نشریه مکانیزاسیون کشاورزی/ دوره ۵ شماره ۱/ سال ۱۳۹۹/ صفحه‌های ۱۰۳-۱۱۰

DOI: https://dx.doi.org/10.22034/jam.2021.42125.1137

اثر فشردگی خاک بر جوانه‌زدن بذر برخی صیفی‌جات برای تعیین برخی پارامترهای طراحی ماشین‌های کارنده

مجتبی جابری معز[1*] و ابراهیم زینتی ممتاز[1]

تاریخ دریافت: ۹۹/۷/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۱۱

۱- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

* مسئول مکاتبه E-mail: m.jaberimoeaz@basu.ac.ir

چکیده

فشردگی خاک یک شکل فیزیکی از تخریب خاک است که باعث تغییر ساختار خاک، محدود کردن نفوذ آب‌وهوا و کاهش نفوذ ریشه در خاک می‌شود. هدف از این مطالعه به‌دست آوردن تراکم مناسب خاک برای سه محصول خربزه، هندوانه و خیار بود. بدین منظور عامل مستقل نوع کاشت در دو سطح کشت روی سطح خاک و خاک دادن روی آن و فشردن خاک روی بذر تا رسیدن به‌تراکم مناسب با استفاده از روش فشردگی محصور (CCT) و ایجاد بستر و سپس ایجاد حفره جهت کاشت بذر با استفاده از روش نشست صفحه‌ای و فشردگی محصور (PST+CCT) برای سه محصول فوق اعمال شد. برای محصولات از دو سطح رطوبت ۱۵ و ۱۷/۵ درصد وزن خشک خاک و چهار سطح چگالی ۱/۳، ۱/۴، ۱/۵ و ۱/۶ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) استفاده گردید. پارامترهای مدت‌زمان جوانه‌زنی (برحسب روز)، طول ساقه (میلی‌متر)، طول ریشه (میلی‌متر) و جرم گیاهچه با ریشه عاری از خاک (برحسب گرم) مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که برای هر سه محصول طول ریشه در نوع کاشت روش فشردگی محصور (CCT) بیشتر از طول ریشه در نوع کاشت با روش نشست صفحه‌ای و فشردگی محصور (PST+CCT) است. همچنین در نوع کشت با آزمون نشست صفحه‌ای و فشردگی محصور (PST+CCT) برای متغیرهای طول ساقه و روز جوانه‌زدن برای همه محصولات در این نوع کشت نتیجه بهتری را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تراکم، چگالی، رطوبت، فشردگی محصور، نشست صفحه‌ای

Effect of Soil Compaction on Seed Germination of Some Seedlings to Determine Some Design Parameters of Planting Machines

Mojtaba Jaberimoeaz[1] and Ebrahim Zinati Momtaz[1]

Received: 4 Oct 2020 Accepted: 1 Mar 2021

1- Department of Bio-System Engineering, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamadan, Iran
*Corresponding author: E-mail: m.jaberimoeaz@basu.ac.ir

Abstract

The soil compaction is one of the main reasons of destructing the soil which caused in changing the soil structure, limitation of air and water penetration and lower level of penetration of the root in the soil. The purpose of this study is to determine the suitable soil compaction for melon, watermelon and cucumber. The independent factor including the cultivation type in two levels of Confined Compression Test (CCT), Plate Sinkage Test and Uniaxial confined compression Test (CCT + PST) for three mentioned agricultural was considered. There were two moisture content levels of 15% and 17.5% and four levels of density including 1.3, 1.4, 1.5 and 1.6 (gr/ cm^{-3}) used for these products. Some parameters such as germination timing (day), stem length (mm), root length (mm) and seedling weight with the regular root in the soil (gram) were measured and investigated. The results revealed that the root lengths at the cultivation type of (CCT) in every three products were more than the root length of the cultivation type of (PST + CCT). Also there were better results for cultivation type of (PST + CCT) for some variables such as stem length and germination day for all studied products by his special cultivation type.

Keywords: Compression, Confined Compression, Density, Moisture, Plate Sinkage

How to cite:
Jaberimoeaz, M., Zinati Momtaz, E. 2020. *Effect of Soil Compaction on Seed Germination of Some Seedlings to Determine Some Design Parameters of Planting Machines.* Journal of Agricultural Mechanization 5 (1): 103-110

۱- مقدمه

فشردگی و تراکم بیش از اندازه خاک امروزه به‌صورت یک معضل جهانی، کشاورزی و محیط‌زیست را تحت تأثیر قرار داده است. به‌دلیل افزایش حجم و وزن ماشین‌ها در مراحل مختلف کشاورزی، فشردگی خاک به‌عنوان یک نگرانی مهم در کشاورزی مدرن مورد توجه قرارگرفته است. تجهیزات سنگین امروزه این پتانسیل رادارند که باعث افزایش شدید مشکلات تراکم خاک شوند (Sivarajan *et al.*,2018) تراکم خاک باعث کاهش رشد ریشه، کاهش دسترسی به مواد مغذی و افزایش تلفات مواد مغذی خاک به‌وسیله آبشویی، ایجاد رواناب و کاهش تخلخل می‌شود که می‌تواند بر رشد گیاه تأثیر منفی بگذارد. نتایج مطالعات نشان می‌دهد روابط تعاملی بین میزان تراکم خاک، رشد ریشه، آب خاک، وضعیت هوای خاک و عرضه و جذب مواد مغذی توسط گیاهان وجود دارد (Wallac *et al.*, 2017). به‌طورکلی، تراکم باعث کاهش نفوذ و عمق ریشه می‌شود.

