديد. با افزايش بيشتر تراكم خاك تا ميزان ۳۲۵۰ كيلوپاسكال مقاومت فروسنجي خاك ، ارتفاع گياه، عملكرد ني، تعداد پنجه ها در واحد سطح و وزن مادة خشك برگ، ساقه و ني در سطح ۵ درصد احتمال، كاهش يافت. نتايج به دست آمده نشان داد نيروئي كه ريشة گياه نيشكر اعمال مي كند بيش از ۹۰۰ كيلوپاسكال است. از لحاظ عملكرد كيفي، سطوح مختلف تراكم خاك بر روي عملكرد ساكارز اثر معني داري نداشت، اگر چه يك روند كاهشي در عملكرد ساكارز با افزايش تراكم خاك ملاحظه گرديد. درصد ساكارز و خلوص شربت نيز با افزايش تراكم خاك يك روند كاهشي را نشان داد هرچند اين روند از لحاظ آماري معني دار نبود. اندازه گيري شاخص هاي فيزيولوژيكي رشد مانند شاخص سطح برگ (Leaf Area Index)، سرعت رشد محصول(Crop Growth Rate)، سرعت جذب خالص (Net Assimillation Rate) و سرعت رشد نسبي(Relative Growth Ratio) مشخص شد كه با افزايش تراكم خاك از يك مقاومت فروسنجي ٦۵۰ به ۳۲۵۰ كيلوپاسكال اين شاخص ها روند كاهشي معني داري را نشان دادند.

واژه هاي كليدي: سطوح تراكم خاك، عملكرد، اجزاء عملكرد و قند نيشكر.

مقدمه

خاك های زراعی می توانند تحت تأثير عوامل مختلف از جمله استفاده مكرر از ماشين آلات سنگين به خصوص در وضعيت رطوبتی نامناسب به تدريج

تاريخ دريافت: ۱۳۸۰/۴/۱۸ تاريخ پذيرش:۱۳۸۱/۷/۲۷

* بخشی از رساله دكتری زراعت نگارنده اول در گروه تخصصی زراعت واحد علوم و تحقيقات _ دانشگاه آزاد اسلامی

۱ – عضو هيأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر ۲ و ۳ به ترتيب استاديار و دانشيار دانشگاه شهيد چمران- اهواز

۴ و ۵ استادان دانشگاه آزاد اسلامی-واحد علوم و تحقيقات-تهران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

متراکم شوند. در اثر تراکم مقاومت مکانیکی خاک افزایش و تهویه خاک تحت تأثیر قرار می گیرد ریشه گیاه برای نفوذ در خاک باید نیروئی اعمال کند تا ذرات خاک را جابجا نماید. چنانچه این نیرو از نیروی مقاومت مکانیکی خاک کمتر باشد ریشه قادر به جابجا کردن ذرات خاک نخواهد بود و در نتیجه در نفوذ به داخل خاک دچار مشکل خواهد شد. این امر در نهایت منجر به کاهش و یا توقف رشد ریشهٔ گیاه خواهد شد. در واقع ریشه برای نفوذ در خاک باید حفره ای به اندازهٔ حجم خود در خاک ایجاد نماید. نیروئی که ریشهٔ گیاه اعمال می کند بسته به نوع گیاه بین ۰/۲٤ تا ۱/٤٥ مگاپاسکال متفاوت است (Greacen, 1986). یکی از اثرات مشخص و معین تراکم خاک کاهش تهویه خاک است. این کاهش عمدتاً به خاطر تغییر در توزیع اندازه خلل و فرج خاک است. با افزایش تراکم خاک درصد منافذ درشت خاک در جهت ایجاد منافذ ریز کاهش می یابد، تحت چنین شرایطی حرکت آب و هوا در خاک شدیداً کاهش می یابد این امر می تواند به کاهش غلظت اکسیژن و افزایش غلظت گاز کربنیک منجر شود. کاهش تهویه خاک می تواند به روی رشد و نمو گیاه اثر منفی بگذارد (Nadian et al., 1996). مقاومت فروسنجی خاک های مختلف بر حسب میزان تراکم خاک، رطوبت خاک و بافت خاک متفاوت و از مقادیر یک مگاپاسکال (Taylor and Ratliff, 1969) تا ٤/۲ مگاپاسکال (Nadian et al., 1998) گزارش شده است.

توانایی ریشهٔ گیاهان در نفوذ به درون خاک متراکم بسیار متفاوت است (Cannell, 1982; Goss, 1976; Gooderham. 1977; Castillo et al., 1982) تایلور و راتلیف (Taylor and Ratliff, 1969) ملاحظه نمودند وقتی مقاومت مکانیکی خاک به یک مگاپاسکال افزایش یابد طویل شدن ریشهٔ گیاه پنبه ٦۲ درصد کاهش پیدا می کند، حال آن که افزایش مشابه مقاومت مکانیکی خاک فقط توانست ۲۵ درصد طول ریشهٔ گیاه بادام زمینی را کاهش دهد. بنگو و یانگ (Bengough and Young, 1992) میزان افزایش رشد طولی ریشه های اولیه گیاهچه های نخودفرنگی واریتهٔ آلاسکا در خاک های سبک (لومی ـ شنی) و سنگین را به ترتیب در مکش های بین ۰/۱ تا ۱ بار امکان پذیر دانسته اند. مقاومت مکانیکی خاک تابعی از جرم مخصوص خاک و مقدار آب خاک می باشد. طویل شدن ریشه های اولیه اغلب نسبت به خلل و فرج پرشده از هوا در سطوح مقاومت فیزیکی پایین خاک کمتر حساسیت نشان می دهد.

سیرپ و برویگ (Sierp and Brewig, 1985) اظهار داشتند که میزان رشد ریشه با افزایش تراکم خاک کاهش پیدا می کند در حالی که میزان سوبرینی (Subrine) شدن ریشه ها به شدت تحت تأثیر قرار می گیرد و بنابراین رشد کند ریشه ها تابعی از میزان سوبرینی شدن ریشه ها می باشد. بون و وین (Boone and Veen, 1993) با بررسی مکانیزم های واکنش گیاهان به تراکم خاک ملاحظه نمودند که تراکم خاک بر روی جوانه زنی و سبز شدن و نیز شدت زمان سبز شدن بذور گیاهان زراعی تأثیر دارد. تراکم خاک، هدایت آبی خاک اشباع را کاهش داده ولی باعث کاهش هدایت هیدرولیکی در خاک غیراشباع نگردید.

