تاثیر سطوح مختلف فشردگی خاک و فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای رقم سینگل کراس ۷۰٤

ناظر آریان نیا[۱]، حبیب اله نادیان[۲]، عطا اله سیادت[۳] و قربان نورمحمدی[٤]

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف فشردگی خاک و فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانـه ای (*Zea mays* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با چهار تکرار به مورد اجرا در آمـد. در ایـن مطالعـه چـهار سطح فشردگی خاک شامل ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و۷۵۰ کیلو پاسکال و سه سـطح فسـفر شـامل ۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلـوگرم در هکتـار سوپر فسفات تریپل منظور شد. تیمار فشردگی خاک توسط یک دستگاه تراکتور جاندیر مدل ۳۱۴۰ با حرکت رفت و برگشتی در بین ردیف های کاشت اعمال شد. کود فسفره به صورت نواری در عمق ۱۰ سانتی متری از محل قرار گیری بذر و به فاصله ۱۰ سانتی متری از محل کشت بذر به خاک اضافه شد. نتایج این مطالعه نشان داد کـه بـا فشـرده کـردن خـاک در یـک مقـاومت فروسنجی ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و۹۰۰ کیلو پاسکال عملکرد اقتصادی، بیولوژیکی و اجـزای عملکـرد بطـور معنـی داری (در سـطح احتمال یک درصد) کاهش پیدا نمود. ولی فسفر و اثرات متقابل فشردگی خاک با فسفر تاثیری بر عملکرد اقتصادی، بیولوژیکـی و اجزای عملکرد نداشتند. بیشترین عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی به ترتیـب ۸۱۹ و ۱۴۹۶ گرم در مـتر مربـع در تیمـار شـاهد بدست آمد. عملکرد اقتصادی و بیولوژیک در آخرین سطح تیمار فشردگی نسبت به شـاهد بـه ترتیـب ۲۸ و ۲۳ درصـد کـاهش نشان دادند. بیشترین و کمترین اثر فشردگی خاک بر روی اجزاء عملکرد ذرت به ترتیب در کاهش تعداد دانه در ردیف (۲۳ ٪) و کاهش وزن دانه (۵ ٪) مشاهده شد. با افزایش میزان فشردگی خاک سرعت پر شدن دانه کاهشی ۳۷ درصدی و دورهٔ پر شـدن دانـه افزایشی ۱۳ درصدی را نشان داد که کاهش وزن نهایی دانه به مقدار زیادی تحت تاثیر کاهش سرعت پر شـدن دانـه قـرار گرفت.

واژه های کلیدی: فشردگی خاک، مقاومت فروسنجی، فسفر، ذرت، عملکرد، اجزای عملکرد.

مقدمه

همـه سـاله بـر اثـر اسـتفاده مکـرر از ماشـین آلات سـنگین کشـاورزی در عملیـات کاشـت، داشـت و برداشت در زراعت های مختلف یک مزرعه بر مقـدار فشردگی خاک بویژه در خاکهای سنگین بـافت نظـیر خاکهای استان خوزستان افـزوده مـی شـود. اگرچـه عملیات شخم و تهیه زمین فشردگی خاک را در لایـهٔ سطحی از بین می بـرد ولـی مشـکل مـتراکم شـدن خاک در لایه های پـایین تـر همچنـان (مـگر اینکـه عملیات زیر شـکن انجـام شـود) بـاقی اسـت. مـیزان متراکم شدن خـاک تحـت تـاثیر نـیروی وزن ادوات، بافت خاک و مقدار رطوبت خاک متغیر است.

تراکم خاک به طرق مختلف بـاعث کـاهش رشد گیاهان می شود. با مـتراکم شـدن خـاک بدلیـل افزایش مقاومت مکانیکی آن، توسعه ریشه به اعمـاق و اطراف کاهش می یابد که در نتیجه بر رشد بخـش هوایی گیاه نیز تاثیر خواهد گذاشـت. بـر طبـق نتـایج

۱- دانشجوی دورهٔ دکتری واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی اهواز
۲- استاد یار دانشگاه شهید چمران اهواز مجتمع عالی کشاورزی رامین
۳- دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز مجتمع عالی کشاورزی رامین
٤- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت:۸۱/۲/۹
تاریخ پذیرش:۸۱/۹/٤

ارائه شده توسط نادیان و همکاران (۲۲) افزایش تراکم خاک از یک مقاومت فروسنجی ۴۰۰ تا۳۵۰۰ کیلو پاسکال نه تنها رشد ریشه را بشدت کاهش داد، بلکه توزیع آن را نیز تحت تاثیر خود قرار داد. از دیگر عوارض افزایش مقاومت مکانیکی خاک می توان به جوانه زنی ضعیف، رشد ضعیف و سبز شدن غیر یکنواخت (۲۶، ۳۰) و همچنین عدم تغذیه مناسب (۵) اشاره کرد. عوامل ذکر شده در نهایت بر عملکرد تاثیر منفی خواهند گذاشت. مطالعات وورهیس و همکاران (۳۳) بر روی عملکرد ذرت کاهشی۳۰ درصدی در دو سال اول پس از بکارگیری وسایل سنگین را نشان داد. از طرف دیگر استفاده از عملیات زیر شکن در بین ردیف های کاشت (۱۳) و استفاده از عملیات زیر شکن نسبت به شخم چیزل (۳۱) عملکرد را به طور معنی داری افزایش داده است.

فشردگی خاک بر میزان جذب عناصر غذایی بویژه فسفر تاثیر می گذارد. هیرا و سینگ (۱۹) عقیده داشتند که سرعت انتشار فسفر و پتاس در نواحی مختلف به علت تغییرات ساختمان و محتوای آب خاک در اثر متراکم شدن آن تغییر می کند. همچنین پریش (۲۵) عنوان نمود که یک سیستم ریشه ای محدود شده ممکن است به مقدار زیادی جذب عناصر کم تحرکی مثل فسفر و پتاس را بویژه در خاکهاییکه مقدار این عناصر کم است کاهش دهد. دولان و همکاران (۱۲) نیز عقیده دارند که خاکهای خیلی متراکم باعث کاهش رشد ریشه و در نتیجه باعث کاهش جذب عناصر کم تحرک نظیر فسفر و پتاس از خاک می شوند. آنها همچنین اعلام نمودند که انتشار عناصر کم تحرک ممکن است در شرایط مرطوب تر خاکهای با زهکش ضعیف افزایش یابد و اضافه نمودند که شواهدی در رابطه با تاثیر مثبت فشرده شدن خاک در دراز مدت بر جذب فسفر و پتاس در ذرت در شرایط با زهکش ضعیف وجود دارد. ژانگ و باربر (۳۵) گزارش داده اند که کمبود آب بدلیل کاهش بارش، جذب فسفر و پتاس را در خاکهای متراکم ۲۲ درصد کاهش داده است. شیرلاو و آلستون (۲۸) گزارش کردند که ریشه ها کاهش طول خود را در خاکهای متراکم با جذب بیشتر عناصر در واحد طول ریشه جبران می کنند. نادیان و همکاران (۲۴) نیز گزارش نمودند که اگرچه تراکم خاک باعث کاهش میزان کل فسفر جذب شده توسط گیاه می شود ولی میزان جذب فسفر در واحد طول ریشه را افزایش می دهد و این به عنوان یک مکانیزم دفاعی گیاه و به منظور کاهش اثرات سوء ناشی از تراکم خاک بکار برده می شود.