تراکم خاک جذب مواد مغذی را به‌علت ریشه‌های آسیب‌پذیر کاهش می‌دهد؛ اما این امر باعث افزایش تماس بین ریشه‌ها و ذرات خاک می‌شود که ممکن است منجر به‌تبادل سریع یون بین ماتریس خاک و ریشه‌ها شود. بنابراین، تراکم خاک بر قسمت ریشه گیاهان تأثیر منفی می‌گذارد اما تأثیر نهایی بر ساقه بستگی به میزان دسترسی مواد مغذی و جذب گیاهان دارد (Kristoffersen & Riley, 2005).

تراکم خاک به‌علت شدت ترافیک بالا و وزن تراکتور و ماشین‌های کاشت و ترکیب در عملیات برداشت، به‌ویژه هنگامی‌که این عملیات در خاک مرطوب و یا با فشار بالا در زمین انجام می‌شود بالاست؛ بنابراین تحقیقاتی برای کاهش این اثر ضروری است (Botta *et al.*, 2010). به‌طورکلی تراکم خاک یک عامل استرس مؤثر بر رشد گیاه است، اما اثرات آن در بین گونه‌ها و با دامنه تراکم خاک متفاوت است. نقش رطوبت در تراکم خاک زیاد است، اما وقتی‌که رطوبت کم است همان میزان فشار ممکن است اثر ناچیزی داشته باشد. نتایج تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که تراکم خاک بر رشد و عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد. در مطالعه‌ای تأثیر تراکم متوسط خاک بر رشد و شکل ظاهری در ۱۷ نوع نهال بررسی شد. نتایج نشان داد که تراکم می‌تواند یک عامل تنش‌زا باشد که بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد. هر چند تغییرات زیادی در پاسخ‌ها بسته به نوع و متغیر موردمطالعه وجود دارد (Almeda & Villar, 2009).

رطوبت وتراکم خاک از عوامل مهم و تاثیرگذار بر درصد جوانه-زنی، سرعت جوانه‌زنی و در نهایت استقرار گیاهچه در مزرعه محسوب می‌شوند. جوانه‌زنی سریع به خاطر آن‌که موجب می‌شود جوانه‌ها قبل از آن‌که شرایط خاص برای ایجاد سله پس از بارندگی یا آبیاری فراهم شود، از خاک خارج و مستقر شوند، از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر رطوبت، مقاومت فیزیکی خاک نیز بر جوانه‌زنی و استقرار گیاه تاثیر می‌گذارد. یا افزایش مقاومت فیزیکی خاک، جوانه‌زنی بذر کاهش می‌یابد. مقاومت فیزیکی خاک متاثر از عمق کاشت بذر و تراکم خاک است. تراکم خاک محدودیتی عمده در تولید محصولات کشاورزی است که از تردد ماشین‌های کشاورزی و افزایش فشار مکانیکی در خاک ایجاد می‌گردد (Chimungu *et al.*, 2015).

تراکم خاک بر تخلخل، خاصیت انقباض منافذ خاک، نفوذپذیری هوا، توان ریشه‌زایی، جریان مواد غذایی و فعالیت بیولوژیکی خاک اثر دارد (Descalzi *et al.*, 2018).

نتایج تحقیق انجام شده در مورد اثرات نامطلوب تراکم بیش از اندازه خاک بر رشد و نمو گیاه سویا، بیانگر کاهش جذب مواد معدنی و کاهش فعالیت‌های آنزیم‌های تنفسی کلیدی می‌باشد که منجر به تجمع پتاسیم، فسفر، منیزیم، منگنز، آهن، مس، روی و کلسیم در خاک می‌شود و در نهایت سبب کاهش اندازه سلول‌های ریشه می‌شود (Wang *et al.*, 2019). در تحقیقی که برای بررسی اثر تراکم خاک و آماده سازی (پرایمینگ) بذر بر شاخص‌های رشد و مقدار پرولین گیاهچه لوبیا قرمز انجام شد، محققین به این نتیجه رسیدندکه تراکم بیش از ۱۰٪ خاک نسبت به چگالی اولیه خاک (۱/۳۴ گرم بر سانتی متر مکعب) باعث کاهش رشد و توان گیاهچه می‌شود (Nasrollahi *et al.*, 2020).

مقاومت مکانیکی پیشرفته همراه با کاهش عمق و تراکم ریشه، سرعت تقسیم سلول‌های گیاه را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش طول سلول‌های مریستم ریشه می‌گردد که در ادامه کاهش طول ریشه را به دنبال دارد. هر چند ریشه با بهره‌گیری از برخی خصوصیات فیزیولوژیکی خود از جمله افزایش قطر ریشه، ترشح مخاط در نوک ریشه و ایجاد دیواره‌های سلولی مستحکم در جهت تعادل این عارضه، با این مسئله مقابله می‌کند (McKenzie *et al.*, 2013).

پژوهش‌گرانی در بررسی تاثیر تراکم خاک بر عملکرد و عیار چغندر قند به این نتیجه رسیدند که تراکم خاک باعث کاهش رشد ریشه‌های موئین، تهویه خاک و در نتیجه پایین آمدن توان گیاه در جذب عناصر غذایی، آب و درصد کلروفیل چغندرقند می‌شود (Ebrahimi Koulaee *et al.*, 2011).