درو (Drew, 1975) و وین (Veen,1989) گزارش نمودند که مقاومت مکانیکی خاک و تهویه و درجه حرارت خاک به مقدار زیادی به آب خاک بستگی دارند. اثرات ساختمان خاک روی رشد محصول در ارتباط با آب خاک است که به نوبهٔ خود متأثر از تراکم خاک می باشد. وود (Wood, 1985) معتقد بود که کاهش عملکرد در نیشکر ناشی از تخریب خصوصیات فیزیکی خاک می باشد که خود متأثر از زراعت فشرده (Intensive) نیشکر می باشد.او هم چنین دریافت که افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک و نیز کاهش خلل و فرج خاک در عمق هفت سانتیمتری اراضی متراکم شده بیشتر از اراضی متراکم نشده بود. وی نشان داد که افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک از ۱/۳۱ به ۱/٤۹ باعث کاهش منافذ خاک از ٥۰/٦ درصد به ٤۳/٦

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

درصد گردید.

احمد و پل (Ahmad and Paul, 1978) دریافتند که اجرای عملیات زیرشکنی (Sub-Soiling) خاک بر روی کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک اثر دارد ولی اثرات ناچیزی بر روی افزایش منافذ درشت خاک دارد. آن ها ملاحظه نمودند که مقاومت مکانیکی خاک در اثر عملیات زیرشکنی افزایش یافت و با افزایش راتون ها (Ratoons) رشد ریشه محدودتر گردید. اثرات عملیات زیرشکنی کاملاً از راتون سوم نیشکر ظاهر گردید که ناشی از متراکم شدن مجدد خاک مرطوب در اثر رفت و آمد مکرر ماشین آلات بود.

نتایج گزارش شده نشان می دهد که رشد ریشه های نیشکر با افزایش تراکم خاک کاهش می یابد. (Rao and Narasimham,1988; Singh,1964; Montieth and Banat,1965). تورس و همکاران (Torres and Villegas, 1992) در یک تحقیق اثرات تراکم خاک را در دو شرایط (تراکم روی ردیف های کشت و تراکم بین ردیف های کشت) در مزارع راتون نیشکر مقایسه کردند. آن ها ملاحظه نمودند که تردد ماشین آلات، وزن مخصوص ظاهری و نیز مقاومت مکانیکی خاک را افزایش می دهد ولی درصد منافذ درشت خاک و نیز میزان تهویه خاک را کاهش می دهد. با وجود این، رشد و توزیع ریشه تحت تأثیر تراکم خاک قرار نگرفت. تأثیر مستقیم تردد ماشین آلات به میزان زیادی محصول نی را کاهش داد به خصوص در رفتارهایی که تراکم روی ردیف ها صورت گرفته بود.

سوین فورد و بوئوی (Swinford and Boevey, 1984) دریافتند که تراکم خاک روی ردیف های کشت در نیشکر اثرات بسیار زیادی در کاهش عملکرد نی در مقایسه با تراکم خاک بین ردیف های کشت می باشد. به طوری که کاهش عملکرد در تراکم بین ردیف ها فقط ۱۰ درصد بود در حالی که این کاهش در تراکم روی ردیف ها بین ۲۱ تا ٤٥ درصد گزارش شده است.

اک و همکاران (Eck et al., 1990) معتقد بودند که در رابطه با گیاه نیشکر مانند سایر گیاهان قندی مدیریت های زراعی یا براساس میزان ساکارز قابل استحصال در واحد سطح ارزیابی می شوند و یا از طریق عملکرد نی که در نهایت منجر به افزایش کیفیت محصول و بالا بردن درصد ساکارز و کاهش مواد مضره از قبیل ازت و قندهای انورت (Invert) در شربت (مانع از کریستالیزه شدن ساکارز و باعث کاهش میزان ساکارز قابل استحصال می شوند) می گردد. حداکثر ساکارز قابل استحصال در نیشکر الزاماً با حداکثر رشد و تجمع بیوماس (Biomass) منطبق نمی باشد. (Imnan et al., 1988). شرایط زراعی ـ محیطی در دورهٔ رشد رویشی و تا پیش از مرحله تجمع ساکارز در ساقه عملکرد کمی اولیه یعنی محصول ساقه را تضمین می کند در حالیکه تنظیم برنامه های زراعی برای توقف و یا محدودیت رشد و تغییر در روابط منبع ـ مخزن (Source-Sink) و افزایش سنتز و ذخیره ساکارز در اثر اعمال عوامل زراعی ـ محیطی باعث بهبود کیفیت محصول و در نتیجه افزایش درصد ساکارز می گردد.

با توجه با این که مشکل تراکم خاک در نیشکر سالیان دراز است که مطرح می باشد ولی تاکنون هیچ بررسی در خصوص اثر تراکم خاک بر روی عملکرد، اجزاء عملکرد و میزان قند نیشکر ملاحظه نشده است لذا با توجه به استفاده مکرر از ماشین آلات سنگین در زراعت نیشکر در منطقه خوزستان و متراکم شدن خاک مطالعه ای با اهداف زیر صورت گرفت:

۱- بررسی تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک بر روی میزان پنجه زنی، ارتفاع گیاه، عملکرد نی و مادهٔ خشک کل

۲- بررسی تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک بر روی میزان عملکرد ساکارز، درصد ساکارز و خلوص ساکارز

۳- بررسی تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک بر روی کمیت های فیزیولوژیکی رشد گیاه مانند شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و سرعت رشد نسبی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف تراکم خاک بر روی عملکرد کمّی و کیفی نیشکر این طرح در مزارع کشت و صنعت امام خمینی استان خوزستان انجام شد. محل انجام آزمایش در مزرعه ۱۲-۵ SC، ادارهٔ دوم کشاورزی بود. در انتخاب این مزرعه به نکاتی از قبیل یکنواختی نسبی در رشد نیشکر، یکنواختی نسبی هدایت الکتریکی محلول خاک، یکنواختی در مصرف کودهای شیمیائی و نیز جوان بودن مزرعه و عدم تراکم چندان قبلی خاک توجه شده بود.

