

اثرات سطوح مختلف تراکم خاک بر روی عملکرد، اجزاء عملکرد و میزان قند نیشکر واریته<sup>۱</sup>  
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 گرزاده<sup>۱</sup>، حبیب اله نادیان<sup>۲</sup>، عبدالمهدی بخشنده<sup>۳</sup>، قربان نورمحمدی<sup>۴</sup> و فرخ درویش<sup>۵</sup>

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف تراکم خاک بر روی عملکرد و میزان قند نیشکر واریته<sup>۱</sup> CP ۴۸-۱۰۳ یک مطالعه در مزارع کشت و صنعت امام خمینی در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ اجرا گردید. این آزمایش در یک مزرعه راتون اول با رعایت اصل یکنواختی در انتخاب مزرعه به اجرا درآمد. طرح آزمایشی این مطالعه به صورت بلوک های کامل تصادفی در چهار سطح تراکم خاک و سه تکرار انجام شد. در این تحقیق خاک مزرعه (فواصل بین ردیف های کشت) در رطوبت مناسب توسط تراکتور به همراه تریلی حمل نی به دفعات ۰، ۳، ۶ و ۹ بار تردد به درجات مختلف متراکم گردید. تیمار تراکم خاک در چهار سطح شامل: ۰، ۹۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۷۰۰ کیلوپاسکال بود. مقاومت فروسنجی (Penetrometer resistance) خاک در تراکم های یادشده و تحت شرایط رطوبتی مذکور به ترتیب برابر با ۶۵۰، ۱۲۵۰، ۲۳۵۰، ۳۲۵۰ کیلوپاسکال بود. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش تراکم خاک تا یک مقاومت فروسنجی ۶۵۰ کیلوپاسکال هیچ گونه کاهش معنی داری بر روی عملکرد کمی و کیفی نیشکر ملاحظه نگردید. با افزایش بیشتر تراکم خاک تا میزان ۳۲۵۰ کیلوپاسکال مقاومت فروسنجی خاک، ارتفاع گیاه، عملکرد نی، تعداد پنجه ها در واحد سطح و وزن ماده خشک برگ، ساقه و نی در سطح ۵ درصد احتمال، کاهش یافت. نتایج به دست آمده نشان داد نیروئی که ریشه گیاه نیشکر اعمال می کند بیش از ۹۰۰ کیلوپاسکال است. از لحاظ عملکرد کیفی، سطوح مختلف تراکم خاک بر روی عملکرد ساکارز اثر معنی داری نداشت، اگر چه یک روند کاهشی در عملکرد ساکارز با افزایش تراکم خاک ملاحظه گردید. درصد ساکارز و خلوص شربت نیز با افزایش تراکم خاک یک روند کاهشی را نشان داد هر چند این روند از لحاظ آماری معنی دار نبود. اندازه گیری شاخص های فیزیولوژیکی رشد مانند شاخص سطح برگ (Leaf Area Index)، سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate)، سرعت جذب خالص (Net Assimilation Rate) و سرعت رشد نسبی (Relative Growth Ratio) مشخص شد که با افزایش تراکم خاک از یک مقاومت فروسنجی ۶۵۰ به ۳۲۵۰ کیلوپاسکال این شاخص ها روند کاهشی معنی داری را نشان دادند.

واژه های کلیدی: سطوح تراکم خاک، عملکرد، اجزاء عملکرد و قند نیشکر.

مختلف از جمله استفاده مکرر از ماشین آلات سنگین

مقدمه

به خصوص در وضعیت رطوبتی نامناسب به تدریج

خاک های زراعی می توانند تحت تأثیر عوامل

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۱/۷/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۸۰/۴/۱۸

\* بخشی از رساله دکتری زراعت نگارنده اول در گروه تخصصی زراعت واحد علوم و تحقیقات \_ دانشگاه آزاد اسلامی

۲ و ۳ به ترتیب استادیار و دانشیار دانشگاه شهید چمران- اهواز

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

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

متراکم شوند. در اثر تراکم مقاومت مکانیکی خاک افزایش و تهویه خاک تحت تأثیر قرار می گیرد ریشه گیاه برای نفوذ در خاک باید نیروی 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 ریشه گیاه خواهد شد. در واقع ریشه برای نفوذ در خاک باید حفره ای به اندازه حجم خود در خاک ایجاد نماید. نیروی که ریشه گیاه اعمال می کند بسته به نوع گیاه بین ۰/۲۴ تا ۱/۴۵ 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 ۴/۲ مگاپاسکال (Nadian et al., 1998) گزارش شده است.