خیار، خربزه و هندوانه از مهم‌ترین محصول صیفی‌جات کشور محسوب می‌شوند. با توجه به نیاز مبرم به طراحی ویژه و تعیین پارامترهای طراحی ماشین کارنده مخصوص بذر صیفی‌جات، لازم است مقدار فشردگی بهینه چرخ‌های فشار دهنده این نوع کارنده‌ها بررسی شود. با توجه به بررسی‌های انجام‌گرفته، هرچند تأثیر فشردگی خاک بر جوانه‌زنی بذر برای چندین محصول اصلی انجام‌شده است؛ ولی تاکنون هیچ گزارشی در مورد تأثیر میزان تراکم خاک بر جوانه‌زنی محصول صیفی‌جات مشاهده نشد. لذا در این پژوهش از دو روش نوع کشت، روش فشردگی محصور (CCT[1]) و روش نشست صفحه‌ای به‌علاوه آزمون فشردگی محصور ($CCT+PST$[2]) روی

[1] Confined compression test
[2] Plate sinkage test

نمونه‌های خاک برای بررسی پارامترهای درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه و ساقه و همچنین وزن آن‌ها استفاده‌شده است.

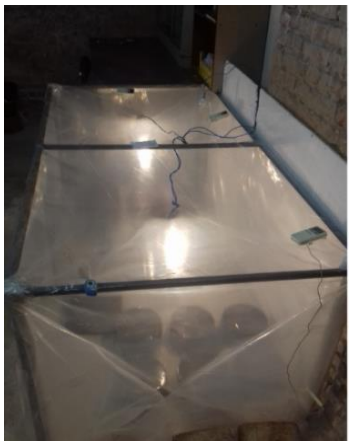
۲- مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در دو سطح کشت با آزمون فشردگی محصور و کشت با آزمون نشست صفحه‌ای و فشردگی محصور و چهار سطح چگالی و دو سطح رطوبت برای سه محصول خربزه، هندوانه و خیار انجام شد. عملیات اجرای این طرح در سال ۱۳۹۷ و در آزمایشگاه مکانیک خاک گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینای همدان، طبق شکل (۱) در محیط کنترل‌شده ازنظر دما، نور و رطوبت محیط انجام شد. برای تهیه خاک موردنیاز برای آزمایش‌ها، به مقدار موردنیاز خاک از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری مزرعه‌ی تحقیقاتی عباس‌آباد دانشگاه بوعلی سینا تهیه گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد. بافت خاک مورداستفاده در این تحقیق لومی رسی شنی بود. پیش از شروع کاشت به‌منظور تشخیص ترکیبات خاک، خاک مورداستفاده تجزیه‌وتحلیل شد. نمونه‌های خاک با عبور از الک دو میلی‌متری، جهت هوا خشک شدن در محیطی وسیع به‌صورت لایه‌ای نازک پخش شد. در هنگام استفاده از خاک‌های هوا خشک و تهیه نمونه با رطوبت مشخص، از خاک‌ها نمونه‌گیری و درصد رطوبت آن‌ها اندازه‌گیری گردید و بر اساس درصد رطوبت اولیه، نمونه‌های با رطوبت مشخص تعیین شدند.

برای تهیه نمونه‌ها، ابتدا مقداری معین از خاک با ترازوی دیجیتال وزن و در سینی پخش گردید. سپس مقدار آب لازم برای رسیدن نمونه به رطوبت موردنیاز محاسبه‌شده و در داخل آب‌پاش ریخته شد. در هر مرحله مقداری از آب توزین شده توسط آب‌پاش روی سطح خاک پاشیده و نمونه با کاردک آن‌قدر جابه‌جا می‌شد تا رطوبت به همه جای خاک داخل سینی برسد. نمونه‌های رطوبت داده‌شده به‌دقت از سطح سینی جمع‌آوری‌شده و توزین گردید. نمونه‌های تهیه‌شده با رطوبت معین، در داخل چندلایه پلاستیک قرار داده شد. درب پلاستیک‌ها کاملاً بسته‌شده و به مدت ۲۴ ساعت برای تبادل رطوبتی و یکنواختی در داخل محیط بسته نگهداری شد (Hemmat *et al.*, 2009).

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت و درمجموع ۱۴۴ گلدان استوانه‌ای به ارتفاع ۱۴ و قطر ۲۰ (سانتی‌متر) مورداستفاده قرار گرفت. آزمون‌های فشاری، طبق شکل ۲ شامل آزمون فشردگی محصور (*CCT*) به تعداد ۷۲ گلدان و آزمون نشست صفحه‌ای و فشردگی محصور (*CCT+PST*) به تعداد ۷۲ گلدان در آزمایشگاه مکانیک خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا انجام شد.

برای انجام آزمایش از یک محیط کنترل شده برای کنترل نور، رطوبت و دما مطابق شکل ۱ استفاده شد.