این تحقیق در مزرعه راتون اول بلافاصله پس از برداشت محصول انجام شد. قبل از انجام آزمایش و اعمال تیمار تراکم از پنج نقطه از مزرعه مورد نظر نمونهٔ خاک تا عمق شصت سانتیمتری تهیه و یک نمونه مرکب انتخاب و آزمایشات لازم روی خاک محل مورد آزمایش از نظر بافت، درصد رطوبت خاک، درصد رس و لای شن، واکنش خاک pH، شوری، مواد آلی، درصد سدیم قابل تعویض(Exchanageable Sodium Percentage) انجام گرفت (جدول ۱)

سطوح مختلف تراکم خاک بر اساس تعداد رفت و آمدهای تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ به همراه تریلی حمل نی، در فاصله بین ردیف های کشت اعمال شد. تیمارها به ترتیب شامل: ۰، ۳، ٦ و ۹ دفعه رفت و آمد تراکتور و تریلی حمل نی بود.

برای محاسبه میزان فشار وارده بر خاک توسط تراکتور و تریلی حمل نی، وزن تراکتور و تریلی همراه آن محاسبه و با اندازه گیری سطح تماس لاستیک های این ادوات با خاک، میزان فشار وارد شده بر خاک از تقسیم وزن ادوات بر سطح آنها، بر حسب واحد فشار (کیلوپاسکال) به دست آمد. توضیح این که سطح تماس چرخ ها با سطح زمین به صورت بیضی است که عرض چرخ قطر کوچک آن و طول تماس چرخ بر زمین قطر بزرگ آن است با محاسبه مساحت بیضی، سطح هر چرخ به دست می آید و مجموع مساحت تمام چرخ ها (چرخ های تراکتور و تریلی حمل نی)، سطح کل ادوات به دست می آید. تراکم های به دست آمده در اثر ترددهای یاد شده به ترتیب شامل: ۰ (C_0)، ۹۰۰ (C_1)، ۱۸۰۰ (C_2) و ۲۷۰۰ (C_3) کیلوپاسکال بود. مقاومت فروسنجی خاک در تراکم های یاد شده و تحت شرایط رطوبتی مذکور پس از اعمال تیمار، توسط دستگاه فروسنج مخروطی (Cone Penetrometer) در هر تیمار اندازه گیری شد که میانگین های آن ها تا عمق ۳۰ سانتیمتری به ترتیب برابر با ٦۵۰ ، ۱۲۵۰ ، ۲۳۵۰ و ۳۲۵۰ کیلوپاسکال بود.

ترکیبات تیماری مذکور در قالب یک طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار سطح تراکم خاک و در سه تکرار، مجموعاً ۱۲ قطعه آزمایشی اعمال گردید. اعمال تیمار تراکم خاک در مزرعه درتاریخ ۲۰ اردیبهشت سال ۱۳۷۹ انجام شد. قبل از اعمال تیمار مزرعه آبیاری و پس از رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی تیمار تراکم خاک اعمال شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف به طول شش متر و فاصله ردیف های کشت ۱/۵۲ متر بود. نمونه برداری برای تعیین عملکرد کمی شامل اندازه گیری ارتفاع، تعداد پنجه، شاخص سطح برگ و سایر شاخص های رشد، وزن خشک برگ، ساقه، غلاف و وزن خشک کل و نیز وزن تر ساقه در واحد سطح هر ۱۵ روز یکبار انجام شد.

برای تعیین عملکرد کیفی مانند : درجه خلوص شربت (Purity) ، درصد ساکارز، عملکرد ساکارز، از دو ردیف میانی هر کرت با حذف حواشی هر کرت در هنگام برداشت نهایی در سطح سه مترمربع انجام گرفت. برداشت نهایی محصول در ۳۰ اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۰ انجام گرفت. پس از حذف سرنی، محصول اقتصادی ساقه تعیین و شربت ساقه ها به وسیله پرس هیدرولیک استحصال شد، مقدار ساکارز و مادهٔ خشک محصول شربت بر حسب بریکس (Brix) به ترتیب با استفاده از ساکاریمتر (Saccharimeter) و رفرکتومتر (Refractometer) در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد تعیین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

گردید. پولاریزاسیون (Polarization)واقعی شربت با استفاده از جدول استاندارد و ضریب اصلاحی مربوطه محاسبه شد.

خلوص شربت از نسبت درصد ساکارز به درصد مادهٔ خشک محلول تعیین شد. میزان ساکارز قابل استحصال (Recoverable Sucrose) با استفاده از فرمول های استاندارد محاسبه شد. (Meade and Chen, 1977; Rice and Hebert, 1972).

%Sucrose=(POL×26)/{105.811+[(brix-15)×0.44]}

Brix=brix+(Temperature-20)×0.075

96°sugar=[(sucrose×21.058)-(Cbrix×6.15)]

×VCF(Varital Correction Factor)

پس از تبدیل مناسب داده های مربوط به خلوص شربت و درصد ساکارز، کلیه داده های طرح با استفاده از نرم افزار (SAS, 1990) مورد تجزیه و مقایسه میانگین با آزمون L.S.D در سطح احتمال خطای۵ درصد و یک درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

افزایش تراکم خاک از طریق تردد شامل ۰، ۹۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۷۰۰ کیلوپاسکال فشار وارد آمده بر خاک، به طور خطی باعث افزایش مقاومت فروسنجی (PR) خاک گردید.رابطه بین این دو متغیر به صورت یک رگرسیون خطی با معادله PR = ۱/۷۵x + ۰/۰۰۳۳ می باشد که در آن PR برابر با میزان مقاومت فروسنجی خاک و x برابر با تعداد دفعات تراکتور در مزرعه می باشد. افزایش تراکم خاک تا یک مقاومت فروسنجی ۳۲۵۰ کیلوپاسکال باعث گردید تا ارتفاع گیاه، عملکرد نی، تعداد پنجه ها در واحد سطح و وزن مادهٔ خشک برگ، ساقه و نی در سطح احتمال ۵درصد کاهش یابد. افزایش تراکم در بالاترین سطح خود باعث گردید تا عملکرد نی از ۱۰۲ تن در هکتار در تیمار شاهد به ۹۰ تن در هکتار برسد و یک کاهش ۱۲ درصدی را نشان دهد (نمودار ۱). یک روند مشابه در کاهش ارتفاع نی مانند آنچه برای عملکرد نی و پنجه زنی بیان گردید با افزایش تراکم خاک ملاحظه گردید (نمودارهای ۲ و ۳).