تراکم خاک بر روی تخلخل آن و در نتیجه بر رطوبت و هوای خاک تاثیر می گذارد. هر دو این عوامل بر روی رشد و نمو گیاه اثر می گذارند. منافذ درشت خاک که آب را در مکش رطوبتی کمتر هدایت می کنند نسبت به منافذ ریزتر که آب را در مکش رطوبتی بیشتر هدایت می کنند، تحت تاثیر فشرده شدن خاک به سادگی از بین می روند. در نتیجه حرکت آب و مواد و جذب آنها توسط گیاه کاهش می یابد (۶). متراکم شدن خاک تحت الارض در خاکهای شنی، کمبود آب و مواد غذایی را جبران می کند. بطوریکه آگراوال (۴) با فشرده کردن خاک شنی، مقدار آب را از ۱۵ به ۳۶ درصد افزایش داد. روزبرگ (۲۷) گزارش داد که تردد ادوات کشاورزی بطور معنی داری نفوذپذیری هوا را در شخم متعارف کاهش داد، ولی در تیمار بدون شخم چنین اثری دیده نشد. همچنین سیموجوکی و همکاران (۲۹) در آزمایش مزرعه ای مشاهده کردند که در خاک متراکم شده تفاوت های هفتگی غلظت اکسیژن و دی اکسید کربن هوای خاک نسبت به خاک متراکم نشده در اعماق مختلف بیشتر بود و تفاوت ها با افزایش عمق بیشتر شد. آنها همچنین اشاره کردند که خاکهای متراکم با رطوبت زیاد به علت تهویه ضعیف دارای مقدار اتیلن بیشتری در هوای خاک می باشند. آنچه که در فوق گفته شد حکایت از وجود اثرات منفی خاک متراکم بر روی رشد و عملکرد گیاهان دارد. با

وجود این، باید توجه نمود کـه نیـاز کمـتر بـه انـرژی مصرفی در عملیات خاک ورزی (۱۷ ،۲۶) و حفـاظت خاک در اثر کاهش فرسایش (۲۱) تعـدادی از فوایـد حفظ فشردگی خاک یا کشت بدون شخم هستند.

نه تنها توانائی ریشه گیاهـان در نفـوذ بـه درون خاک متراکم بسیار متفاوت است (۱۰،۱۴ ،۱۵) بلکـه توانایی ریشه یـک گیـاه در نفـوذ بـه خـاک مـتراکم بستگی به خصوصیاتی مانند بـافت خـاک، گنجـایش رطوبتی و هوایی خاک و میزان مواد آلی آن دارد.

تاکنون در ایران هیچگونه مطالعه ای بر روی اثر تراکم خاک بر روی عملکرد و اجزاء عملکـرد گیاهـان صورت نگرفته است. ایـن امـر بـه ویـژه در خاکـهای استان خوزستان که سنگین بافت هستند و اثرات سـوء بیشتری را بر روی گیاه ایجاد می نمایند، مـورد توجـه واقع نشده است. لذا این تحقیق به منظور مطالعه اثـر سطوح مختلف تراکم خاک و فسفر بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت با تاکید بر مؤلفه هـای رشـد دانـه (سرعت پر شدن دانه و دوره پر شدن دانـه) بـه مـورد اجراء در آمد.

مواد و روشها

آزمایش در مزرعه ای با بافت رسـی لومـی واقـع در دوازده کیلومتری شمال شهرسـتان شـوش دانیـال بـاطول جغرافیـایی ۴۸ درجـه و ۱۵ دقیقـه و عـرض جغرافیایی ۳۲ درجـه و ۱۲ دقیقـه در سـال ۱۳۷۹ بـه صـورت فـاکتوریل در قـالب طـرح بلوکـهای کـامل تصادفی در چهار تکرار با چهار سطح فشردگی خـاک و سه سطح فسفر انجام شد. برای از بین بردن تراکم اولیهٔ خاک، عملیات زیر شکن توسط یکدستگاه بلدوزر به عمق ۷۰ سانتی متر انجام شد. هر کـرت آزمـایش شامل هفت خط با فاصلهٔ ۷۵ سانتی مـتر و طـول ۱۲ متر در نظر گرفته شد. پس از تهیـه زمیـن و قبـل از بذرکاری، کود فسـفره در سـه سـطح ۰ ، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپـر فسـفات تریپـل بـه صـورت نواری در عمق ۱۰ سانتی متری و فاصلهٔ ۱۰ سانتی از متری محل کاشت بذر به زمین اضافه شد (۱۲). کود ازته به صورت اوره به مقدار ۳۵۰ کیلو گرم در هکتـار مصرف شد که نصف آن در زمان کاشـت و مـابقی در زمان ۸ برگه شدن ذرت اضافه گردید. کود پتاسه بـه صورت سولفات پتاسـیم بـه مقـدار ۲۰۰ کیلـو گرم در هکتار به صورت نواری به همراه کود فسفره به خـاک افزوده شد. سپس بذور با تراکم ۷۶۰۰۰ بوته در هکتار کشت گردید.

آبیاری بر طبـق روش معمـول کشـت ردیفـی از طریق جوی آب و با استفاده از سیفون صورت گرفـت و دقت کامل به عمل آمد تا میزان آب مصرفی بـرای تمام تیمارها مساوی باشد. دو هفته پس از سبز شدن مزرعه توسط یک دستگاه تراکتور جاندیر مـدل ۳۱۴۰ به همراه ۶۰۰ کیلوگرم وزنه تیمارهای فشردگی خاک در چـهار سـطح شـامل ۰ ، ۳ ، ۶ و۹ بـار رفـت و برگشت تراکتـور در رطوبـت وزنـی ۲۰ درصـد خـاک اعمال گردید.

با استفاده از رابطه P = (F/A) N مقـدار فشـار وارد بر خاک (P) از تقسیم نیروی وزن تراکتور(F) بـه سطح تماس چرخهای تراکتور (A) ضربدر تعداد رفت و برگشت تراکتور (N) محاسبه گردید (۳۳). بـر ایـن اساس، چهار سطح فشار وارده محاسبه شده به ترتیـب شامل ۰ ، ۲۵۰ ،۵۰۰ و۷۵۰ کیلو پاسکال مـی باشـند. مقاومت فروسنجی خاک توسـط یکدسـتگاه فروسـنج دستی با یک زاویه مخروطی ۳۰ درجه تعییـن گردیـد. بدین منظور اعداد قرائت شدهٔ دستگاه فرو سنج در هـر سطح از فشـردگی خـاک بـا اسـتفاده از یـک جـدول استاندارد مربوطه به مقاومت فرو سنجی خاک تبدیـل گردید. مقاومت های فروسنجی بدست آمده به ترتیـب عبارتند از ۲۵۰ ، ۵۰۰ ،۷۵۰ و۹۰۰ کیلو پاسکال.

عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد بـلال در بوتـه ، تعداد ردیف دانه در بلال ، تعداد دانه در ردیف بـلال و وزن دانه) از برداشت خط وسط هر کـرت بـا در نظـر گرفتن حاشیه، یک متر از بالا و یک متر از پـایین بـه طول ۱۰ متر، معادل ۷/۵ متر مربع (با توجه به فاصلـه ۷۵ /۰ مـتری خطـوط کاشـت) در زمـان رسـیدگی

فیزیولوژیکی محاسبه گردید. عملکرد بیولوژیکی، شامل تمام اجزاء هوایی گیاه (ساقه، برگ و بلال) نیز از خط وسط هر کرت بدست آمد. شاخص برداشت از حاصل قسمت عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیکی محاسبه گردید. مؤلفه های رشد دانه شامل سرعت پر شدن دانه و دورهٔ پر شدن دانه از نمونه برداریهای تخریبی از خطوط شمارهٔ ۲ و ۶ هر کرت در ۵ نوبت نمونه برداری از زمان گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیکی و سپس محاسبات رگرسیونی بدست آمد. داده های خام توسط برنامه minitab تجزیه واریانس و مقایسه میانگینها به روش دانکن انجام شد.