شکل ۱- محیط کنترل‌شده مورداستفاده در این تحقیق

Fig 1. The controlled space used in this research

شکل ۲- دستگاه CBR مورداستفاده در آزمایش

Fig 2. CBR device used in the experiment

به‌منظور حفظ اثر فشردگی و رطوبت خاک بر جوانه‌زنی بذر آبیاری انجام نشد، برای حفظ رطوبت از محیط کنترل‌شده و رطوبت ساز استفاده شد. دمای محیط به‌طور متوسط در ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد و برای کنترل دمای داخل محیط از یک ترموستات دیجیتالی مدل شیوا (ایران) با دقت یک درجه سانتی‌گراد و یک کنداکتور و سه دماسنج دیجیتالی و یک هیتر استفاده شد. نوردهی ۱۲ ساعته به‌طور مرتب در طول شبانه‌روز انجام شد. برای قطع و وصل کردن نور ساعت هفتگی مدل شیوا ساخت ایران استفاده شد. قسمت اول آزمایش تحت آزمون فشردگی محصور (*CCT*) و قسمت دوم تحت آزمون نشست صفحه‌ای + آزمون فشردگی محصور (*PST+CCT*) انجام شد. با توجه به‌نحوه تهیه نمونه خاک، رطوبت خاک در ۲ سطح ۱۵ درصد و ۱۷/۵ درصد (وزن خشک خاک) و چگالی خاک داخل گلدان‌ها در ۴ سطح ۱/۳ و ۱/۴ و ۱/۵ و ۱/۶ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود، با توجه به رابطه (۱) با داشتن چگالی (ρ)، و حجم نمونه (v)، وزن هر نمونه محاسبه گردید. سپس خاک مورد نیاز وزن شده و به سه قسمت مساوی تقسیم شد. خاک در هر سه

لایه داخل ظرف آزمایش ریخته شد و سپس متراکم شده تا به‌چگالی مورد نظر برسد.

$$\rho = \frac{m}{v} \qquad (۱)$$

در قسمت اول آزمایش تعداد ۷ عدد از هر بذر خیار و هندوانه و خربزه به‌صورت جداگانه در هر گلدان در عمق ۲ سانتی‌متر از سطح خاک با تیمارهای مشخص کشت شد. کشت به‌گونه‌ای صورت گرفت که چگالی خاک بستر و خاک بالایی بذر یکسان بوده و از تراکم یکنواختی برخوردار بود. در قسمت دوم آزمایش به‌دلیل انجام آزمون نشست صفحه‌ای علاوه بر آزمون فشردگی محصور و نداشتن اثر متقابل تعداد بذرهای کشت‌شده به ۴ عدد کاهش یافت.

کشت در این قسمت به‌صورتی انجام شد که پس از مشخص کردن تیمارها، آزمون نشست صفحه‌ای و انجام آزمون فشردگی محصور به عمق ۲ سانتی‌متر از سطح خاک، بذر در قسمت فشرده قرارگرفته و با خاک نرم و دارای رطوبت یکسان با بستر پر گردید.

آرایش بذرهای کشت‌شده به‌این‌ترتیب بود که جوانه‌ها کمترین تأثیر را روی یکدیگر بگذارند. هم‌چنین به دلیل تقسیم ظرف به واحدهای کوچک‌تر در مرحله پر کردن ظرف‌ها، در قسمت اول آزمایش (کشت با آزمون فشردگی محصور یا *CCT*) به‌منظور یکنواختی چگالی ظاهری خاک داخل ظرف تا حد امکان چگالی خاک در تمام قسمت‌های گلدان و بستر خاک بذر (بالا و پایین بذر) یکسان بود ولی در قسمت دوم آزمایش (کشت با آزمون نشست صفحه‌ای و فشردگی محصور یا *PST+CCT*) بستر بذر تمامی تیمارها به عمق ثابت ۲ سانتی‌متر فشرده شد. برای خاک بالایی بذرها، از خاک نرم با رطوبت مشخص همان تیمار استفاده شد. پس از ۱۰ روز از تاریخ کشت به‌نحوی‌که ریشه و بوته کمترین صدمه را ببینند گلدان‌ها تخلیه شدند. برای کنترل بهتر فرآیند رشد، تیمارهای کشت‌شده هر روز بازدید و عوامل محیطی به‌طور دائم کنترل شد.

پارامترهای مدت‌زمان جوانه‌زنی (برحسب روز)، طول ساقه (میلی‌متر)، طول ریشه (میلی‌متر) و وزن گیاهچه با ریشه عاری از خاک (گرم) مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار گرفت و مقادیر آن‌ها ثبت شدند. تجزیه‌وتحلیل واریانس چند متغیره (*MANOVA*) در قالب طرح کاملاً تصادفی در مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی تا ۱۰ روز پس از کشت برای مقایسه داده‌ها انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار *SPSS* انجام شد. در این طرح تأثیر عوامل مستقل رطوبت در دو سطح، نوع کاشت در دو سطح و چگالی خاک در چهار سطح بر روی پارامترهای وابسته مدت جوانه‌زنی، طول ساقه، طول ریشه، وزن گیاهچه و اثرات متقابل عوامل برای صیفی‌جات خیار، خربزه و هندوانه به‌صورت جداگانه بررسی گردید.

۳- نتایج و بحث

برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد. با توجه به خروجی‌های زیر طبق آزمون کولموگروف اسمیرنوف متغیرهای پاسخ (وابسته) دارای توزیع نرمال نبودند؛ اما از آنجا که تعداد داده‌ها بیش از ۳۰ داده است و همچنین چولگی داده‌ها بین ۲- و ۲ است، می‌توان توزیع داده‌ها را نرمال در نظر گرفت.