روند تغییرات مادهٔ خشک کل در طول دورهٔ رشد گیاه از زمان اعمال تیمار تراکم خاک تا برداشت یک روند صعودی را نشان می داد به طوری که در نمودار ٤ مشاهده می شود وزن ماده خشک کل گیاه در تیمار شاهد به میزان چهار هزار گرم درمتر مربع بود در حالی که با افزایش مقاومت فروسنجی خاک تا حد ۳۲۵۰ کیلوپاسکال وزن ماده خشک کل گیاه به میزان ۲٤۵۰ گرم در متر مربع کاهش پیدا کرد و یک کاهش ۳۰ درصدی در وزن مادهٔ خشک کل گیاه مشاهده گردید.

از لحاظ خصوصیات کیفی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد ساکارز در تیمار شاهد از ۱۰/۹ تن در هکتار به ۹/۸ تن در هکتار در رفتار بیشترین تراکم خاک رسید هر چند این کاهش از نظر آماری معنی دار نبود.(نمودار ۵)

تجزیه واریانس مربوط به خلوص شربت و درصد ساکارز نیز معنی دار نشد و از این لحاظ تفاوتی بین تیمار شاهد با تیمارهای تراکم خاک مشاهده نگردید. (جدول ۲).

از لحاظ ویژگی های فیزیولوژیکی رشد همان طوری که در نمودار ٦ مشاهده می گردد شاخص سطح برگ در ۹۰ روز پس از اعمال تیمار تراکم خاک به حداکثر مقدار خود رسیده بود به طوری که با افزایش میزان تراکم خاک شاخص سطح برگ کاهش معنی داری را نشان می داد. سایر خصوصیات فیزیولوژیکی رشد مانند : سرعت رشد محصول (نمودار ۷)، سرعت جذب خالص (نمودار ۸) و سرعت رشد نسبی (نمودار ۹) نیز روندی مانند روند شاخص سطح برگ را نشان می دادند.

صفات مورد مطالعه در این تحقیق می تواند از دیدگاه های کمّی، کیفی و فیزیولوژیکی مورد بحث و تفسیر قرار گیرد. نتایج این مطالعه نشان می دهد که تراکم خاک تا یک مقاومت فروسنجی ۱۲۵۰

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

کیلوپاسکال هیچ گونه اثر معنی داری بر روی عملکرد کمّی و کیفی نیشکر ندارد. اگر چه در این آزمایش اثر تراکم خاک بر روی رشد ریشهٔ گیاه نیشکر مطالعه نشده است ولی می توان چنین نتیجه گرفت که فشار ریشه ای گیاه نیشکر با توجه به خصوصیات بافتی و رطوبتی خاک مورد آزمایش بیش از ۱۳۵۰ کیلوپاسکال است. این نشان می دهد که فشار ریشه ای گیاه نیشکر (واریته CP ٤٨ – ١٠٣) در مقایسه با فشار ریشه ای سایر گیاهان زراعی که بین ٢٤٠ تا ١٤٥٠ کیلوپاسکال برآورد می شود در حد نسبتاً بالایی قرار دارد (Greacen, 1986). افزایش تراکم خاک تا یک مقاومت فروسنجی ۳۳۵۰ کیلوپاسکال باعث کاهش معنی دار عملکرد کمی گیاه از جمله عملکرد نی، ارتفاع نی، میزان پنجه زنی و وزن مادهٔ خشک کل گیاه گردید. آنچه مسلم است بخشی از این کاهش مربوط به افزایش مقاومت مکانیکی خاک و فائق آمدن بر فشار ریشه ای گیاه نیشکر است. با وجود این، کاهش تهویه خاک (کاهش غلظت اکسیژن و افزایش غلظت دی اکسیدکربن هوای خاک) یک عامل مهم دیگر در این کاهش می تواند باشد. در این مطالعه غلظت اکسیژن و دی اکسیدکربن هوای خاک در رفتارهای مختلف تراکم خاک به علت عدم امکانات موجود تعیین نگردید. سهم این دو عامل (افزایش مقاومت مکانیکی خاک و کاهش تهویه خاک) در کاهش عملکرد نیشکر مشخص نیست و اساساً تعیین سهم هر یک از این دو عامل به طور جداگانه در کاهش عملکرد گیاه (چه در شرایط مزرعه ای و چه در شرایط گلدانی) به دلیل تأثیر هم زمان این دو عامل بر گیاه امکان پذیر نیست (Nadian et al., 1998) در بین اجزاء عملکرد نیشکر تعداد ساقه، ارتفاع نی و عملکرد شدیداً تحت تأثیر تراکم خاک قرار گرفت. نتایج به دست آمده با نتایج ارائه شده توسط سوین فورد و باوی (Swinford and Boevey,1984) مطابقت دارد. در این گزارش حداکثر میزان تراکم خاک که حدود شش تن بار روی خطوط کشت و بین خطوط کشت اعمال شده بود تعداد ساقه در واحد سطح نسبت به تیمار شاهد (خاک متراکم نشده) ٤٦درصد و ارتفاع نی ۲۷درصد کاهش نشان داد. کاهش رشد اندام های هوائی گیاه تحت شرایط تراکم خاک می تواند ناشی از کاهش رشد ریشه و انتشار آن در خاک باشد که این به نوبه خود می تواند بر روی جذب عناصر غذایی به خصوص عناصر کم تحرک خاک مانند فسفر اثر بگذارد. چنین کاهشی در اندام های هوائی ناشی از کاهش رشد ریشه توسط سینگ (Singh,1964) نیز گزارش شده است. لازم به توضیح است در ادامه مطالعه اثر تراکم خاک بر روی رشد گیاه نیشکر و با انجام آزمایشات گلدانی یک کاهش شدید در رشد ریشه گیاه نیشکر نیز ملاحظه شده است. کاهش عملکرد نی علاوه بر آن که می تواند متأثر از کاهش در میزان رشد و گسترش ریشه گیاه باشد می تواند ناشی از کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش در میزان فتوسنتز و انتقال مواد به ساقه باشد (نمودار ٥)