نتایج

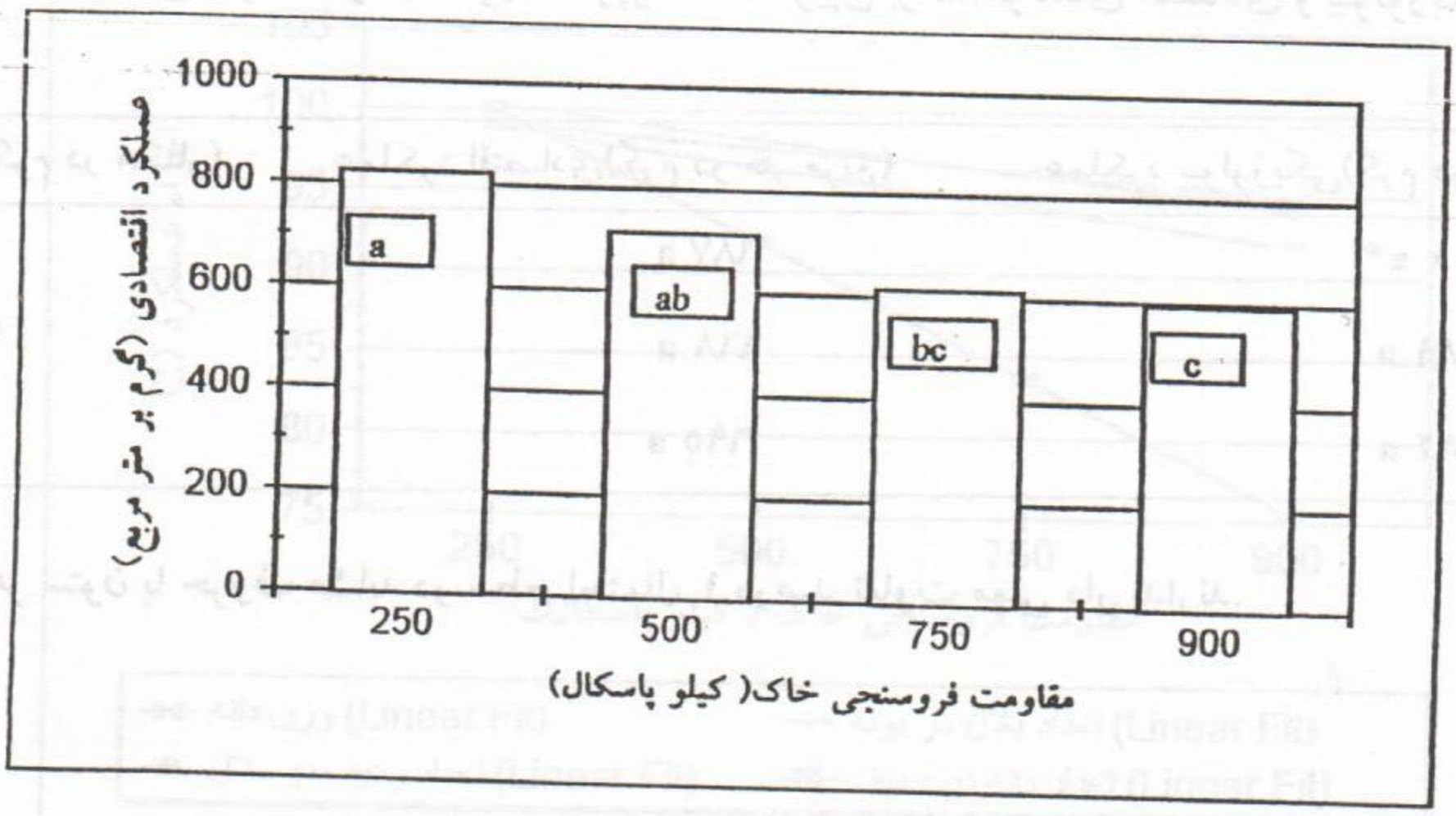
تیمار فشردگی خاک در سطح معنی دار یک درصد هم بر عملکرد اقتصادی و هم بر عملکرد بیولوژیکی تاثیر معنی داری گذاشت. ولی اثر تیمار فسفر و اثرات متقابل فشردگی و فسفر معنی دار نشد. بیشترین عملکرد اقتصادی در تیمار شاهد به مقدار ۸۱۹ گرم بر متر مربع بدست آمد. عملکرد در آخرین سطح فشردگی ۲۸ درصد کاهش یافت. بیشترین عملکرد بیولوژیکی نیز از تیمار شاهد به مقدار ۱۴۹۶ گرم در متر مربع بدست آمد و با افزایش فشردگی خاک در آخرین سطح ۲۳ درصد از مقدار بیوماس کاسته شد، شکلهای شمارهٔ (۱ و۲).

تیمار فسفر بر روی عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی تاثیری نداشت، جدول(۱). شاخص برداشت تحت تاثیر فشردگی خاک، فسفر و اثرات متقابل آنها قرار نگرفت و بطور متوسط حدود ۵۳ درصد شد. تعداد بلال در بوته، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف بلال در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر تیمار فشردگی قرار گرفتند. ولی تیمار فسفر و اثرات متقابل فسفر و فشردگی تاثیری بر اجزاء عملکرد نداشتند. تحت تاثیر فشردگی خاک در بین اجزاء عملکرد بیشترین کاهش به مقدار ۲۳ درصد در تعداد دانه در ردیف بلال دیده شد. تعداد بلال در بوته و تعداد ردیف در بلال کاهشی ۷ درصدی نشان دادند. وزن تک دانه کمترین کاهش را به مقدار ۵ درصد نشان داد شکل شماره (۳). بنابراین در آزمایش اخیر حساس ترین جزء عملکرد به فشردگی خاک تعداد دانه در ردیف بود. وزن دانه کمترین کاهش را نسبت به شاهد از خود نشان داد. تیمار فسفر بر روی اجزاء عملکرد تاثیر معنی داری نشان نداد جدول (۲).