توانایی ریشه گیاهان در نفوذ به درون خاک متراکم بسیار متفاوت است (Cannell, 1982; Goss, 1976; Gooderham, 1977; Castillo et al., 1982) و راتلیف (Taylor and Ratliff, 1969) ملاحظه نمودند وقتی مقاومت مکانیکی خاک به یک مگاپاسکال افزایش یابد طولی شدن ریشه گیاه پنبه ۶۲ درصد کاهش پیدا می کند، حال آن که افزایش مشابه مقاومت مکانیکی خاک فقط توانست ۲۵ درصد طول ریشه گیاه بادام زمینی را کاهش دهد. بنگو و یانگ

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 نوبه 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

فقط ۱۰ درصد بود در حالی که این کاهش در تراکم روی ردیف ها بین ۲۱ تا ۴۵ 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 انورث (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 - محیطی در دوره 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 - مخزن (Source-Sink) و افزایش سنتز و ذخیره ساکارز در اثر اعمال عوامل زراعی - 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 تراکم 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 ماده خشک کل

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

داد که افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک از ۱/۳۱ به ۱/۴۹ باعث کاهش منافذ خاک از ۵۰/۶ درصد به ۴۳/۶ درصد گردید.

احمد و پل (Ahmad and Paul, 1978) دریافته اند 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 تراکم 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; Montieith and Banat, 1965). توریس 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 بوئی (Swinford and Boevey, 1984) دریافته اند 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

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 تردهای یاد شده به ترتیب شامل:  $(C_1) 900$ ،  $(C_2) 1800$  و  $(C_3) 2700$  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 ۶۵۰، 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 در تاریخ 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

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

### مواد و روش ها

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف تراکم خاک بر روی عملکرد کمی و کیفی نیشکر این طرح در مزارع کشت و صنعت امام خمینی استان خوزستان انجام شد. محل انجام آزمایش در مزرعه ۵-۱۲ SC، اداره 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 نمونه 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 (Exchangeable 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، ۶ 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

عملکرد نی، تعداد پنجه ها در واحد سطح و وزن ماده خشک برگ، ساقه و نی در سطح احتمال ۵ درصد 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 ماده خشک کل در طول دوره رشد گیاه از زمان اعمال تیمار تراکم خاک تا برداشت یک روند صعودی را نشان می داد به طوری که در نمودار ۴ مشاهده می شود وزن ماده خشک کل گیاه در تیمار شاهد به میزان چهار هزار گرم در متر مربع بود در حالی که با افزایش مقاومت فروسنجی خاک تا حد ۳۲۵۰ کیلوپاسکال وزن ماده خشک کل گیاه به میزان ۲۴۵۰ گرم در متر مربع کاهش پیدا کرد و یک کاهش ۳۰ درصدی در وزن ماده 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 ۶ 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

انجام گرفت. پس از حذف سرنی، محصول اقتصادی ساقه تعیین و شربت ساقه ها به وسیله پرس هیدرولیک استحصال شد، مقدار ساکارز و ماده خشک محصول شربت بر حسب بریکس (Brix) به ترتیب با استفاده از ساکاریمتر (Saccharimeter) و رفراکتومتر (Refractometer) در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد تعیین گردید. پولاریزاسیون (Polarization) واقعی شربت با استفاده از جدول استاندارد و ضریب اصلاحی مربوطه محاسبه شد.