افزایش تراکم خاک به کاهش منافذ درشت خاک منجر می شود (Hoffmann and Jung, 1995) و این امر به تجمع بیشتر آب در خاک و نتیجتاً کاهش تهویه خاک منجر می شود که می تواند به کاهش عملکرد گیاه منجر شود. مشابه با نتایج یاد شده، یانگ (Yang, 1977) ملاحظه نمود هنگامی که میزان آب خاک در عمق ٤٠ سانتیمتری خاک برای مدت نسبتاً طولانی بالا بماند عملکرد نی کاهش می یابد. یک کاهش مشابه در عملکرد نی زمانی که وزن مخصوص خاک از ١/٤٠ به ١/٦٥ گرم بر سانتیمترمکعب خاک افزایش داده شد توسط هار (Harr,1960) گزارش گردیده است.

اگرچه تراکم خاک باعث کاهش معنی دار عملکرد کمّی گیاه نیشکر گردید ولی عملکرد قند (ساکارز) حدود یک تن در هکتار کاهش پیدا نمود که این کاهش معنی دار نبود. (نمودار ۹) حداقل بخشی از این شرایط به دلیل به خاطر عدم تأثیر معنی دار تراکم خاک بر روی درصد ساکارز می باشد.

افزایش تراکم خاک ، باعث کاهش معنی دار شاخص سطح برگ گردید. کاهش سرعت جذب

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

خالص (NAR) و سرعت رشد محصول (CGR) نیشکر، کاهش شاخص سطح برگ را توجیه می نماید. بر طبق نمودار ۸ بیشترین سرعت جذب خالص و نتیجتاً بیشترین سرعت رشد محصول بین دو الی سه ماه پس از اعمال تیمار تراکم خاک (حدود مردادماه) ملاحظه گردید و این در حالی است که گرمای زیاد مورد نیاز نیشکر در این ماه جهت حداکثر رشد گیاه قابل تأمین است.

جدول ۱ ـ خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک محل انجام آزمایش

Table 1. Physical and chemical charactristics of the soil of experimental plots

ESP٪	CEC میلی اکی والانت meq/100g/dry soil	مواد آلی خاک OC%	pH	EC Mmhos/cm2	بافت خاک Soil Texture	درصد اجزاء بافت خاک Components soil texture			عمق خاک Soil depth cm
						رس٪ Clay%	لای٪ Silt%	شن٪ Sand%	
3.7	13.8	0.35	8.4	1.35	Silty-clay	44	50	6	0-30

جدول ۲ ـ خلاصه تجزیه واریانس اثرات سطوح مختلف تراکم خاک بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد نیشکر واریتهٔ CP ٤٨ – ١٠٣

Table 2. Summary of analysis of variance for different soil compaction on yield and yield components in sugarcane var. CP 48 – 103

منابع تنوع S.O.V		درجه آزادی df.	میانگین مربعات صفات Mean Squares			
			خلوص شربت Purity %	ساکارز Sucrose %	عملکرد نی Cane yield t/ha	عملکرد ساکارز Sucrose yield t/ha
Replication	تکرار	2	3.26*	1.10ns	0.44ns	0.99ns
	تیمار	3	3.36ns	0.21ns	100.10*	0.79ns
Error	Treatment خطای آزمایش	6	0.79ns	0.15ns	14.20ns	0.63ns
C.V.	ضریب تغییرات	-	4.26	3.68	3.89	7.78

ns and * : Non significant and significant at the 5% levels of probablity respectively. ns و * به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ٥ درصد احتمال.

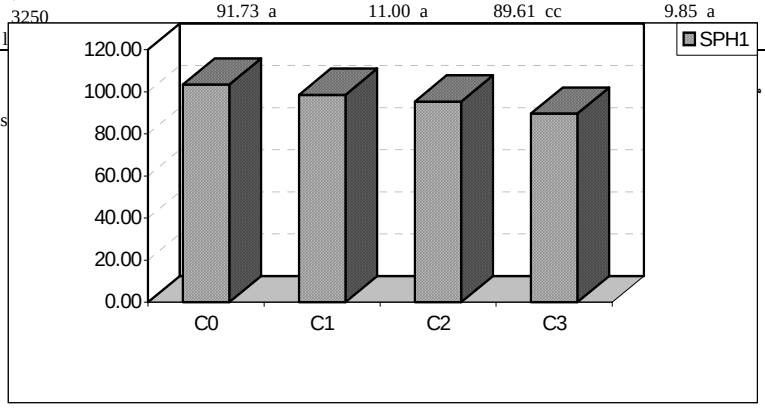
جدول ۳ ـ مقایسه میانگین صفات مربوط به عملکرد و اجزاء عملکرد نیشکر واریته CP ٤٨ – ١٠٣ به روش آزمون L.S.D

Table 3. Mean comparison for yield and yield components in sugarcane var CP 48-103 By L.S.D test

مقاومت فروسنجی خاک (PR) کیلوپاسکال (Kpa)	درجه خلوص شربت Purity %	درصد ساکارز Sucrose %	عملکرد نی Cane yield t/ha	عملکرد ساکارز Sucrose yield t/ha
کنترل (CO) 650 Control	92.03 a*	10.70 a	103.37 aa	10.93 a
اولین سطح تراکم خاک (Cl) 1250 The first level compaction	91.73 a	10.56 a	98.54 abb	10.40 a
دومین سطح تراکم خاک (C2) 2350 The second level compaction	92.46 a	10.36 a	95.33 bc	9.87 a
سومین سطح تراکم خاک (C3) 3250 The third l	91.73 a	11.00 a	89.61 cc	9.85 a