۳-۱- خربزه

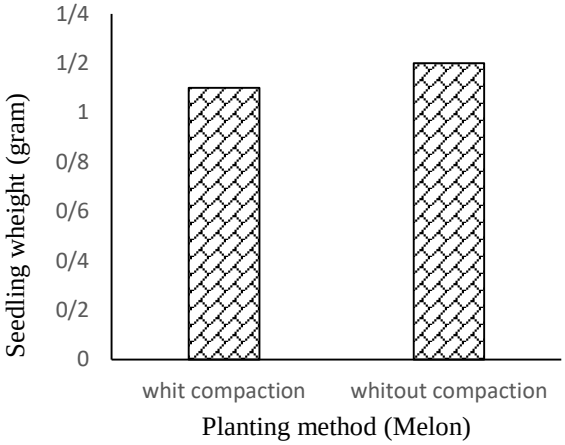
شکل ۳ شاخص‌های عملکردی در گیاه خربزه برای دو حالت بدون فشردگی و با فشردگی خاک را نشان می‌دهد. محصول خربزه در چگالی ۱/۶ گرم بر سانتی متر مکعب طول ساقه و طول ریشه کمتری نسبت به‌سایر چگالی‌ها دارد. این محصول در چگالی ۱/۶ سانتی متر مکعب و ۱/۵ سانتی متر مکعب دیرتر جوانه می‌زند. در واقع با افزایش فشردگی، روز جوانه زدن نیز افزایش می‌یابد. وزن محصول در حالت چگالی ۱/۵ از سایر حالات بیشتر است که با چگالی ۱/۳ تفاوت معنی‌داری ندارد. بنابراین، در شرایط این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت بهترین چگالی برای کاشت محصول خربزه، چگالی ۱/۳ است.

طول ریشه در نوع کاشت بدون فشردگی بیشتر از طول ریشه در نوع کاشت با فشردگی است این نشان می‌دهد که فشرده‌سازی بستر بذر درروش کاشت (*PST+CCT*) عامل رشد کم ریشه در این حالت است. طول ساقه در کاشت بدون فشردگی کمتر از کاشت با فشردگی است که به‌دلیل خاک نرم بالای بذر در این حالت است بنابراین، این محصول در کاشت با فشردگی به‌طور متوسط یک روز زودتر جوانه می‌زند و نوع کاشت بر وزن محصول تأثیری ندارد و این به دلیل دوره رشد ابتدایی گیاه است که نیاز غذایی کمی دارد و نیاز خود را از خاک نرم داخل قسمت فشرده‌شده تأمین می‌کند. در رطوبت ۱۵٪ محصول ریشه بلندتر، ساقه بلندتر و وزن بیشتری دارد.

با جمع‌بندی انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت بهترین چگالی، چگالی ۱/۳ و رطوبت ۱۵ درصد است. درصورتی‌که طول ریشه از طول ساقه و روز جوانه زدن مهم‌تر باشد، کاشت بدون فشردگی و در غیر این صورت کاشت با فشردگی توصیه می‌شود.

۳-۲- هندوانه

شکل ۴ شاخص‌های عملکردی در گیاه هندوانه برای دو حالت بدون فشردگی و با فشردگی خاک را نشان می‌دهد. محصول هندوانه در چگالی ۱/۶ طول ریشه کمتری نسبت به سایر چگالی‌ها دارد. این محصول در چگالی ۱/۳ زودتر جوانه می‌زند. در واقع با افزایش فشردگی، روز جوانه زدن نیز افزایش می‌یابد. وزن گیاه در حالت چگالی ۱/۵ و ۱/۴ از سایر حالات بیشتر است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت بهترین چگالی برای کاشت محصول هندوانه، چگالی پایین است.



شکل ۳- میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده در گیاه خربزه
Fig3. Mean values of indicators date in Melon

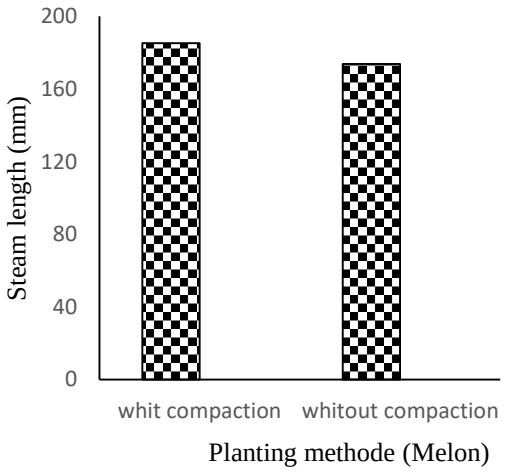
طول ریشه در نوع کاشت بدون فشردگی بیشتر از طول ریشه در نوع کاشت با فشردگی است که به دلیل فشرده و متراکم کردن بستر بذر در این روش کاشت است. طول ساقه در کاشت بدون فشردگی کمتر از کاشت با فشردگی است و این به‌دلیل خاک نرم بالای بذر در حالت (*PST+CCT*) است و این محصول در کاشت بدون فشردگی به‌طور متوسط یک روز زودتر جوانه می‌زند و نوع کاشت بر وزن محصول تأثیری ندارد. در رطوبت ۱۵٪ محصول ریشه بلندتر، ساقه بلندتر و وزن بیشتری دارد و زودتر جوانه می‌زند.

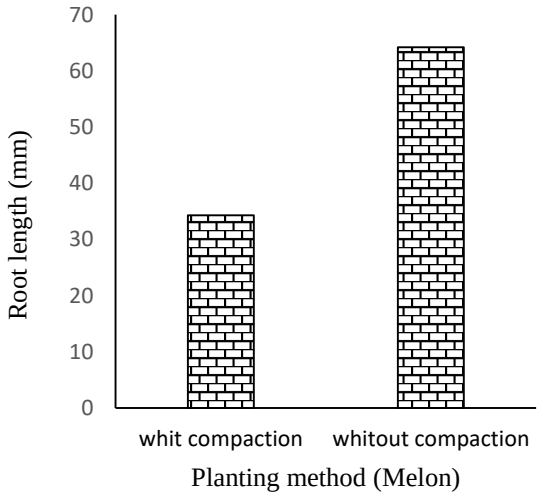
با جمع‌بندی انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت بهترین چگالی، چگالی ۱/۳ یا ۱/۴ و رطوبت ۱۵ درصد است. درصورتی‌که طول ریشه از طول ساقه و روز جوانه‌زدن مهم‌تر باشد، کاشت بدون فشردگی و در غیر این صورت کاشت با فشردگی توصیه می‌شود.

