# اثر تراکم بر توزیع اندازه‌ای منافذ خاک و رشد سیستم ریشه‌ای گیاه ذرت

**عاطفه قاسمی[1]، مهدی شرفا[2]، غلامرضا ثواقبی فیروزآبادی[3]**

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

2- استادیار گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

3- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: atefeghasemi1@gmail.com

## چکیده

تراکم خصوصیات هیدرولیکی خاک را تحت تأثیر قرارداده و می‌تواند منجر به فرسایش و تخریب خاک شده و اثرات نامطلوبی روی کیفیت آن داشته باشد. در این پژوهش، به منظور بررسی اثرات تراکم بر توزیع اندازه‌ای منافذ خاک و همچنین بر رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه، یک آزمایش گلخانه‌ای، به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح تراکم، $C_0$، $C_1$، $C_2$ و $C_3$ به‌ترتیب با جرم مخصوص ظاهری خاک 1/52، 1/67، 1/82 و 1/98 گرم بر سانتیمترمکعب و سه سطح کود سولفات پتاسیم، $K_1$، $K_2$ و $K_3$ به ترتیب 100، 200 و 300 میلی‌گرم سولفات پتاسیم در کیلوگرم خاک بودند. بافت خاک، لوم و گیاه مورد آزمایش، ذرت بود. سطوح مختلف تراکم خاک در رطوبت بهینه تراکم به‌وسیله پروکتور بر روی نمونه‌های خاک اعمال گردید. نتایج تجزیه واریانس به‌دست آمده، نشان داد توزیع اندازه‌ای منافذ خاک تحت تأثیر تراکم تغییر یافت، مقدار تخلخل درشت و متوسط خاک در تیمار $C_3$ در مقایسه با تیمار $C_0$، به ترتیب 88/5 و 50 درصد کاهش نشان داد. رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه نیز تحت تأثیر تراکم خاک قرار گرفت. حجم ریشه نیز از مقدار 107 سانتیمترمکعب در گلدان در تیمار $C_0K_1$ با 49 درصد کاهش به 54/5 سانتیمترمکعب در گلدان در تیمار $C_3K_1$ رسید و در تیمار $C_3K_3$ نسبت به تیمار $C_3K_1$، 2/8 درصد افزایش نشان داد.

**کلمات کلیدی: تراکم خاک، توزیع اندازه‌ای منافذ خاک، ذرت، رشد ریشه، کود پتاسیم**

## مقدمه

تراکم خاک یکی از مسائل مهم کشاورزی مدرن است و به عنوان یکی از مشکلات اکثر خاک‌های دنیا مطرح می‌باشد(همزا و اندرسون،2005). تغییر تخلخل کل خاک در اثر تراکم باعث تغییر در توزیع اندازه‌ای منافذ خاک می‌شود. تغییرات در پیوستگی، اندازه و گسترش منافذ خاک در اثر تراکم، خصوصیات هیدرولیکی سطح خاک را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. پاگلیای و همکاران(2003) نشان دادند تراکم خاک منجر به افزایش جرم مخصوص ظاهری، کاهش تخلخل و تغییر شکل و توزیع اندازه‌ای منافذ آن می‌شود. روزولم و همکاران (2002) رشد ریشه گیاهان پوششی را در سطوح مختلف تراکم مورد مطالعه قرارداده و مشاهده کردند که با افزایش تراکم، جرم ریشه‌ها کاهش یافت. این پژوهش با هدف بررسی اثرات سطوح مختلف تراکم بر توزیع اندازه‌ای منافذ خاک و رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه انجام شد.

## مواد و روشها

به‌منظور بررسی اثر تراکم بر برخی از خصوصیات هیدرولیکی خاک و رشد سیستم ریشه‌ای گیاه، خاکی با بافت لوم از مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران مورد استفاده قرار گرفت. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از اجرای آزمایش در جدول1 نشان داده شده‌است. بافت خاک به روش هیدرومتری، جرم

| خصوصیت خاک | مقدار | خصوصیت خاک | مقدار |
|---|---|---|---|
| درصد شن | 43/28 | درصد رطوبت وزنی در حد ظرفیت مزرعه | 22/48 |
| درصد سیلت | 31/72 | درصد نیتروژن کل خاک | 0/01 |
| درصد رس | 25/00 | پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$) | 145/00 |
| جرم مخصوص ظاهری($g\ cm^{-3}$) | 1/52 | فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$) | 15/40 |

مخصوص ظاهری به روش سیلندر و رطوبت حد ظرفیت مزرعه با استفاده از صفحات فشاری اندازه‌گیری گردید. آزمون خاک با روش‌های استاندارد برای تأمین نیازهای غذایی گیاه انجام شد.

