بررسی اثر فشردگی و رطوبت خاک بر جوانه زدن بذر خربزه، خیار و هندوانه

ابراهیم زینتی ممتاز [۱*]، مجتبی جابری‌معز [۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا (zinatimomtaz@gmail.com)
۲. استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا (jaberimoeaz@yahoo.com)

چکیده

به دلیل مکانیزاسیون کشاورزی، خاک‌ها روزبه‌روز بیشتر در معرض متراکم شدن می‌باشند. تراکم خاک یکی از عوامل ضعیف‌تر شدن خاک است. در این تحقیق با داشتن رطوبت و چگالی خاک برای سه محصول خربزه، خیار و هندوانه مقدار بهینه آن‌ها استخراج گردیده است. در این آزمایش از ۷۲ عدد گلدان پرشده با خاک مزرعه‌ای استفاده شد. آزمایش در گلخانه تحقیقاتی آزمایشگاه مکانیک خاک گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. برای محصولات از دو سطح رطوبت ۱۵ و ۱۷/۵ درصد و چهار سطح چگالی ۱/۳، ۱/۴، ۱/۵ و ۱/۶ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) استفاده گردید. هدف از این مطالعه به دست آوردن تراکم مناسب خاک برای محصولات ذکرشده می‌باشد. چهار پارامتر درصد جوانه‌زنی، طول ساقه، طول ریشه و وزن گیاهچه در هر مرحله اندازه‌گیری شد. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده گردید. نتایج نشان داد برای خربزه رطوبت ۱۷/۵ درصد و چگالی ۱/۵ بهترین نتیجه را نشان می‌دهد. ضرایب همبستگی جوانه‌زنی با طول ساقه، طول ریشه و وزن گیاهچه به ترتیب، ۹۲، ۷۷ و ۸۴ درصد به دست آمد. همچنین برای خیار رطوبت ۱۵ درصد و چگالی ۱/۶ بهترین نتیجه را به رقم آورد. ضرایب همبستگی جوانه‌زنی با طول ساقه، طول ریشه و وزن گیاهچه به ترتیب، ۸۴، ۵۶ و ۸۲ درصد به دست آمد. نتایج برای هندوانه نشان داد هندوانه در رطوبت ۱۵ درصد و سطح چگالی ۱/۳ با ضریب همبستگی ۸۰، ۷۱ و ۷۰ درصد به ترتیب بین سرعت جوانه‌زنی با طول ساقه، طول ریشه و وزن گیاهچه بهترین نتیجه را داشت.