خلوص شربت از نسبت درصد ساکارز به درصد ماده 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).

$$\% \text{Sucrose} = (\text{POL} \times 26) / \{105.811 + [(\text{brix} - 15) \times 0.44]\}$$

$$\text{Brix} = \text{brix} + (\text{Temperature} - 20) \times 0.075$$

$$96^\circ \text{sugar} = [(\text{sucrose} \times 21.058) - (\text{Cbrix} \times 6.15)]$$

$$\times \text{VCF} (\text{Varital Correction Factor})$$

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 خطای ۵ 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  $PR = 1/75x + 0/0033$  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،

رشد نسبی (نمودار ۹) نیز روندی مانند روند شاخص سطح برگ را نشان می‌دادند.

صفات مورد مطالعه در این تحقیق می‌تواند از دیدگاه های کمی، کیفی و فیزیولوژیکی مورد بحث و تفسیر قرار گیرد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تراکم خاک تا یک مقاومت فروسنجی ۱۲۵۰ کیلوپاسکال هیچ گونه اثر معنی داری بر روی عملکرد کمی و کیفی نیشکر ندارد. اگر چه در این آزمایش اثر تراکم خاک بر روی رشد ریشه گیاه نیشکر مطالعه نشده است ولی می‌توان 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 می‌دهد که فشار ریشه ای گیاه نیشکر (وارته ۱۰۳ - ۴۸ CP) در مقایسه با فشار ریشه ای سایر گیاهان زراعی که بین ۲۴۰ تا ۱۴۵۰ کیلوپاسکال برآورد می‌شود 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 ماده 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 اکسید کربن هوای خاک) یک عامل مهم دیگر در این کاهش می‌تواند باشد. در این مطالعه غلظت اکسیژن و دی اکسید کربن 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) ۴۶ درصد و ارتفاع نی ۲۷ درصد کاهش نشان داد. کاهش رشد اندام های هوایی گیاه تحت شرایط تراکم خاک می‌تواند ناشی از کاهش رشد ریشه و انتشار آن در خاک باشد که این به نوبه خود می‌تواند بر روی جذب عناصر غذایی به خصوص عناصر کم تحرک خاک مانند فسفر اثر بگذارد. چنین کاهش در اندام های هوایی 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 می‌تواند متأثر از کاهش در میزان رشد و گسترش ریشه گیاه باشد می‌تواند ناشی از کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش در میزان فتوسنتز و انتقال مواد به ساقه باشد (نمودار ۵)

افزایش تراکم خاک به کاهش منافذ درشت خاک منجر می‌شود (Hoffmann and Jung, 1995) و این امر به تجمع بیشتر آب در خاک و نتیجتاً کاهش تهویه خاک منجر می‌شود که می‌تواند به کاهش عملکرد گیاه منجر شود. مشابه با نتایج یاد شده، یانگ (Yang, 1977) ملاحظه نمود هنگامی که میزان آب خاک در عمق ۴۰ سانتیمتری خاک برای مدت نسبتاً طولانی بالا بماند عملکرد نی کاهش می‌یابد. یک کاهش مشابه در عملکرد نی زمانی که وزن مخصوص خاک از ۱/۴۰ به ۱/۶۵ گرم بر سانتیمتر مکعب خاک افزایش داده شد توسط هار (Harr, 1960) گزارش گردیده است.

اگرچه تراکم خاک باعث کاهش معنی دار عملکرد

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.

کمی 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

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

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

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

جدول ۲ - خلاصه تجزیه واریانس اثرات سطوح مختلف تراکم خاک بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد نیشکر واریته ۱۰۳ - ۴۸ CP

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

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

ns و \* به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۵ درصد احتمال. ns و \* : Non significant and significant at the 5% levels of probability respectively.

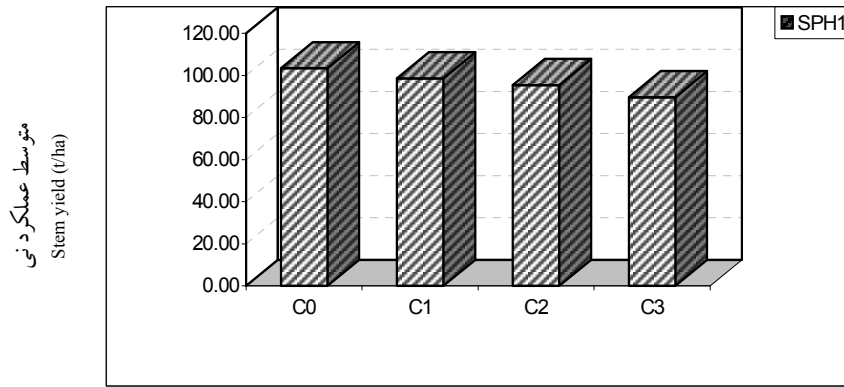
جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات مربوط به عملکرد و اجزاء عملکرد نیشکر واریته ۱۰۳ - ۴۸ CP به روش آزمون L.S.D