**جدول1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه**

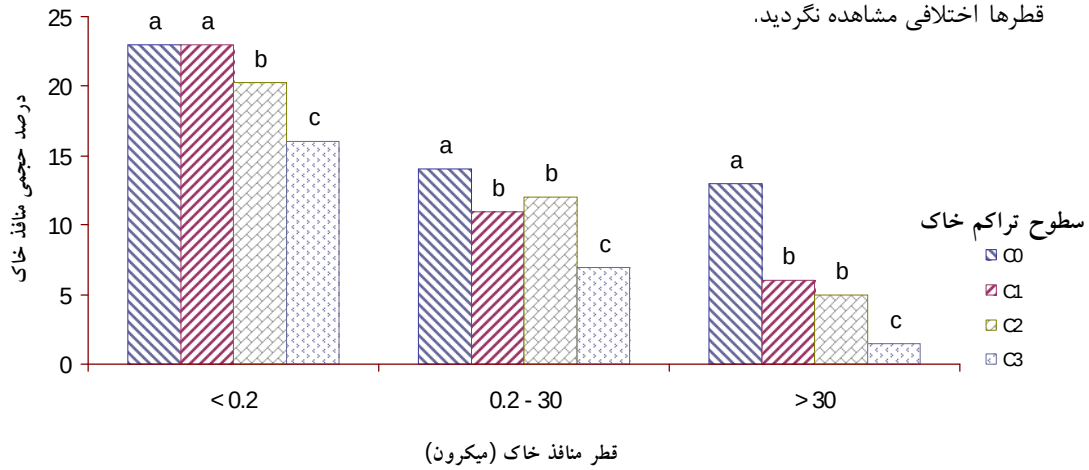
آزمون در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت آزمایش فاکتوریل انجام شد. فاکتورها شامل تراکم خاک در چهار سطح $C_0$، سطح طبیعی تراکم یا تراکم خاک در مزرعه بود که جرم مخصوص ظاهری خاک در این حالت 1/52 گرم بر سانتیمترمکعب به‌دست آمد. $C_1$، $C_2$ و $C_3$ که تراکم خاک به‌ترتیب 10، 20 و30 درصد بیش از تراکم طبیعی خاک مزرعه و جرم مخصوص ظاهری آن‌ها به ترتیب 1/67، 1/82 و 1/98 گرم بر سانتیمترمکعب بود. کود سولفات پتاسیم در سه سطح $K_1$، $K_2$ و $K_3$ به‌ترتیب 100، 200 و 300 میلی‌گرم سولفات پتاسیم در کیلوگرم خاک به آن اضافه گردید. به‌منظور ایجاد تراکم در خاک، ستون‌های استوانه‌ای شکل پلاستیکی به ارتفاع و قطر تقریبی 19 سانتیمتر، انتخاب و انتهای آن‌ها با تور سیمی بسته شد. با دستگاه پروکتور آزمون تعیین درصد وزنی رطوبت بهینه حداکثر تراکم خاک، انجام شد و مقدار این رطوبت 22/26 درصد وزنی به‌دست آمد. برای ایجاد سطوح تراکم با توجه به حجم استوانه و جرم مخصوص ظاهری مورد نظر، وزن خاک هر ستون مشخص شد. درصد رطوبت بهینه حداکثر تراکم به خاک هر سیلندر اضافه گردید. کود سولفات پتاسیم و سایر کودهای موردنیاز به خاک اضافه گردید. پس از یکنواخت‌سازی رطوبت در خاک هر سیلندر، نمونه آماده شده به سه قسمت وزنی مساوی تقسیم شد. یک‌سوم نمونه درون سیلندر قرار داده شد و با رها کردن وزنه پروکتور به وزن معین و از ارتفاع استاندارد در مرکز نمونه، یک‌سوم حجم سیلندر تا ارتفاع 5 سانتیمتری پر شد. پر کردن دوسوم بعدی سیلندر هم به همین روش انجام شد. سپس در هر گلدان تعداد 6 بذر جوانه‌دار شده ذرت رقم سینگل کراس 704 کاشته شد. آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر برای رساندن رطوبت آن‌ها به حد ظرفیت مزرعه انجام گرفت. پس از گذشت حدود سه هفته از آغاز کشت، تعداد گیاه در هر گلدان به سه بوته کاهش یافت و پس از گذشت دو ماه حجم و طول ریشه گیاه در هر گلدان اندازه‌گیری گردید. حجم ریشه‌ها از طریق غوطه‌ور ساختن ریشه‌های شسته شده در یک استوانه مدرج حاوی آب و با توجه به اختلاف حجم ایجاد شده تعیین و طول آن با توجه به فرمول تجربی زیر از روی وزن تخمین زده شد(علیزاده،1383):