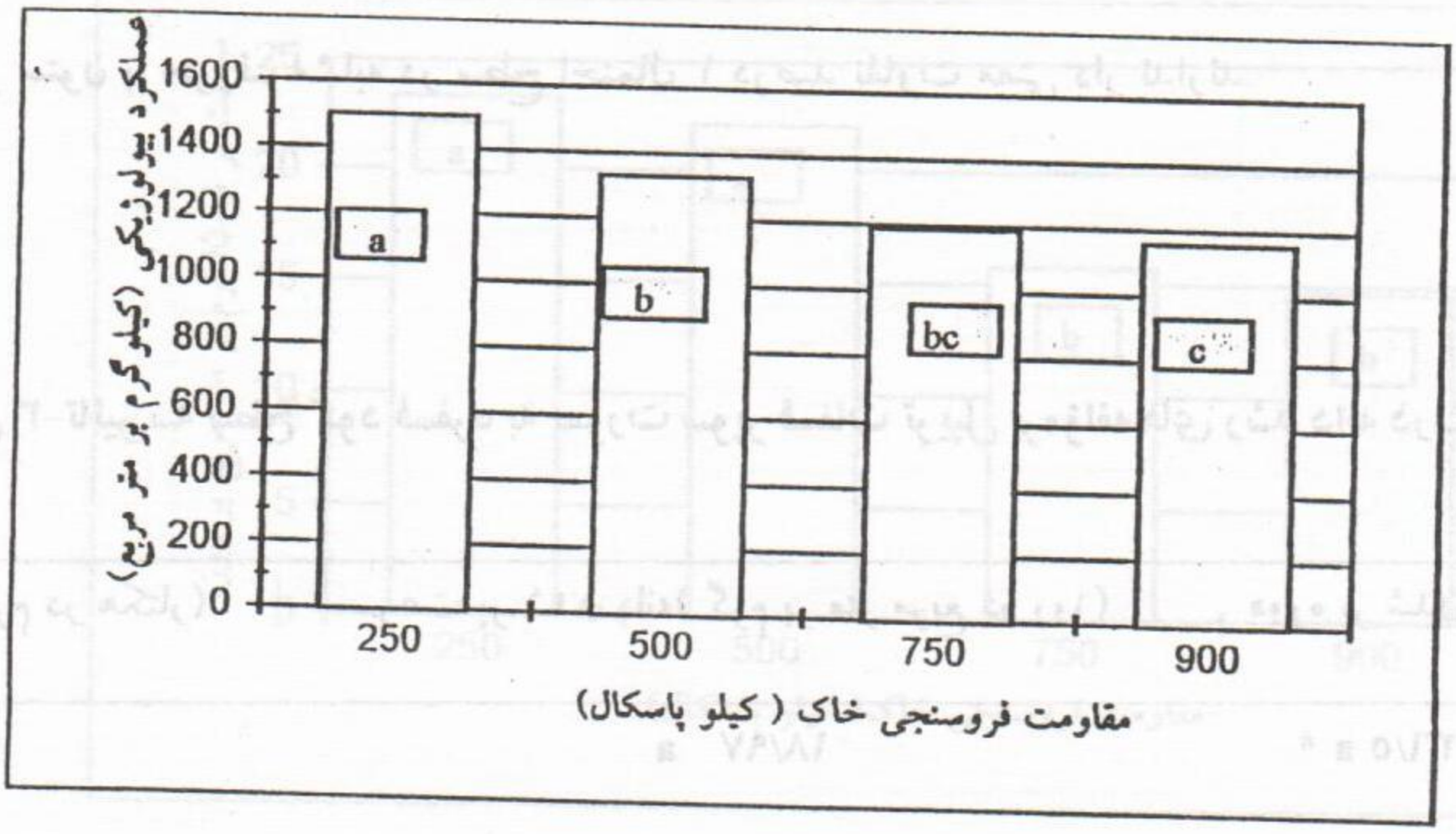
فشردگی خاک بر وزن نهایی دانه و مؤلفه های آن (دورهٔ پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه) تاثیر گذاشت. با افزایش میزان فشردگی خاک سرعت پر شدن دانه کاهشی ۳۷ درصدی نشان داد، در صورتیکه دورهٔ پر شدن دانه افزایشی ۱۳ درصدی داشت، شکلهای شماره (۴ و۵). بنابر این کاهش وزن دانه در واحد سطح بستگی زیادی به کاهش سرعت پر شدن دانه داشته است. تیمار فسفر بر روی مؤلفه های رشد دانه اثری نداشت، جدول شماره (۳).

بحث

بیشترین عملکرد اقتصادی در تیمار شاهد به مقدار ۸۱۹ گرم بر متر مربع بدست آمد. با افزایش مقاومت فروسنجی خاک از ۲۵۰ کیلو پاسکال در تیمار شاهد به ۹۰۰ کیلو پاسکال در آخرین سطح تیمار فشردگی خاک، عملکرد دانه ۲۸ درصد کاهش یافت. کاهش عملکرد ذرت می تواند، حداقل در بخشی، ناشی از کاهش رشد و توسعهٔ ریشه باشد. وورهیس و همکاران (۳۴) کاهش رشد اندام های هوایی گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد را ناشی از کاهش رشد و نمو ریشه می دانند. نتایج مشابهی توسط نادیان و همکاران (۲۳) مبنی بر کاهش عملکرد اندامهای هوایی گیاه به علت کاهش رشد ریشه در خاکهای متراکم گزارش شده است. در این آزمایش رشد ریشه مورد مطالعه قرار نگرفته است ولی ادامهٔ مطالعات اثر فشردگی خاک بر روی ریشهٔ ذرت که توسط نگارندگان در دست اجراست، نشان



شکل ۱-تاثیر چهار سطح فشردگی خاک بر عملکرد اقتصادی گیاه ذرت
مقادیر دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار ندارند.



شکل ۲- تاثیر چهار سطح فشردگی خاک بر عملکرد بیولوژیکی گیاه ذرت
مقادیر دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۱-تاثیر سه سطح کود فسفره به صورت سوپر فسفات تریپل بر عملکردهای اقتصادی و بیولوژیکی ذرت

فسفر (کیلو گرم در هکتار)	عملکرد اقتصادی(گرم در متر مربع)	عملکرد بیولوژیکی(گرم در متر مربع)
۰	٦٨٧ a	۱۳۰۰ a*
۲۵۰	٦٦٨ a	۱۲۸۱ a
۵۰۰	٦٩٥ a	۱۲۸۲ a

* : اعداد هر ستون با حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

جدول۲-تاثیر سه سطح کود فسفره به صورت سوپر فسفات تریپل براجزای عملکرد ذرت

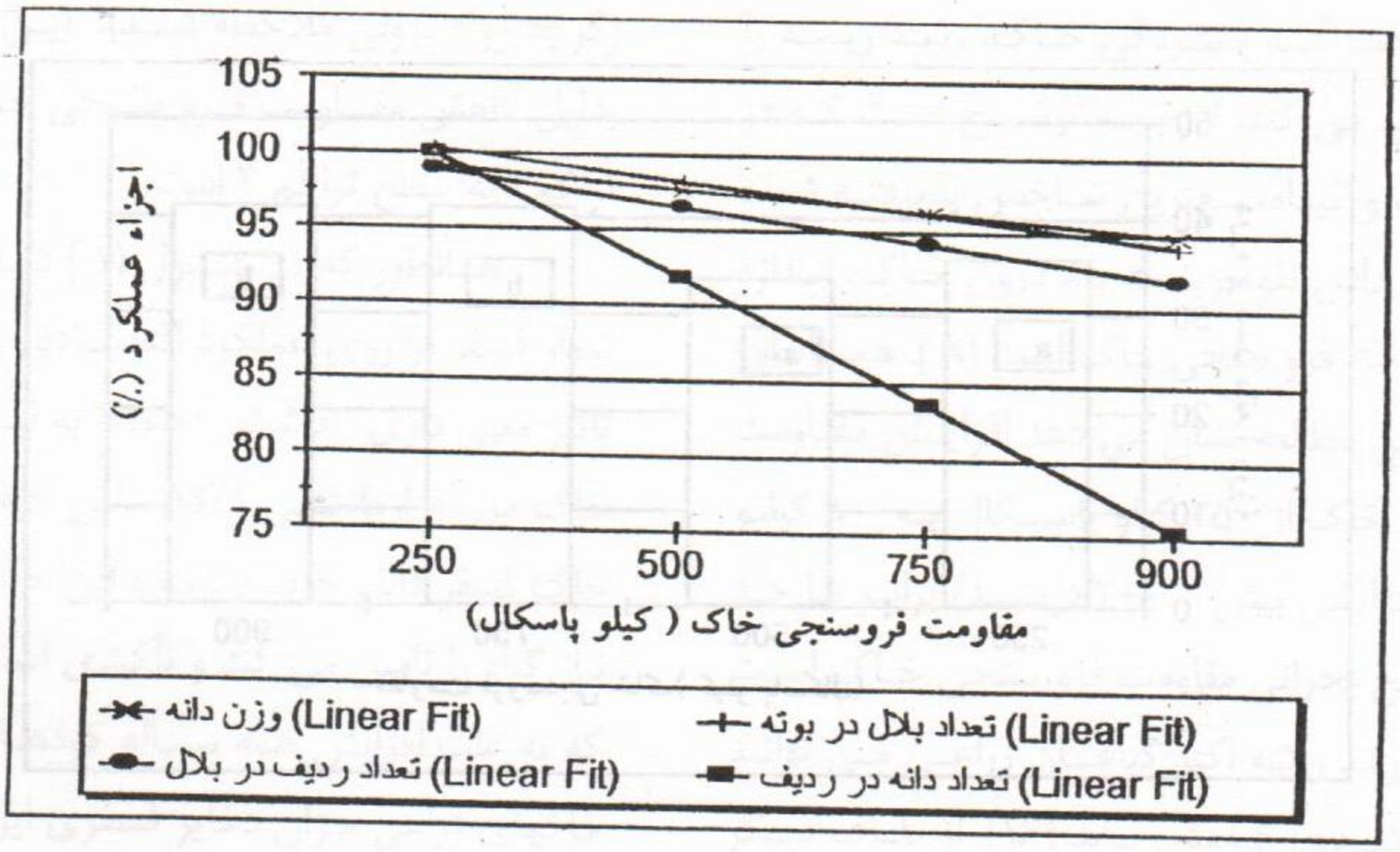
فسفر(کیلو گرم در هکتار)	تعدادبلال در بوته	تعداد ردیف دانه	تعداد دانه در ردیف	وزن دانه (میلی گرم)
۰	۰/۸۸۹ a	۱۳/۵۷۱ a	۲۱/۵۵ a	۲۹٤a *
۲۵۰	۰/۹۰۵ a	۱۳/٦۱٦ a	۲۱/۱۸ a	۲۸۹ a
۵۰۰	۰/۹۰۳ a	۱۳/۵۵۹ a	۲۲/٦۳ a	۳۰۸ a