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

| مقاومت فروسنجی خاک (PR)<br>کیلو پاسکال (Kpa)                    | درجه خلوص شربت<br>Purity % | درصد ساکارز<br>Sucrose % | عملکرد نی<br>Cane yield t/ha | عملکرد ساکارز<br>Sucrose yield t/ha |
|---|----------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| کنترل (CO)<br>650<br>Control                                    | 92.03 a*                   | 10.70 a                  | 103.37 aa                    | 10.93 a                             |
| اولین سطح تراکم خاک (C1)<br>1250<br>The first level compaction  | 91.73 a                    | 10.56 a                  | 98.54 abb                    | 10.40 a                             |
| دومین سطح تراکم خاک (C2)<br>2350<br>The second level compaction | 92.46 a                    | 10.36 a                  | 95.33 bc                     | 9.87 a                              |
| سومین سطح تراکم خاک (C3)<br>3250<br>The third level compaction  | 91.73 a                    | 11.00 a                  | 89.61 cc                     | 9.85 a                              |

\* در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند در سطح احتمال خطای ۵ درصد معنی دار نیست.

\*Difference of means having at least one common letter is not significant at the 5% level of probability.

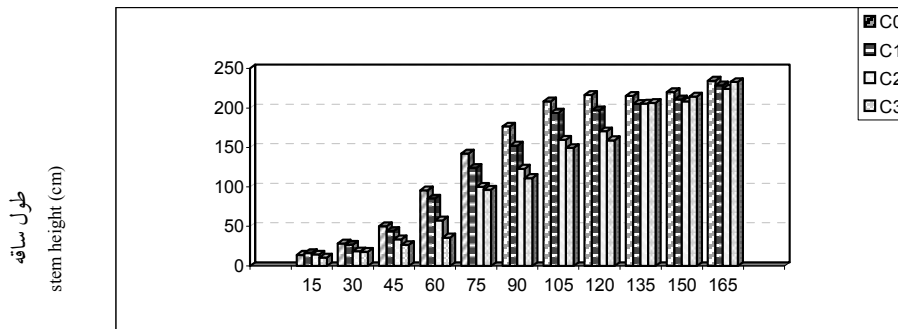


تیمارهای تراکم خاک

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.