* در هر ستون تفاوت بین دو

*Difference of means having at leas



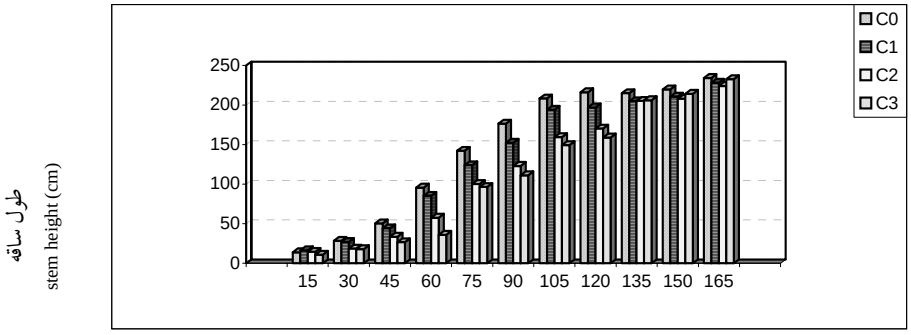
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

Soil compaction treatments

نمودار ۱ – اثر سطوح مختلف تراکم خاک بر روی عملکرد نی.

Fig. 1. The effect of different levels of soil compaction on cane yield.

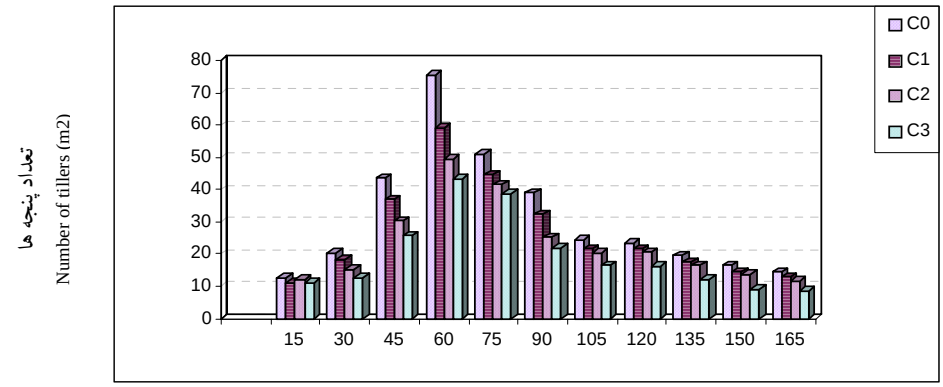


روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک

Days After soil compaction treatment

نمودار ۲– طول ساقه تحت تاثیر سطوح مختلف تراکم خاک در طول دورهٔ رشد

Fig. 2. The height of stem as affected by different levels of soil compaction during growth period.

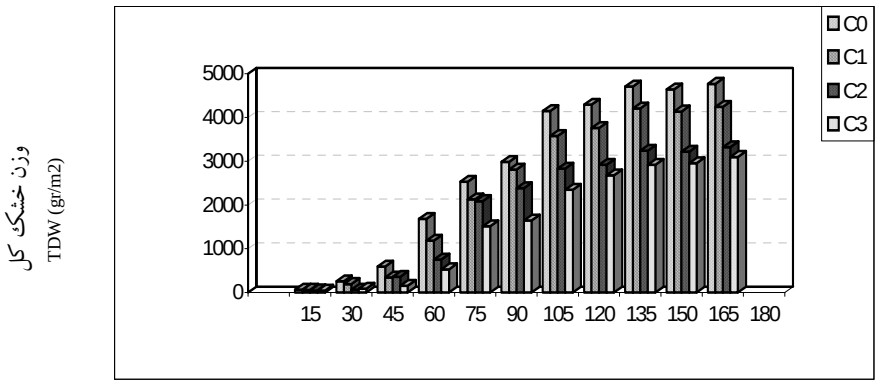


روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک

Days after soil compaction treatment

نمودار ۳– تعداد پنجه ها در مترمربع تحت تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک در طول دورهٔ رشد.

Fig. 3. Number of tiller per $1m^2$ as affected by different levels of soil compaction during growth period.



روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک.

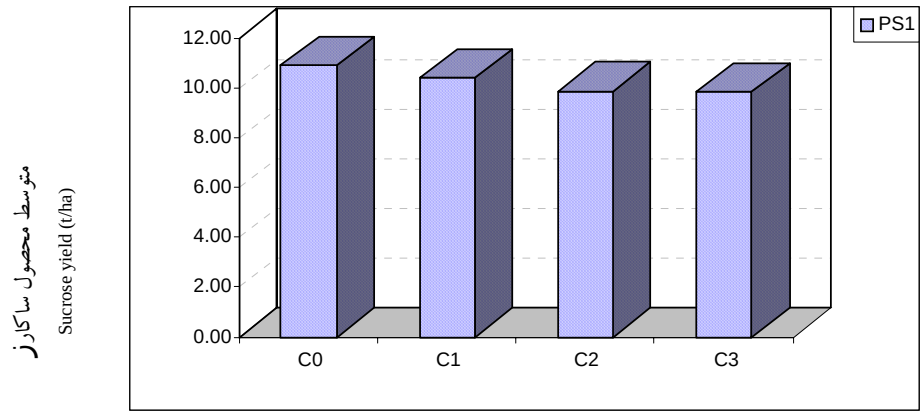
Days after soil compaction treatment.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

نمودار ۴- وزن مادهٔ خشک کل تحت تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک در طول دورهٔ رشد.

Fig. 4. The total yield dry weight as affected by different levels of soil compaction during growth period.