* : اعداد هر ستون با حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

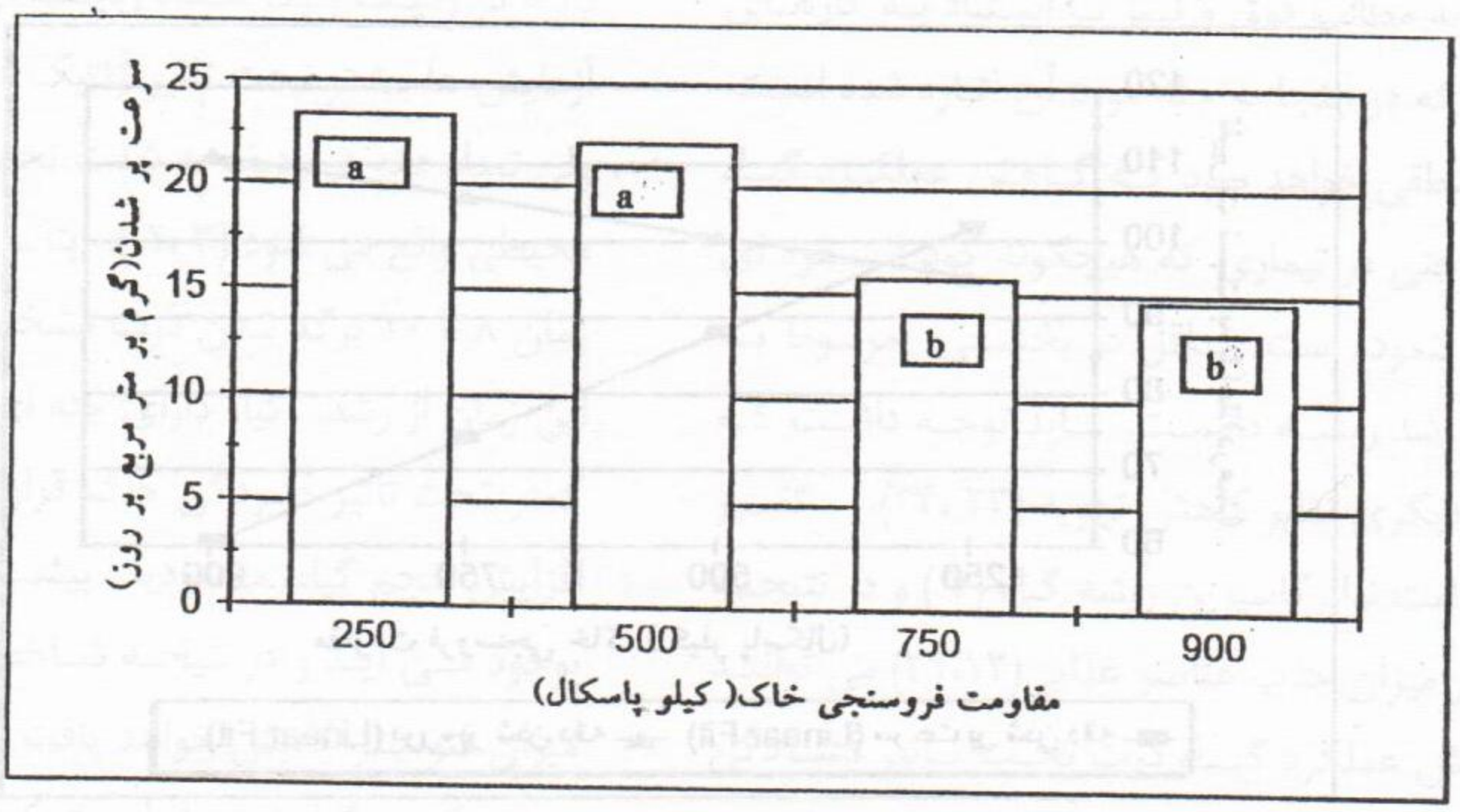
جدول ۳-تاثیر سه سطح کود فسفره به صورت سوپر فسفات تریپل برمؤلفه‌های رشد دانه ذرت

فسفر (کیلو گرم در هکتار)	سرعت پر شدن دانه(گرم بر متر مربع در روز)	دوره پر شدن(روز)
۰	۱۸/۹۷ a	۳٦/۵ a *
۲۵۰	۱۸/۷۰ a	۳۹/۲ a
۵۰۰	۱۸/۸۸ a	۳۷/۵ a