طول ریشه‌ها (سانتیمتر) = وزن خشک ریشه‌ها (میلی‌گرم)× 0/890

نمونه‌هایی از خاک درون ستون‌ها برداشته شده و رطوبت آن در مکش‌های مختلف تعیین و منحنی رطوبتی هر یک ترسیم گردید، برای تعیین منحنی رطوبتی خاک از دستگاه صفحه فشاری استفاده شد. سپس پراکندگی اندازه‌ای منافذ خاک با استفاده از منحنی رطوبتی به‌دست آمد و هیستوگرام ارتباط بین قطر خلل‌وفرج و درصد حجمی آن در هر نمونه ترسیم شد. نتایج به‌دست آمده با نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شده و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح 5% انجام گرفت. نمودارهای موردنیاز با استفاده از نرم‌افزار EXCEL ترسیم گردید.

## نتایج و بحث

فشردگی یک عامل محدودکننده در خاک است و باعث کاهش نسبت تخلخل، آب و اکسیژن در خاک می‌گردد. تغییرات تخلخل کل خاک مرتبط با تغییر در توزیع اندازه‌ای منافذ آن می‌باشد. همان‌طور که در هیستوگرام توزیع اندازه‌ای منافذ خاک (شکل1) مشاهده می‌شود تراکم خاک، توزیع اندازه‌ای خلل‌وفرج آن را تغییر داده‌است. تراکم خاک‌ها، ابتدا خلل‌وفرج درشت آن را تحت تأثیر قرارداده و ضمن کوچک نمودن آن‌ها، منافذ متوسط به وجود می‌آورد. در میزان خلل‌وفرج ریز(با قطر کمتر از 0/2 میکرون) بین سطح $C_0$ و $C_1$ اختلاف معنی‌داری دیده نشد در حالی‌که بین این دو سطح با سطح $C_2$ و $C_3$ اختلاف معنی‌دار است. در مورد خلل‌وفرج متوسط(با قطر بین 0/2 تا 30 میکرون) و درشت (با قطر بزرگتر از 30 میکرون) بین سطح $C_0$ و $C_3$ اختلاف بسیار معنی‌دار است ولی بین $C_1$ و $C_2$ در این قطرها اختلافی مشاهده نگردید.



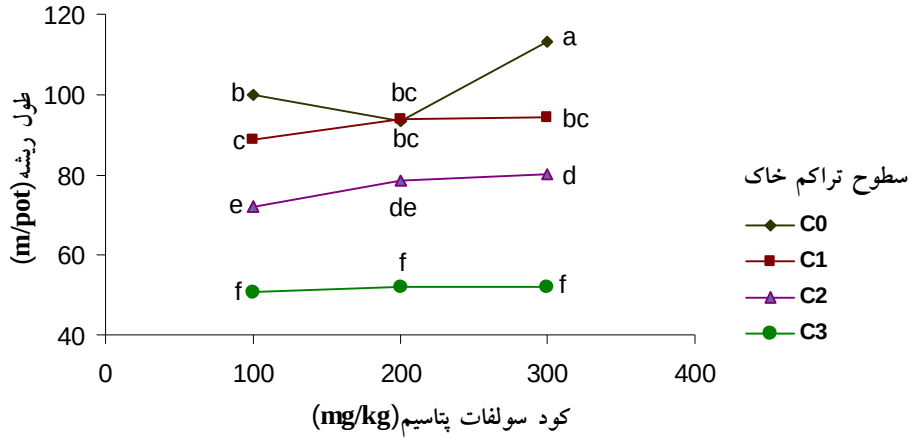

**شکل1- هیستوگرام توزیع اندازه‌ای منافذ خاک در سطوح مختلف تراکم**

مارس چنر (1995) نشان داد که تراکم خاک باعث کاهش معنی‌دار تخلخل و تغییر توزیع اندازه‌ای منافذ خاک می‌گردد، همچنین وی بیان کرد که در هنگام اعمال تراکم، ابتدا خلل‌وفرج بزرگتر کاهش می‌یابد. ایشاک و همکاران (2001) با بررسی اثرات تراکم روی خصوصیات فیزیکی خاک نشان دادند جرم مخصوص ظاهری تا 16درصد و تخلخل کل و تخلخل تهویه ای به ترتیب 27 و63 درصد کاهش یافت.