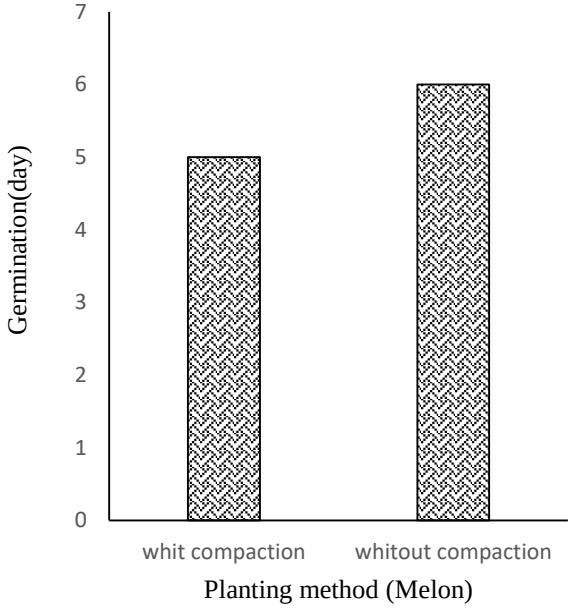
۳-۳- خیار

شکل (۵) شاخص‌های عملکردی در گیاه خیار برای دو حالت بدون فشردگی و با فشردگی خاک را نشان می‌دهد. محصول خیار در چگالی ۱/۴ طول ریشه بیشتری نسبت به‌سایر چگالی‌ها دارد و زودتر جوانه می‌زند. درواقع با افزایش فشردگی، روز جوانه زدن نیز افزایش می‌یابد. طول ریشه در نوع کاشت بدون فشردگی بیشتر از طول ریشه در نوع کاشت با فشردگی است. طول ساقه در کاشت بدون فشردگی کمتر از کاشت با فشردگی است و این به‌دلیل خاک نرم بالای بذر در حالت کشت (*PST+CCT*) است و این محصول در کاشت بدون فشردگی به‌طور متوسط همانند کاشت با فشردگی جوانه می‌زند و وزن محصول در کاشت بدون فشردگی بیشتر است. محصول خیار در رطوبت ۱۷/۵ درصد زودتر از رطوبت ۱۵ درصد جوانه می‌زند.

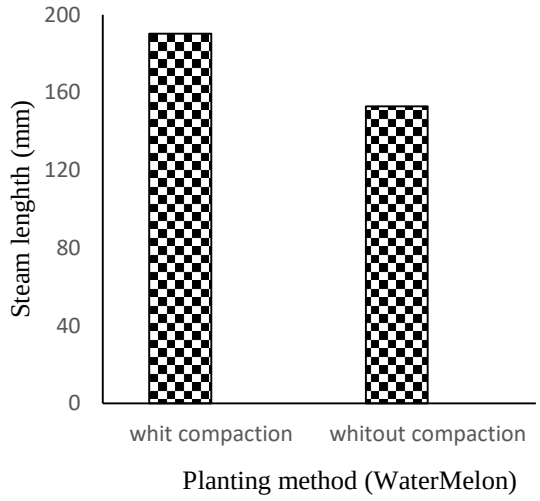
با جمع‌بندی انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت بهترین چگالی، چگالی ۱/۴ و رطوبت ۱۷/۵ درصد است. درصورتی‌که طول ریشه و