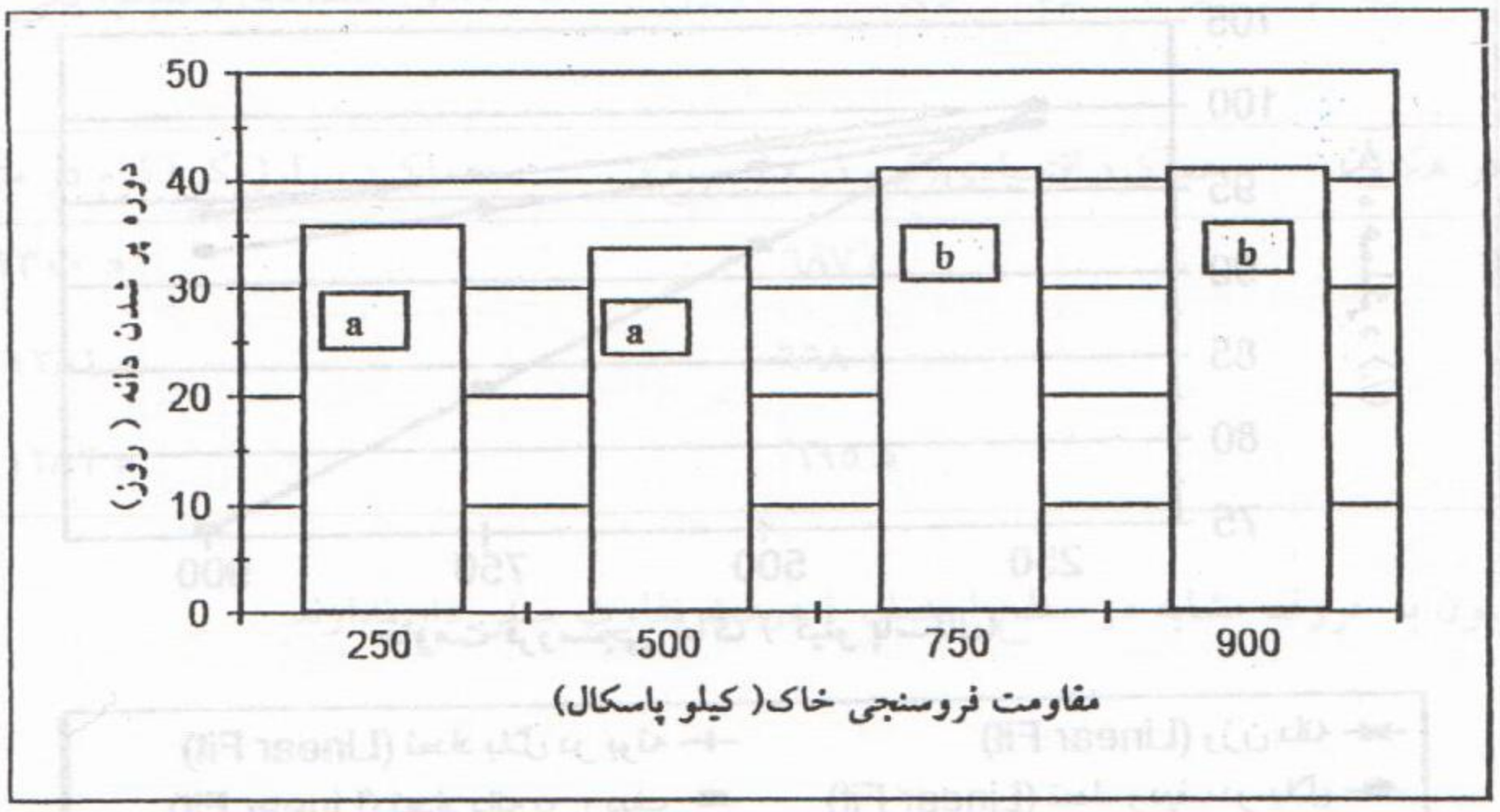
* : اعداد هر ستون با حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار ندارند.



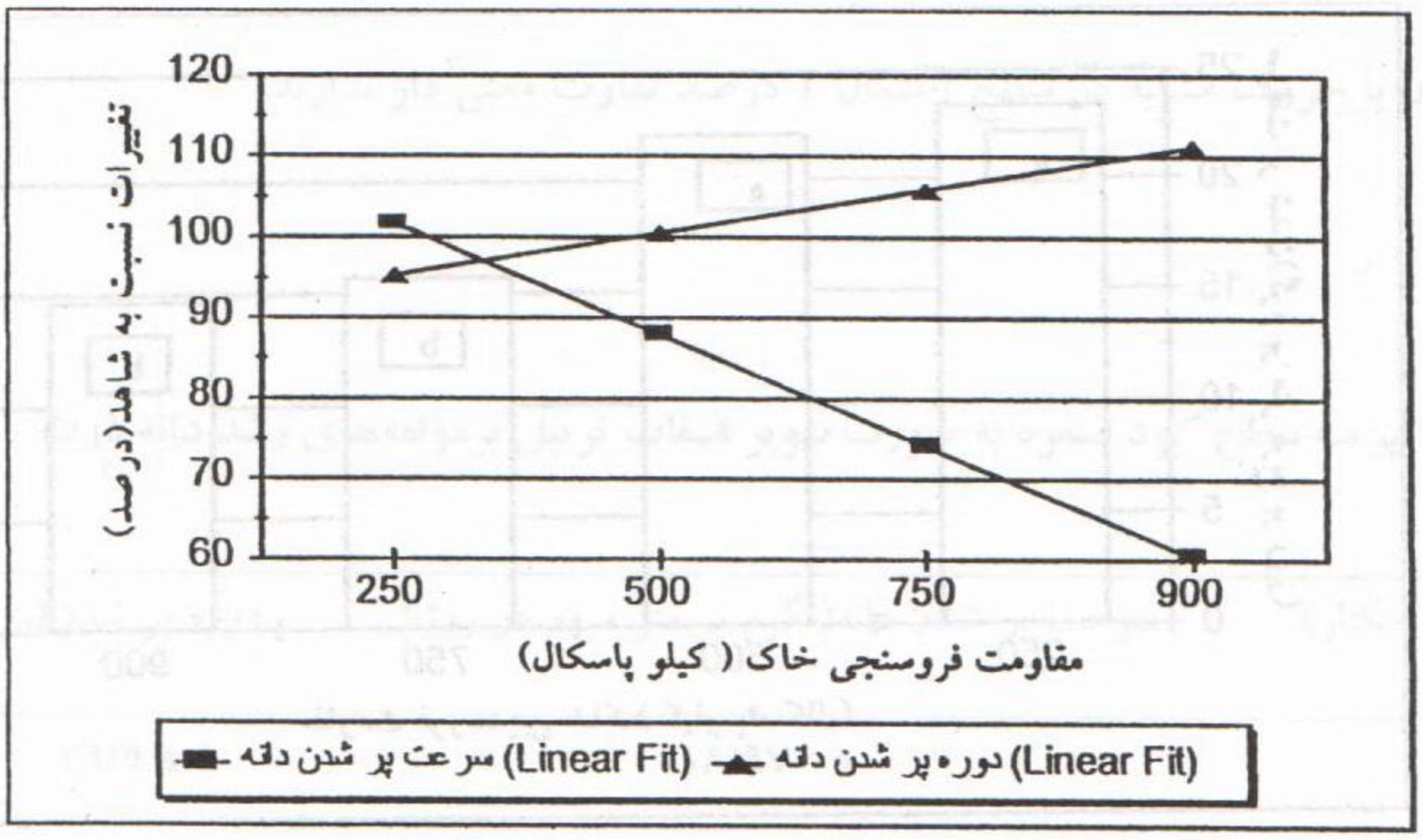
شکل ۳- تاثیر چهار سطح فشردگی خاک بر کاهش اجزا عملکرد بر حسب درصد نسبت به شاهد



شکل ٤- تاثیر چهار سطح فشردگی خاک بر سرعت پر شدن دانه ذرت
مقادیر دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار ندارند.



شکل ٥- تاثیر چهار سطح فشردگی خاک بر دوره پر شدن دانه ذرت
مقادیر دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار ندارند.