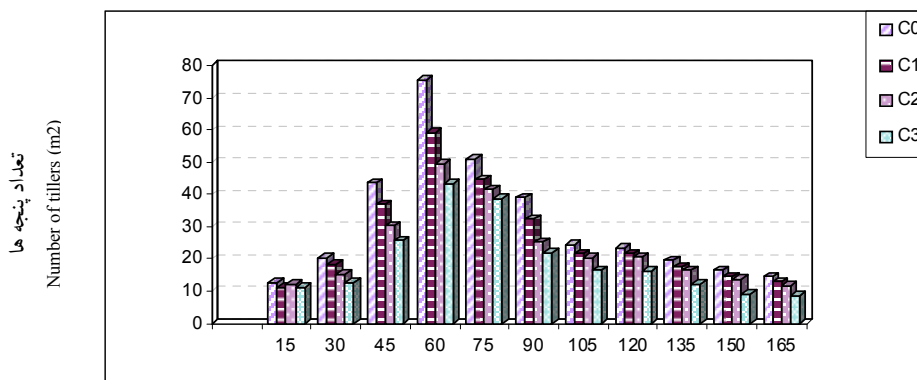


روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک

Days After soil compaction treatment

نمودار ۲- طول ساقه تحت تاثیر سطوح مختلف تراکم خاک در طول دوره رشد

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



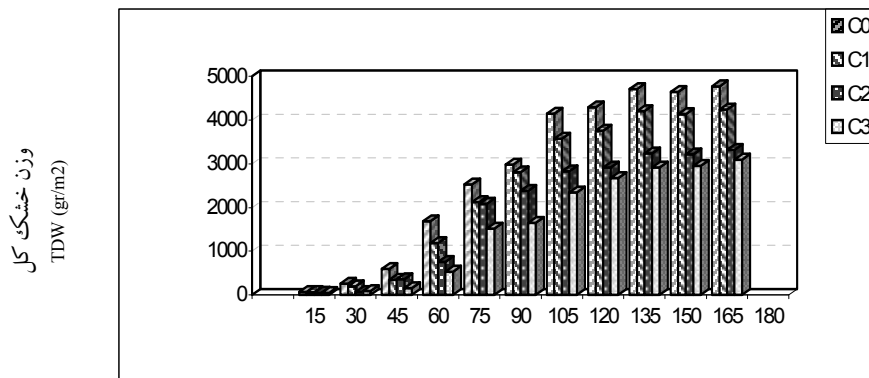
روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک

Days after soil compaction treatment

نمودار ۳- تعداد پنجه ها در مترمربع تحت تاثیر سطوح مختلف تراکم خاک در طول دوره رشد.

Fig. 3. Number of tiller per 1m<sup>2</sup> as affected by different levels of soil compaction during growth period.



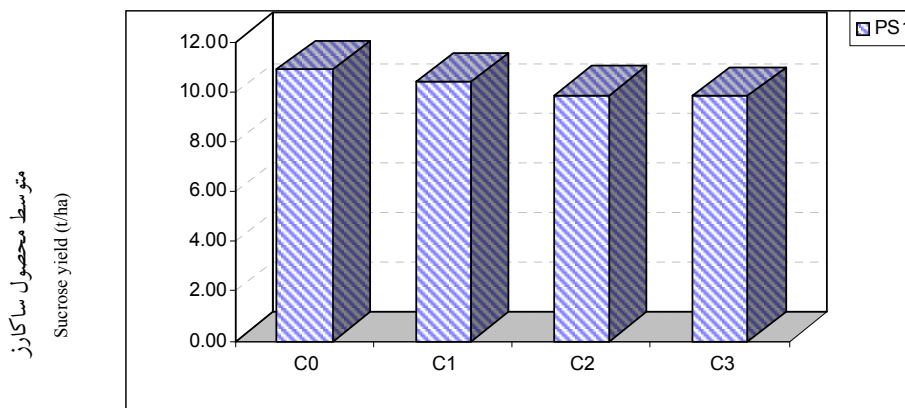


روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک.

Days after soil compaction treatment.

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

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

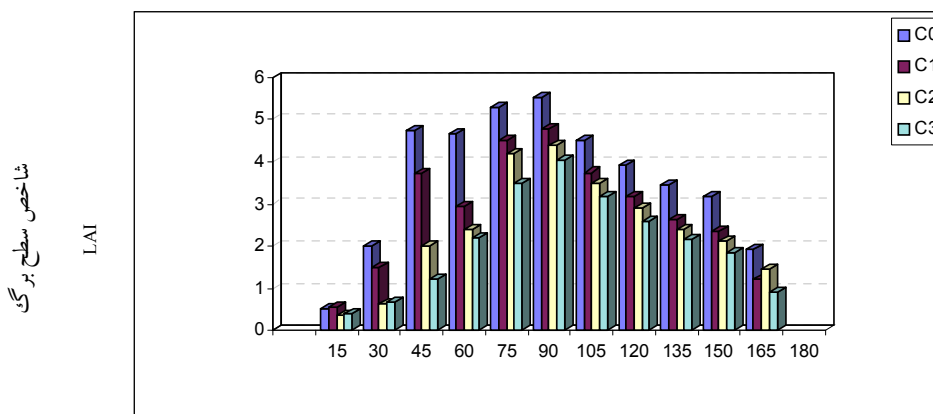


تیمار تراکم خاک

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.