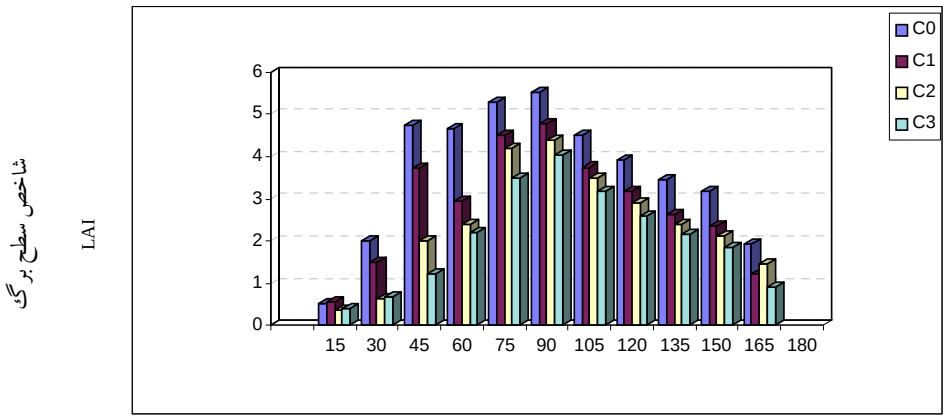


تیمار تراکم خاک

Soil compaction treatments.

نمودار ۵- اثر سطوح مختلف تراکم خاک بر روی عملکرد ساکارز.

Fig.5. The effect of different levels of soil compaction on sucrose yield.

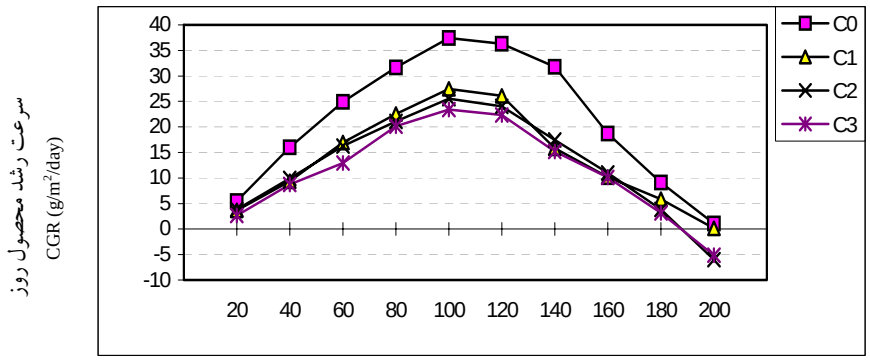


روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک.

Days after soil compaction treatment.

نمودار ٦-تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک در طول دورهٔ رشد.

Fig. 6. Leaf area index (LAI) as affected by different levels of soil compaction during growth period.



روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک

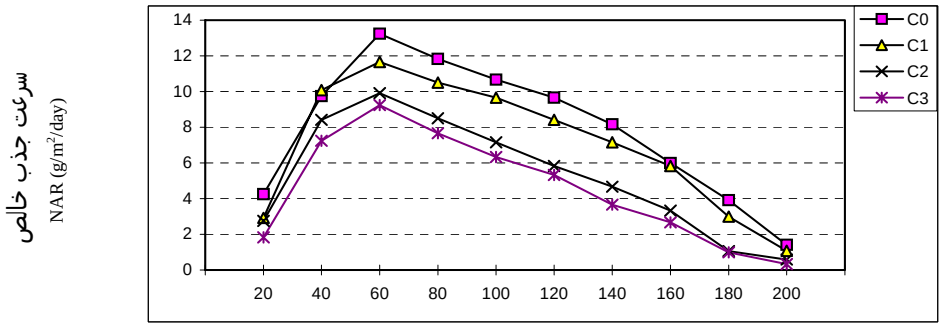
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

Days after soil compaction treatment

نمودار ۷-تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک در طول دورهٔ رشد.

Fig. 7. Crop growth rate (CGR) as affected by different levels of soil compaction during growth period.

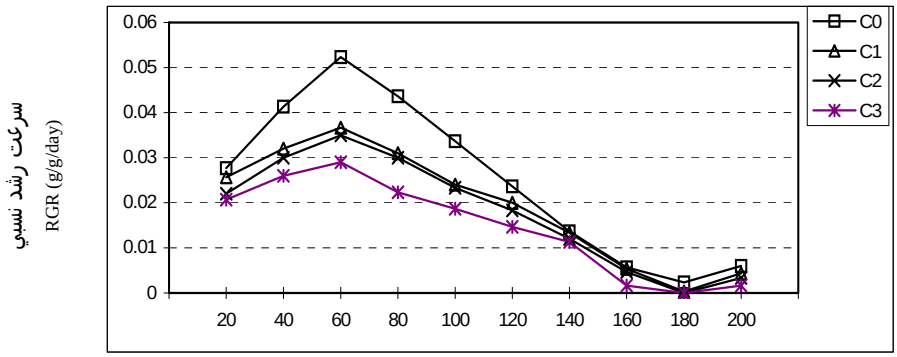


روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک.

Days after soil compaction treatment.

نمودار ۸-تغییرات سرعت جذب خالص تحت تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک در طول دورهٔ رشد.

Fig. 8. Net assimillation rate (NAR) as affected by different levels of soil compaction during growth period.



روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک.

Days after soil compaction treatment.

نمودار ۹-تغییرات سرعت رشد نسبی تحت تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک در طول دورهٔ رشد.

Fig. 9. Relative growth rate (RGR) as affected by different levels of soil compaction during growth period.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق می توان اظهار نظر کرد که تراکم خاک بر روی عملکرد کمّی گیاه به شدت تأثیر گذاشته هر چند این تأثیر بر روی عملکرد کیفی از لحاظ آماری معنی دار نبود با این وجود با افزایش تراکم خاک خصوصیات کیفی کاهش مختصری پیدا می کند. تراکم خاک به روی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه نیز به شدت تأثیر گذاشته که این تأثیر ناشی از کاهش سطح برگ و وزن مادهٔ خشک کل در اثر افزایش تراکم خاک می باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از آقایان مهندس آمیلی عضو محترم بهره برداری شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی که امکان اجرای این طرح تحقیقاتی را فراهم نمودند تشکر می شود. هم چنین از نظرات و راهنمایی های سودمند آقایان مهندس بنی عباسی ریاست محترم مرکز تحقیقات شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی و نیز مهندس آل کثیر ریاست محترم اداره مطالعات کاربردی واحد امام خمینی و مهندس انصاری

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

کارشـــناس ارشـــد ادارۀ مطالعـــات کـــاربردی واحـــد امام خمینی تشکر و قدردانی می شود.