شکل ٦- تاثیر چهار سطح فشردگی خاک بر مؤلفه های رشد دانه ذرت

می دهد کـه فشـردگی خـاک، رشـد ریشـه را بسیار محدود می کند. لازم بـه توضیـح اسـت کـه در روابط خاک و گیـاه، بـهترین شـاخص پذیرفتـه شـده برای نشان دادن نفوذ ریشـه بـه درون خـاک، انـدازه گیری مقاومت فرو سنجی خاک است (۸). همـانطور که نتایج این مطالعه نشان می دهد افزایـش مقـاومت فرو سنجی خاک از ۲۵۰ کیلو پاسـکال بـه۹۰۰ کیلـو پاسکال (افزایشی بیش از ۳۰۰ درصـد) برابـر بـا حـد پایینی سطح بحرانی مقاومت فرو سنجی خـاک اسـت که در آن رشد ریشه اکثر گیاهـان زراعـی مـی توانـد متوقف تا شـدیدا کـاهش یـابد (۱۶). از طـرف دیـگر نتایج مطالعه گلدانی بون و وین (۹) نشان مـی دهـد که افزایش مقاومت فـرو سـنجی خـاک از ۳۰۰ کیلـو پاسکال به ۹۰۰ کیلو پاسـکال (در رطوبـت وزنـی ۲۰ درصد خاک) باعث کاهش معنی دار رشد ریشـه گیـاه ذرت گردید که با توجـه بـه مشـابهت گیـاه و مـیزان افزایش مقاومت فـرو سـنجی خـاک بـا ایـن تحقیـق می تواند تاییدی بر مطالب ارائه شده باشد. بنـابر ایـن با توجه به مطالب فوق و نـیز بـا اسـتناد بـه کارهـای دیگران که در اینجا به چند مورد آن اشاره شده اسـت، کاملا منطقی خواهد بـود کـه کـاهش عملکـرد گیـاه ذرت را حتی در تیماری که هیچگونه کود فسـفره ای دریافت ننموده است، حداقل در بخشـی، مربـوط بـه کاهش رشد ریشـه دانسـت. بـاید توجـه داشـت کـه عوامل دیگری نظیر کاهش تهویه (۲۳، ۳۴)، تغییـر در ضخامت نوار کاسپرین ریشه گیاه (۷) و در نتیجـه تغییر در میزان جذب عناصر غذایی(۱۲،۲۱) می تواننـد در کاهش عملکرد گیـاه ذرت تحـت تـاثیر فشـردگی خاک دخیل باشند. بیشترین عملکـرد بیولـوژیکـی از تیمار شاهد به مقدار ۱۴۹۶ گرم در متر مربـع بدسـت آمد و با افزایش فشردگی خاک در آخریـن سـطح ۲۳ درصد از مقدار بیوماس کاسته شد.

همانطور که در شکلهای (۱ و۲) دیده مـی شـود بین عملکرد اقتصادی و بیولوژیکـی در سـطوح ۳ و ۴ تیمار فشردگی خاک تفاوت معنـی داری وجـود نـدارد (گرچه روند نزولی ملاحظه شـد). ایـن امـر احتمـالا بدلیل کاهش مقـاومت فـرو سـنجی خـاک از سـطح تراکم۳ به سطح تراکم ۴ است.

همانطور که در جـدول (۱) دیـده مـی شـود، تیمار فسفر بر روی عملکرد اقتصـادی و بیولـوژیکـی تاثیر معنی داری نداشت. احتمالا به ایـن دلیـل کـه خاک مزرعه آزمایشـی ۱۲/۸ میلـی گرم در کیلـو گرم خاک فسفر قابل جذب داشت و این حـدی اسـت کـه نیاز گیاه را تامین می کند و تأکیدی است بر این نظـر که به علت افزایش همه سـاله کودهـای فسـفره بـه خاکهای زراعی میزان ذخایر فسفری این خاکها بسـیار زیاد است ولذا می توان افزایش کودهای فسفره را به خاک با احتیاط بیشتر و بر اساس آزمون خـاک انجـام داد.

تحـت تـاثیر فشـردگی خـاک در بیـن اجـزای عملکرد بیشترین کاهش به مقدار ۲۳ درصد در تعـداد دانه در ردیف بلال دیده شد. بنابراین در این آزمایش حساس ترین جزء عملکرد به فشـردگی خـاک تعـداد دانـه در ردیـف بـود. تعـداد ردیـف در بـلال در اکـثر آزمایش ها بیشتر تحت تاثیر ژنتیک اسـت تـا محیـط ولی تعداد دانه در ردیف به شدت تحـت تـاثیر عوامـل محیطی واقع می شود (۳ ،۱). پتانسیل تعداد دانـه در زمان ۸ تا ۱۰ برگه شدن ذرت مشخص مـی شـود در این زمان از رشد، گیاه دارای جثه ای کوچک اسـت و کمتر تحت تاثیر فشردگی خاک قرار می گیرد ولی بـا افزایش حجم گیاه، محدودیت بیشـتری بـرای ریشـه بوجود مـی آیـد و در نتیجـه شـاخص سـطح بـرگ و میزان فتوسنتز کاهش خواهد یافت و بـه علـت مـواد پرورده کمتر، گیاه نـاچـار اسـت کـه تعـداد دانـه را از طریق کاهش تعداد دانه در ردیـف تنظیـم کنـد. وزن دانه کمترین کاهش را نسبت به شاهد از خـود نشـان داد. هر چند که وزن دانه به مواد فتوسـنتزی ذخـیره شـده وابسـته اسـت ولـی بیشـتر تحـت تـاثیر مـواد فتوسنتزی پس از گرده افشانی است (۱۸). بنابر ایـن پس از مشخص شدن پتانسیل تعداد دانه، وزن دانـه از

ثبات بیشتری برخوردار خواهد بود. با افزایش مقاومت فروسنجی خاک سرعت پر شدن دانه کاهشی ۳۷ درصدی نشان داد، در صورتیکه دورهٔ پر شدن دانه با افزایشی ۱۳ درصدی همراه بود. بنابر این کاهش وزن دانه در واحد سطح بستگی زیادی به کاهش سرعت پر شدن دانه داشته است. در تایید این مطلب کبیری (۲) اظهار نمود که بیشترین همبستگی عملکرد با سرعت پر شدن دانه و تعداد دانه در واحد سطح وجود داشته است.

بطور کلی می توان چنین نتیجه گیری نمود که تراکم خاک شدیدا عملکرد ذرت را کاهش میدهد. این کاهش بیشتر به علت کاهش تعداد دانه در ردیف بلال و همچنین کاهش سرعت پر شدن دانه است. احتمالا کاهش در این کمیت ها می تواند ناشی از افزایش مقاومت فرو سنجی خاک و در نتیجه کاهش رشد ریشه و اندامهای هوایی گیاه باشد.

فهرست منابع

۱- سیادت، ع.۱۳۷۳. تاثیر هیبرید و تراکم بر روی عملکرد ذرت تابستانه و بهاره در استان خوزستان. مجلهٔ علوم کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- کبیری، هـ .۱۳۷۵. بر رسی اثر تغییر نسبت منبع به مخزن و نقش ذخایر ناپایدار ساقه روی عملکرد دو رقم ذرت شیرین. پایان نامهٔ کار شناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

۳- هاشمی دزفولی، ا.۱۳۷۳. بر رسی مسایل فیزیولوژیک ذرت در استان خوزستان. نشریهٔ۳،۲. راهنمای ذرت دانه ای. وزارت کشاورزی. سازمان کشاورزی خوزستان.

4 - AGRAVAL, R.P. 1990. Water and nutrient management in sandy soils by compaction. Soil Tillage Research. **19**: 121-130.

5 - AL-DARBY, A.M., and LOWERY, B. 1987. Growth with three concervation tillage systems. Soil Science Society of American Journal. **51**: 768-774.

6 - ANKENY, M.D., KASPER, T.C. and HORTON, R. 1990. Characterization of tillage and traffic effects on unconfined infiltration measurements. Soil Science Society of American Journal. **54**; 837-840.

7 - BALIGAR,V.C., NASH, V.E., HARE, M.L. and PRICE, JR J.A. 1975. Soybean root anatomy as influenced by soil bulk density. Agronomy Journal. **67**: 842-844.

8 - BENGOUGH, A.G. and MULLINS, C.E. 1990. Mecanical impedans to root growth: A review of experimental techniques and root growth response. Journal of Soil Science. **41**: 341-358.