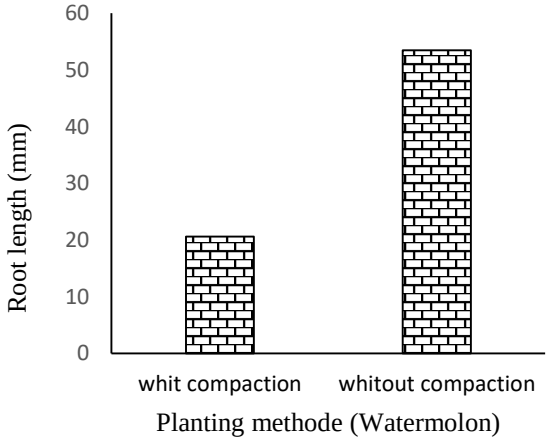


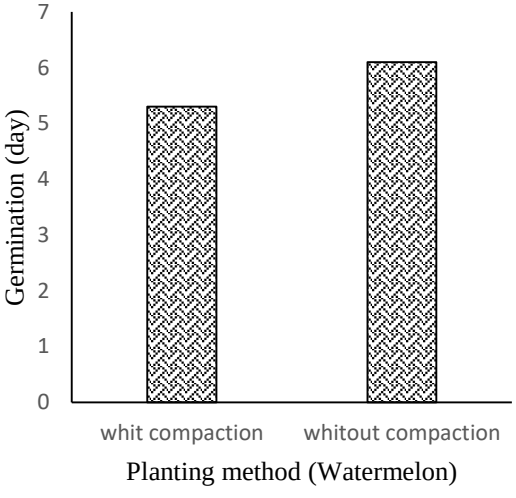


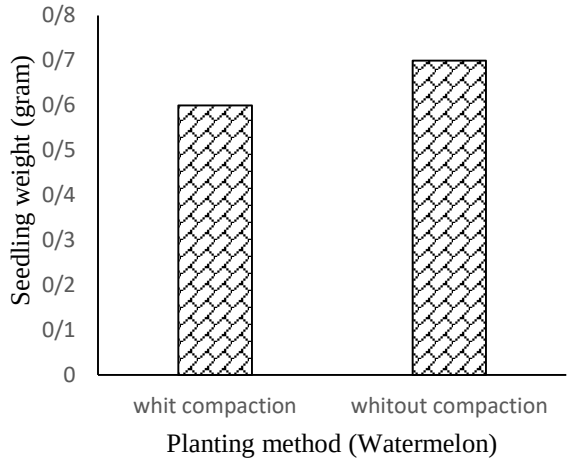


وزن محصول از طول ساقه مهم‌تر باشد، کاشت بدون فشردگی و در غیر این صورت کاشت با فشردگی توصیه می‌شود.









شکل ۴- **میانگین شاخص‌های اندازه گیری شده در گیاه هندوانه**

Fig 4. Mean values of indicators for Melon

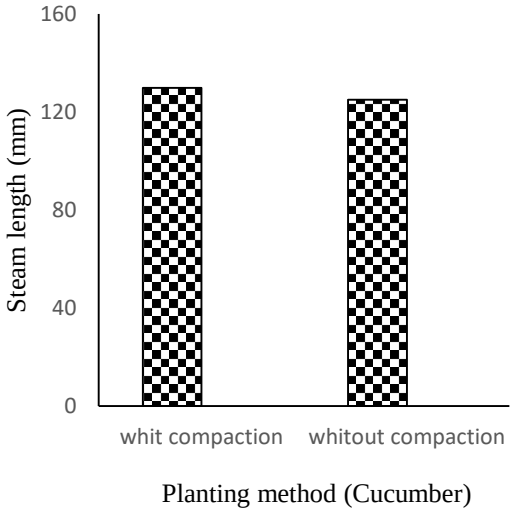
۴- نتیجه‌گیری

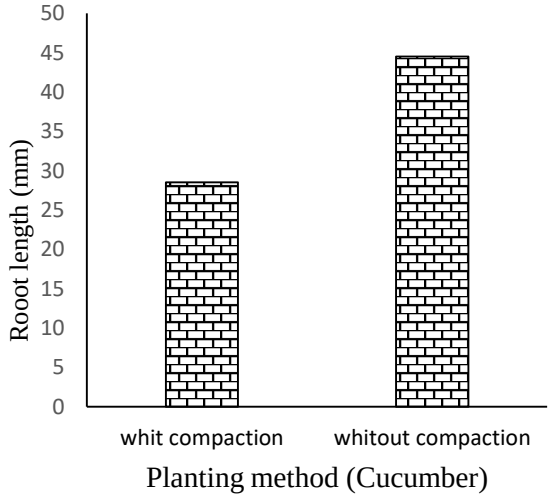
صیفی‌جات در رطوبت‌ها و چگالی‌های با سطوح مختلف و انواع کاشت مورداستفاده در این طرح، پاسخ متفاوتی از خود نشان می‌دهند، نتایج نشان داد برای هر سه محصول طول ریشه در نوع کاشت آزمون فشردگی محصور (*CCT*) یا (بدون فشردگی) بیشتر از طول ریشه در نوع کاشت با آزمون نشست صفحه‌ای و فشردگی محصور (*PST+CCT*)یا (با فشردگی) است ولی بهترین و بهینه‌ترین حالت برای هر سه بذر خربزه، هندوانه و خیار در حالت فشردگی محصور (*CCT*)یا بدون فشردگی رخ می‌دهد؛ آزمون نشست صفحه‌ای و فشردگی محصور (*PST+CCT*) به دلیل تراکم بیش‌ازحد بستر بذر نسبت به‌حالت (*CCT*)، نامطلوب بوده و رشد ریشه را محدود می‌گرداند بدیهی است که رشد و حجم ریشه کم به‌معنای کاهش مواد غذایی در دسترس گیاه، درنتیجه کاهش عملکرد است. هم‌چنین در نوع کشت با آزمون نشست صفحه‌ای و فشردگی محصور (*PST+CCT*) برای متغیرهای طول ساقه و روز جوانه‌زدن برای همه محصولات در این نوع کشت نتیجه بهتری را نشان می‌دهد.

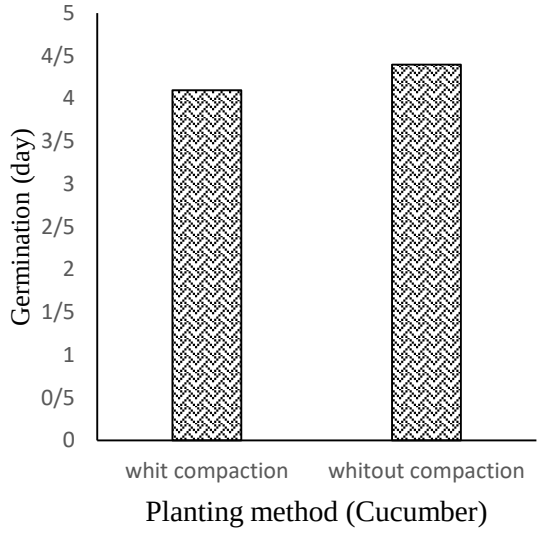
برای محصول خربزه بهترین چگالی خاک، چگالی ۱/۳ و رطوبت خاک ۱۵ درصد است؛ بنابراین در این نوع محصول باید از دستگاهی که چرخ پوشاننده (فشاری) آن، فشاری مطابق با رطوبت خاک مزرعه و چگالی مطلوب این بذر اعمال کند، مورداستفاده قرار گیرد. برای محصول هندوانه بهترین چگالی خاک، چگالی ۱/۴ یا ۱/۳ و رطوبت خاک ۱۵ درصد است. بنابراین، در این حالت باید برای رسیدن به‌تراکم مطلوب در این محصول، به‌خاطر رطوبت پایین‌تر خاک، فشار بیشتری از جانب دستگاه به‌خاک وارد آید.