کلمات کلیدی: *بذر، چگالی، رطوبت، طراحی.*

*نویسنده مسئول: zinatimomtaz@gmail.com

بررسی اثر فشردگی و رطوبت خاک بر جوانه زدن بذر خربزه، خیار و هندوانه

مقدمه

به دلیل افزایش حجم و وزن ماشین‌آلات در مراحل مختلف کشاورزی، فشردگی خاک به‌عنوان یک نگرانی مهم در کشاورزی مدرن موردتوجه قرارگرفته است. تجهیزات سنگین امروزه این پتانسیل رادارند که باعث افزایش شدید مشکلات تراکم خاک شوند *سیوارجان*[1] (۲۰۱۸). تأثیر تراکم خاک برجذب و تلفات مواد مغذی موردبررسی قرارگرفته است. 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 بگذارد. شواهد 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 *لیپیس و استپنیسکی*[2]، (۱۹۹۵)؛ *والاس و همکاران*[3]، (۲۰۱۷). به‌طورکلی، تراکم باعث کاهش طول ریشه، نفوذ ریشه و عمق ریشه می‌شود. تراکم خاک جذب مواد مغذی را به علت ریشه‌های آسیب‌پذیر کاهش می‌دهد اما باعث افزایش تماس بین ریشه‌ها و ذرات خاک می‌شود که ممکن است منجر به تبادل 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 *کریستوفرسون و ریلی*[4]، (۲۰۰۵). گرچه سیستم ریشه‌زایی گیاهان به دلیل متراکم شدن خاک به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد، این امر همیشه سبب کاهش جوانه زدن نمی‌شود. اگر یک خاک به‌شدت فشرده‌شده باشد، تحرک یون در خاک را کاهش می‌دهد و رشد ریشه را به‌شدت محدود می‌کند؛ بستگی به مواد مغذی موجود در خاک می‌تواند رشد ساقه را محدود کند *اسحاق و همکاران*[5]، (۲۰۰۱)؛ *سیلوا و همکاران*[6]، (۲۰۰۸). تراکم خاک به علت 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 *بوتا و همکاران*[7]، (۲۰۱۰). گیاهان زراعی به‌طور نامطلوب تحت تأثیر تراکم خاک قرار دارند *دور و آبرتوت*[8]، (۲۰۰۰). به‌طورکلی تراکم خاک یک عامل استرس مؤثر بر رشد گیاه می‌باشد اما اثرات آن در بین گونه‌ها و با دامنه تراکم خاک متفاوت است. تراکم خاک بیشتر به جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه و بقاءِ آن در مقایسه با گیاهان و درختان تأثیرگذار است اما پاسخ رشد نهال به تراکم خاک نیز به انواع خاک و گونه‌های گیاهی مربوط می‌شود، زیرا گاهی اوقات تراکم متوسط خاک‌های شنی می‌تواند برای رشد گیاهان جنگلی مفید باشد. به‌طورکلی، تغییرات زیادی در پاسخ‌ها بسته به نوع و متغیر موردمطالعه وجود دارد *آلامدا و ویدار*[9]، (۲۰۰۹). نقش رطوبت در تراکم خاک زیاد است اما همان میزان فشار ممکن است اثر ناچیزی داشته باشد وقتی‌که رطوبت کم است. محدودیت در عمق ریشه ممکن است اثرات شدیدی داشته باشد، از اثرات غیرمستقیم تراکم نیتروژن دهی که احتمالاً منجر به کمبود نیتروژن در محصولات می‌شود *باتی*[10]، (۲۰۰۹)؛ افضلیان و ذبیحی، (۲۰۱۴). بااین‌حال، فشردگی خاک شدیداً می‌تواند منجر به تغییر شکل ریشه، رشد ساقه کوتاه، جوانه‌زنی دیر، میزان جوانه‌زنی پایین و میزان مرگ‌ومیر بالا شود. تمام موارد ذکرشده اثرات تراکم خاک، به‌طور عمده در خاک‌های فشرده است. در خاک‌های متراکم تلفات رطوبت بالاست به علت اینکه در خاک فشرده میزان تخلخل خاک کاهش‌یافته و ذرات به هم نزدیک‌تر شده، ظرفیت نگهداری آب در خاک کاهش می‌یابد. افزایش بارمحوری باعث از دست رفتن رطوبت در عمق بیشتر می‌شود. این نشان می‌دهد

1 Sivarajan
2 Lipiec and Stepniewski
3 Wallace
4 Kristoffersen and Riley
5 Ishaq
6 Silva
7 Botta
8 Dürr and Aubertot
9 Alameda and Villar
10 Batey