9 - BOONE, F.R. and VEEN, B.W. 1982. The influence of mecanical resistance and phosphate supply on morphology and function of maze roots. Netherland of Agricultural Science. **30**: 179-192.

10 - CASTILO, S.R., DOWDY, R.H., BRADFORD, J.M. and LARSON, W.E. 1982. Effects of applied mechanical stress on plant growth and nutrient uptake. Agronomy Journal. **74**: 526-530.

11 - CORNISH, P.H., SO, H.B. and MC WILLIAM, J.R. 1984. Effect of soil bulk density and water regimen on root growth and uptake of phosphorus by ryegrass. Australian Journal of Agricultural Research. **35**: 631-644.

12 - DOLAN, M.S., DOWDY, R.H., VOORHEES, W.B., JOHNSON, J.F. and BIDWELL-SCHARDER, A.M. 1992. Corn phosphorus and potassium uptake in response to soil compaction. Agronomy Journal. **84**: 639-642.

13 - EWING, R.P., WAGGER, M.G. and DENTON, H.P. 1991. Tillage and cover crop management effects on soil water and corn yield. Soil Science Society of American Journal. **55**(4): 1081-1085.

14 - GOODERHAM, P.T. 1977. Some aspect of soil compaction, root growth and crop yield. Agricultural Program. **52**: 33-44.

15 - GOSS, M.J. 1976. Effect of mechanical impedance on root growth in barley (*Hordeum vulgare*). Agricultural Research. **16**: 33-39.

16 - GREACEN, E.L. 1986. Root response to soil mechanical. Properties Congress Society of Soil Science. **5**: 20-47.

17 - GRIFFITH, D.R., MANNERING, J.V. and RICHY, C.B. 1977. Energy requirement and areas of adaptation for tillage-planting systems for corn . Agricultural and Energy. Academic press, New York.

18 - HASHEMI-DEZFOULI, A. and HERBERT, S.J. 1992. Intensifying plant density response of corn with artificial shade. Agronomy Journal. **84**: 547-551.

19 - HIRA, G.S and SINGH, N.T. 1977. Observed and predicted rates of phosphorus diffusion in soils of varing bulk density and water content . Soil Science Society of American Journal. **41**: 537-540.

20 - HOFFMANN, C. and JUNGK, A. 1995. Growth and phosphorus supply of sugar beet as affected by soil compaction and water tension. Plant and Soil. **176**: 15-25.

21 - LINDSRROM, M.J., GUOTA, S.C., ONSTAD, C.A., LARSON, W.E. and HOLT, R.F. 1979. Tillage and crop residue effects on soil erosion in the Corn Belt. Journal of Soil Water Conservation. **34**: 80-82.

22 - NADIAN, H., SMITH, S.E., ALSTON, A.M. and MURRAY, R.S. 1996. The effect of soil compaction on growth and P uptake by Trifolium subterraneum : Interactions with mycorrhizal colonization. Plant and Soil. **182**: 39-42.

23 - NADIAN, H., SMITH, S.E., ALSTON, A.M. and MURRAY, R.S. 1997. Effects of soil compaction on plant growth, phosphorus uptake and morphological

characteristics of vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of *Trifolium subterraneum* . New Phytologist. **135**: 302-311.

24 - NADIAN, H., SMITH, S.E., ALSTON, A.M. MURRAY, R.S and SIEBERT, B.D. 1998. Effect of soil compaction on phosphorus uptake and growth of *Trifolium subterraneum* colonized by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist. **139**: 155-165.

25 -PARISH, D.H. 1971. Effect of compaction on nutrient supply to plants. In Compaction of Agricultural Soils. American Society of Agricultural Engineering. 277-291.

26 - PHILLIPS, R.E., BLEVINS, R.L., THOMAS, G.W., FRYE, W.W. and PHILLIPS, S.H. 1980. No-tillage agricultural. Science. **208**: 1108-1113.

27 - ROSBERG, R.J. 1992. Tillage and traffic induced changes in macroprosity and macropore continuity permeability assesment. Soil Science Society of American Journal. **56**(4): 1261-1267.

28 - SHIERLAW, J. and ALSTON, A.M. 1984. Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. Plant and Soil. 77: 15-28.

29 - SIMOJOKI, A., JAAKKOLA, A. and ALKUKU, L. 1990. Effect of compaction on soil air in a pot experiment and in the field. Soil and Tillage Research. **19**: 175-186.

30 - VANDOREN, D.M.JR. and TRIPLRTT, G.B.JR. 1969. Mechanisms of corn (*Zea mays* L.) response to cropping practices without tillage. Research Circular 196 Ohio Agricultural Research and Development Center.

31 - VEPRASKAS, M.J. and WAGGER, M.G. 1990. Corn root distribution and yield responses to subsoilig for paleudults having different aggregates sizes. Soil Science Society of American Journal. **54**(3): 849-854.

32 - VOORHEES, W.B., FARRELL, D.A. and LARSON, W.E. 1975. Soil strength and aeration effects on root elangation. Soil Science Society of American proceeding. **39**: 461-504.

33 -VOORHEES, W.B., SENST, T.G. and NELSON, W.W. 1978. Compaction and soil structure modification by wheel trafic in the northern Corn Belt. Soil Science Society of American Journal. **42**: 344 -349.

34 - VOORHEES, W.B., JOHNSON, J.F., RANDALL, G.W. and NELSON, W.W. 1989. Corn growth and yield as affected by surface and subsoil compaction . Agronomy Journal. **81**: 294-303.

35 - ZHUNG, J. and BARBER, S.A. 1992. Maize root distribution between phosphorus-fertilized and unfertilized soil. Soil Science Society of American Journal. **56**(3): 819-822.

Effects of different levels of soil compaction and phosphorus fertilizer on yield and yield components of corn (*zea mays* L.)

N. Arian-nia[1] , H. Nadian[2], A. Siadat[3],and G.Nour-Mohamadi[4],

Abstract

In order to study the effects of soil compaction and phosphorus (P) fertilizer on yield and yield components of corn (Zea mays L.) an experiment which had a randomized complete block design with four replications was carried out. In this study, four levels of soil compaction including 0, 250, 500 and 750 kPa and three levels of P fertilizer including 0, 250 and 500 kg ha^{-1} super phosphate triple were used. P fertilizer was applied in a banding method with 10 cm deep from soil surface and 10 cm distance from sowing line. Soil compaction treatment was carried out with a John Dear tractor, model 3140 with pace of going and coming back among cultivated rows. The results of this study indicated that compacting the soil to a penetration resistance of 250, 500, 750 and 900 kPa had a significant effect (p ? 0.01) on economical and biological yield and yield components of corn plant. However, P application and interaction between P and soil compaction had no significant effects on yield and yield components of corn. The highest economical and biological yields of corn observed in control treatment (no compaction) were 819 and 1496 g m^{-2}, respectively. Economical and biological yields of corn decreased 28% and 23% respectively as the soil was compacted to a penetration resistance of 900 kPa. The greatest effect of soil compaction on yield components was on the number of seed per row (23% reduction) and the smallest effect of soil compaction was on seed weight (5% reduction). Increasing soil compaction decreased the rate of grain filling (37 %), but increased the duration of grain filling (13%), which the final weight of corn seeds was significantly affected by the rate of grain filling.

Keywords : *soil compaction, penetration resistance, phosphorus, corn, yield, yield components*

---

1 – Ph.D. Student , Azad University, Ahvaz.
2 – Assistant professor, Shahid Chamran University, Ahvaz.
3 – Associate professor, Shahid Chamran University, Ahvaz.
4 – Professor, Azad University, Tehran.