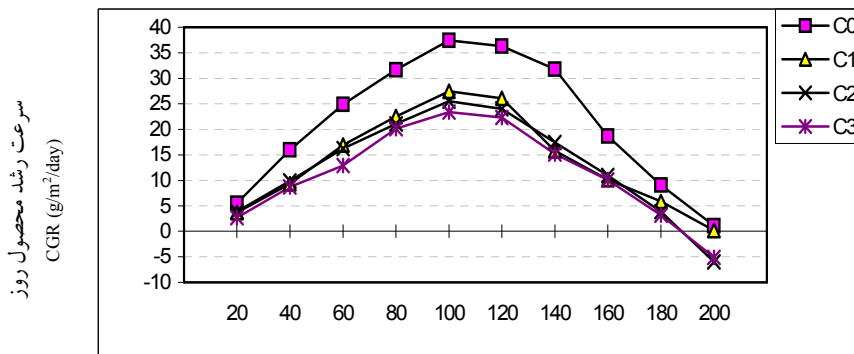


روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک.

Days after soil compaction treatment.

نمودار ۶- تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک در طول دوره رشد.

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

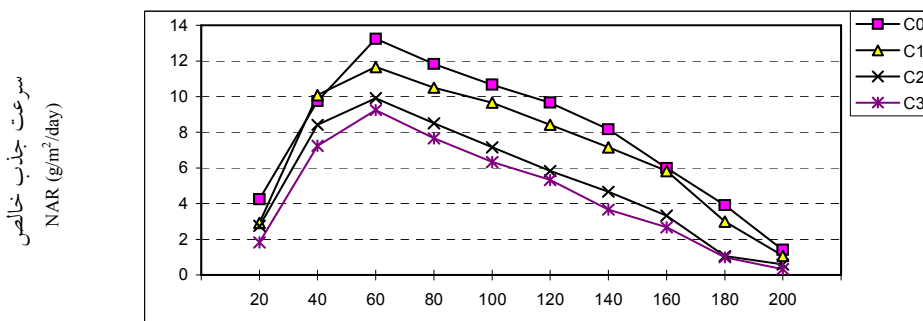


روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک

Days after soil compaction treatment

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

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

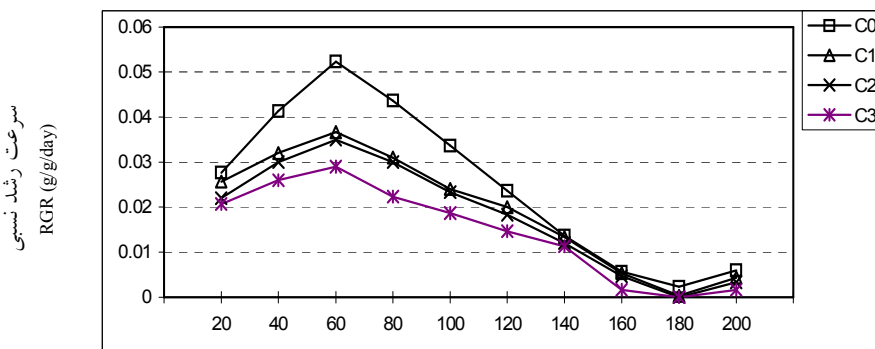


روزهای پس از اعمال تیمار تراکم خاک.

Days after soil compaction treatment.

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

Fig. 8. Net assimilation 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 دوره رشد.

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

می توان اظهار نظر کرد که تراکم خاک بر روی عملکرد کمی گیاه به شدت تأثیر گذاشته هر چند

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق

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 کارشناس ارشد اداره مطالعات کاربردی واحد امام خمینی تشکر و قدردانی می شود.

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 ماده خشک کل در اثر افزایش تراکم خاک می باشد.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از آقایان مهندس آمیلی عضو محترم

### 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 Elsevier Science.
- Cannell, R.Q. 1982. Soil aeration and compaction in relation to root growth and soil management. Appl. Biology. **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 potassium 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. 13<sup>th</sup> 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.
- 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 characteristics 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. Differentiation 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. 16<sup>th</sup> Congr ISSCT, 835– 847.