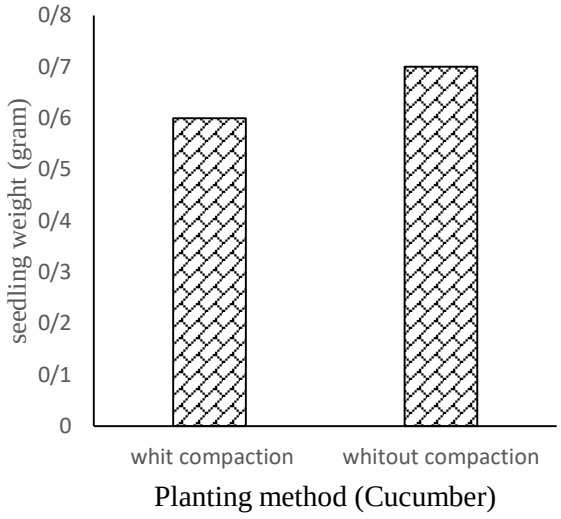
نتایج برای محصول خیار نشان داد بهترین چگالی خاک، چگالی ۱/۴ و رطوبت خاک ۱۷/۵ درصد است، در اینجا به‌منظور تراکم خاک مطلوب به خاطر رطوبت بالا، باید از وسیله‌ای همانند پوشاننده فنری

برای پوشاندن سطح خاک استفاده گردد. هم‌چنین برای طراحی شیار بازکن و یا قرار دادن بذر داخل خاک در دستگاه کارنده صیفی‌جات علاوه بر توجه به‌چگالی‌های مناسب خاک، باید در نظر داشت که آزمون نشست صفحه‌ای و فشردگی محصور (*PST+CCT*) رشد ریشه را محدود می‌نماید.









شکل ۵- **میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده در گیاه خیار**

Fig 5. Mean values indicator for cucumber

۵- منابع

Alameda, D., and Villar, R. (2009). *Moderate soil compaction: implications on growth and architecture in seedlings of 17 woody plant species*. Soil and Tillage Research 103(2): 325-33.

Botta, G.F., Tolon-Becerra, A., Lastra-Bravo, X., and Tourn, M. (2010). *Tillage and traffic effects (planters and tractors) on soil compaction and soybean (Glycine max L.) yields in Argentinean pampas*. Soil and Tillage Research. 110(1), 167–174.

Chimungu, J.G., Kenneth, W.L., and Lynch, J.P. (2015). *Root anatomical phenes predict root penetration ability and biomechanical properties in maize (Zea mays)*. Journal of Experimental Botany. 66:3151–3162.

Descalzi, C., Balocchi, O., López, I., Kemp, P., and Dörner, J. (2018). *Different soil structure and water conditions affect the growing response of Lolium perenne L. and Bromus valdivianus Phil. growing alone or in mixture*. Journal of Soil Science Plant Nutrition. 18:617–635.

Ebrahimi Koulaee, H., Norouzi, A., Hasani, M., Bakhtiari, M., Pedram, A., and Noshad, H. (2011). *Effect of soil compaction on some quantity and quality characters of sugar beet*. *Journal of Sugar Beet*, 26(2), pp. 214-205. (In Persian)

Hemmat, A., Tahmasebi, M., Vafaeian, M., Mosaddeghi, M.R. (2009). *Relationship between pre-compaction stress and shear strength under confined and semi-confined loadings for a sandy loam soil.* Biosystems Engineering. 102(2), 219–226.

Kristoffersen, A., and Riley H. (2005). *Effects of soil compaction and moisture regime on the root and shoot growth and phosphorus uptake of barley plants growing on soils with varying phosphorus status.* Nutrient Cycling in Agroecosystems. 72(2), 135–146.

McKenzie, B.M., Mullins, C.E., Tisdall, J. M., and Bengough, A.G. (2013). *Root soil friction: quantification provides evidence for measurable benefits for manipulation of root tip traits.* Plant, Cell and Environment. 36:1085–1092.

Nasrollahi, H., Eisvand, H., Shahbazi, F., and Feizian, M. (2020). *Effect of Soil Compaction and Seed Priming on Growth Indices and Proline Content of Kidney Bean Seedling*. *Iranian Journal of Soil Research*, 34(2), 169-181. (In Persian).

Sivarajan, S., Maharlooei, M., Bajwa, S.G., and Nowatzkiet, J. (2018). *Impact of soil compaction due to wheel traffic on corn and soybean growth, development and yield.* Soil and Tillage Research. 175, 234–243.

Wallace, C.W., Flanagan, D.C., and Engel, B.A. (2017). *Quantifying the effects of conservation practice implementation on predicted runoff and chemical losses under climate change. Agricultural water management.* 186, 51–65.

Wang, M., Shen, F., and Huan, G. (2019). Effects of soil compactions on plant growth, nutrient absorption, and root respiration in soybean seedling. Environmental Science and Pollution. 1:1