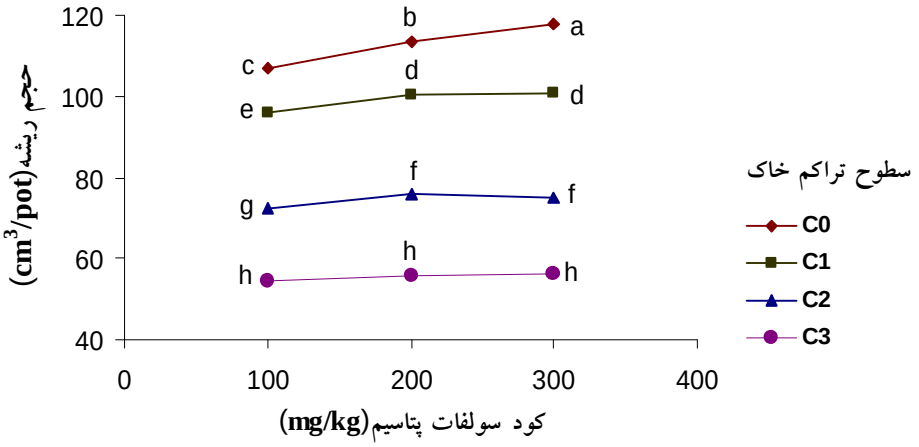
**شکل2- مرفولوژی ریشه ذرت در سطوح مختلف تراکم خاک**

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات تراکم خاک بر طول و حجم ریشه، نیز معنی‌دار بوده است. بیشترین طول و حجم ریشه در تیمار ($C_0$) مشاهده شده و با افزایش تراکم، میزان این دو فاکتور کاهش یافت(شکل2). نمودارهای 3 و 4 تغییرات اثر تراکم خاک را بر طول و حجم ریشه ذرت نشان می‌دهد. رشد طولی ریشه می‌تواند توسط چند عامل به خصوص مقاومت مکانیکی، تهویه و رطوبت خاک کنترل شود. در خاک متراکم این عوامل محدودکننده می‌تواند همزمان رخ داده و تفکیک اثرات هر یک از آن‌ها را بدون شک مشکل سازد. یکی از مهم‌ترین عوارض ناشی از تراکم خاک عدم توسعه مناسب ریشه گیاهان می‌باشد که این امر ممکن است بطور مستقیم مربوط به افزایش مقاومت خاک یا به طور غیرمستقیم مربوط به کاهش اکسیژن خاک باشد و سبب تحت تأثیر قرارگرفتن محلول خاک و عدم جذب مناسب عناصر غذایی می‌شود و نتیجه آن بروز علایم کمبود عناصر و ایجاد تنش آبی می‌باشد. اوسیبل و همکاران (1992) اثرات تراکم خاک را بر

عملکرد گندم مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند گندم هایی که درکرت‌های متراکم رشد کرده بودند دارای سیستم ریشه‌ای کوچکتر و کم‌عمق‌تری نسبت به کرت‌های شاهد بودند. ایشاک و همکاران (2001) اثرات تراکم خاک زیرسطحی را بر رشد ریشه گندم و سورگوم مورد مطالعه قراردادند، با افزایش تراکم خاک، طول و حجم ریشه که در مرحله گلدهی اندازه‌گیری شده بود، به‌طور چشمگیری کاهش پیدا کرد. برزگر و همکاران (2006) با بررسی اثرات مختلف تراکم خاک بر رشد ریشه و اندام هوایی شبدر مشاهده کردند طول ریشه بر اثر تراکم خاک به شدت کاهش یافت.




**شکل3- اثر تراکم خاک و کود سولفات پتاسیم بر طول ریشه**




**شکل4- اثر تراکم خاک و کود سولفات پتاسیم بر حجم ریشه**

## منابع

علیزاده ا، 1383. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).

Barzegar AR, Nadian H, Heidari F, Herbert SJ, Hashemi AM, 2006. Interaction of soil compoaction, Phosphorus and Zinc Clover growth and accumulation of Phosphorus. Soil & Tillage Res 87: 155-162.

Carter MR, 1993. Soil samping and methods of analysis. Lewis publishers. 823pp.

Hamza MA, Anderson WK, 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of nature, causes and possible solutions. Soil & Tillage Res 82: 121-145.

Ishaq M, Ibrahim M, Hassan A, Saeed M, Lal R, 2001. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan II;Root growth and nutrient uptake of wheat and sorgum. Soil & Tillage Res 60: 153-161.

Marschner H, 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, London: pp 889.

Oussible M, Crookston PK, Larson WE, 1992. Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat. Agron 84: 34-38.

Pagliai M, Marsili A, Servadio P, Vignozzi N, Pellegrini S, 2003. Changes in some physical properties of a clay soil in central Italy following the passage of rubber tracked and wheeled tractors of medium power. Soil & Tillage Res 73: 119–129.

Rosolem CA, Foloni JSS, Tirtan CS, 2002. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. Soil & Tillage Res 65: 109-115.