References

Ahmad H. and A. Paul. 1978 . Effects of subsoiling on soil physical conditions and sugarcane root distribution in Trinidad clay soil. Modification of soil structure PP.419 – 429.

Bengough A.G. and I.M. Young. 1992.Root elongation of seedling peas through layered of different penetration resistances. Plant and Soil, **19:**139-149.

Boone F.R. and B.W. Veen. 1993. Mechanisms of crop responses to soil compaction. Soil compaction in crop production. Soane B.D, and C, Van Ouwerkerk Elserier Science.

Cannell, R.Q. 1982. Soil aeration and compaction in relation to root growth and soil management. Appl. Biologiy .**2:**1-89.

Castillo , S.R. Dowdy, R.H. Bradford, J.M. and W.E. Larson. 1982. Effects of applied mechanical stress on plant growth and nutrient uptake. Agron. J. **74:**526-530.

Drew, M.G. 1975. Comparison of the effects of localized supply of phosphate, nitrate ammonium and pottassium in the shoot in barley. New Phytol.

Eck, H.V. S.R. Winter and S.J. Smith. 1990. Sugar beet yield and quality in relation to residual beef feed lot waste. Agron. J. **82:**250-254.

Gooderham, P.T. 1977. Some aspectes of soil compaction, root growth and crop yield, Agriculture Programm. **52:**33-44.

Goss .M.J. 1976. Effects of mechanical impedance on root growth in barley Agricultural Research **16:**33-39.

Greacen, E.L. 1986. Root response to soil mechanical properties.Trans. 13th Int Cong. Soil Science., 20-47.

Harr, 1960. Proc.West Indies. Sugar Teach. 80-86.

Hoffmann, C. and K. A. Jung. 1995. Growth and phosphorous supply of sugar beet as affected by soil compaction and water tension. Plant and Soil, **176:**15-25.

Imnan–Bamber, N.G. and J.M. Dejager. 1988. Effect of water stress on sugarcane stalk growth and quality. Sugar Technology Association.

Meade, G.P. and J.C.F. Chen. 1977. Cane sugar handbook. John Wiley and Sons, NY.

Monteith S. and H. Banath. 1965. Effects of soil compaction in root distribution Tropical Agriculture **42:**293-296.

Nadian, H.Smith, S.E. Alston, A.M. R.S, Murray. 1996. The effect of compaction on growth and P uptake by *Trifolium subterraneum* : Interactions with mycorrhizal colonisation. Plant and Soil,. **182:**39-49.

Nadian H, S.E Smith, A.M. Alston, R.S.Murray, B.D, Siebert, 1998. Effects of soil compaction on phosphorous uptake and growth of *Trifolium subterraneum* colonized by four species of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. New phytologist. **139:**155-165.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

Rao S. and P. Narasimham. 1988. The effect of soil physical properties on growth and yield of sugarcane International J. of Tropical Agriculture, **6:**227-231.

Rice, E.R. and, L.P. Hebert. 1972. Sugarcane variety tests in Florida during the 1971-72 season. USDA Agr. Res. Ser . S-2.

SAS. 1990. SAS/STAT. Software. Version 6, First ed. SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina .

Sierp, H. and A. Brewig. 1985. Quantitative research on the water absorption zone of the roots. Jb. Wiss. Bot., **82:**99-122.

Singh, P 1964. Effects of soil physical properties on yield sugarcane. Science and Culture, **30:**606 – 607.

Swinford, J.M. and T.M.C Boevey.1984. The effects of soil compaction due to infield transport on ratoon cane yields and soil physical charactristics proces. After. Sug. Technol. Ass . 198-203.

Taylor, H.M. and I.F, Ratliff. 1969. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and water content. Soil Sci.,. **108:**113-119.

Torres,J.S. and F. Villegas1992. Differentation of soil compaction and cane stool damage.Sugarcane **1:**7-11

Veen, B.W. 1989. Influence of oxygen deficiency on growth and function of plant roots. Plant and Soil, **111:**259– 266.

Wood, K. 1985.Compaction of soil by agriculture equipment. Soil use and management. **1:**120–124.

Yang,M. 1977. Reducing soil physical constraints under sugarcane" in" Sugarcane. Proc. 16th Congr ISSCT, 835– 847.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

Effects of different levels of soil compaction on yield, yield components and sucrose in sugarcane cv. CP 48-103, in Khuzestan, Iran*

Sh. Lorzadeh[1], H. Nadian[2], A. Bakhshandeh[3], G. Nour-Mohamadi[4] and F. Darvish[5]

ABSTRACT

In order to investigate the effects of different levels of soil compaction on yield, yeild components, and sucrose in sugarcane, cv. CP 48-103 an experiment was conducted during 2000-2001 in Khuzestan, Iran. The experimental design was a randomized complete block with 3 replications. The soil was compacted to different levels by a tractor. Penetrometer resistances of the soil were measured as 650, 1250, 2350 and 3250 kpa.The results of this study showed that compacting the soil to a penetrometer resistance of 650 kpa had no significant effect on cane yield. However, the yield of cane decreased as compaction of the soil was increased to a penetrometer resistance of 3250 kpa. A similar trend to that of cane yield was observed for plant height, number of tillers and total dry matter yield as soil compaction increased. Soil compaction to the rate of PR of 3250 kpa had no significant effect on purity and sucrose percentage, consequently, on sucrose yield. However, there was a decreasing trend in these qualitative characteristics. The results of this study also indicated physiological growth indices such as LAI, CGR, NAR and RGR decreased as the soil compaction increased was compacted from a penetrometer resistance of 650 kpa to 3250 kpa.

Key words: Soil compaction, Penetrometer resistance, Growth indices, Leaf area index (LAI), Sugar cane.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.4.5]

1- Scientific member I.A. Univ., Shushtar, Iran.
2 and 3, Assist. Prof. and Associ. Prof. Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
4 and 5, Profs., Dept. of Agronomy, Science & Research Unit, I. A. Univ., Tehran, Iran.