که رطوبت تابع عوامل تراکم خاک و نیروی محوری و هم‌چنین عمق می‌باشد *نواز*[11]، (۲۰۱۳). با توجه به مطالب ارائه‌شده، فشردگی و تراکم بیش‌ازاندازه خاک امروزه به‌صورت یک معضل جهانی، کشاورزی و محیط‌زیست را تحت تأثیر قرار داده است؛ بنابراین تا آنجا که ممکن است باید از تراکم خاک جلوگیری کرد ولی همان‌گونه که در مطالب بیان شد، فشردگی خاک که در خاک‌های دارای رطوبت تحقق می‌یابد، تحت متغیرهای رطوبتی و چگالی مختلف خاک یک عامل مهم و تأثیرگذار بر میزان جوانه زدن بذر می‌باشد و 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 که در این تحقیق هدف اصلی پیدا کردن بهینه‌ترین میزان تراکم و چگالی ظاهری خاک برای سه بذر خیار، هندوانه و خربزه می‌باشد. تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که تراکم خاک بر رشد و عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد. *سیواراجان و همکاران* (۲۰۱۸) در تحقیقی بر روی یک مزرعه در جیمز تاون ایالات‌متحده آمریکا برای فصل رشد سال ۲۰۱۳ (ذرت) و سال ۲۰۱۴ (سویا) انجام دادند. هدف از این مطالعه، ارزیابی تأثیر ترافیک چرخ بر شاخص‌های مقاومت خاک و تأثیر آن بر ظهور، رشد و عملکرد محصولات بود. همچنین اثر چرخه یخ‌زدگی زمستانه در تراکم خاک موردبررسی قرار گرفت. این آزمایش شامل پنج نمونه خاک و دو شرایط ترافیکی بر اساس تردد ماشین‌آلات که در قالب بلوک کامل تصادفی ارائه‌شده است. *آلامدا و ویلار* (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای تأثیر تراکم متوسط خاک بر رشد و شکل ظاهری در ۱۷ نوع گیاه چوبی نهال را انجام دادند. ۱۷ گونه نهال (برگریز و همیشه سبز و...) به‌طور عمده از اکوسیستم دریای مدیترانه در شرایط مطلوب نزدیک (نور، دما و آب) در یک گلخانه با بستر شنی رشد دادند. آن‌ها دریافتند که به‌طورکلی، تغییرات زیادی در پاسخ‌ها بسته به نوع و متغیر موردمطالعه وجود دارد، اثرات فشردگی متوسط خاک می‌تواند در دو پاسخ کلی گیاهان جنگلی خلاصه شود: افزایش رشد و اعوجاج شکل ظاهری؛ و هم‌چنین اثر فشردگی خاک بر رشد می‌تواند حالت نرمال داشته باشد، که در آن مقادیر بی‌اثر، دامنه مرکزی اثر مثبت (بر رشد) و برای مقادیر بالای فشردگی خاک، اثر منفی داریم. *نواز* (۲۰۱۳) تراکم خاک و مدل‌سازی تراکم را موردبررسی قرارداد که از نتایج این بررسی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

فشردگی خاک یک‌شکل فیزیکی از تخریب خاک است که باعث تغییر ساختار خاک، محدود کردن نفوذ آب‌وهوا و کاهش نفوذ ریشه در خاک می‌شود. تراکم شدید خاک باعث تغییر شکل ریشه، رشد، جوانه‌زنی دیررس، سرعت جوانه‌زنی کم و مرگ‌ومیر بالایی می‌شود. هنگامی‌که خاک در معرض بار ترافیکی وسیله نقلیه قرارگرفته است، محتویات آب خاک، بافت و ساختار خاک و ماده آلی خاک، سه عامل اصلی تعیین میزان فشردگی در این خاک است. تراکم خاک تأثیر مستقیم بر خواص فیزیکی خاک مانند چگالی حجمی و تخلخل دارد، بنابراین، این پارامترها می‌توانند برای اندازه‌گیری فشردگی خاک استفاده شوند. *چن و همکاران*[12] (۲۰۱۹) نشان دادند که زمان بارگذاری (۰-۱ ثانیه) همانند چرخ‌های فشاری ماشین کاشت، بر پتانسیل خاک، رطوبت و تراکم خاک که به‌طور بالقوه با جوانه‌زنی بذر مرتبط هستند، تأثیر فراوانی دارد.

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 پیدا نشده است.

مواد و روش‌ها

محل و زمان اجرای طرح

عملیات اجرای این طرح در آزمایشگاه مکانیک خاک گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. این آزمایشگاه به مساحت ۳۰ مترمربع در مکانی با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی،

11 Nawaz
12 Chen

۱۸۴۴ متر ارتفاع از سطح دریا و با شدت نور ۸۵۷۴۲ لوکس قرار داشت. بذرهای خیار و خربزه و هندوانه در تاریخ ۲۰۱۸/۰۹/۳۰ کشت شد.

شرایط انجام آزمایش

بافت خاک مورداستفاده در این تحقیق لومی رسی شنی بود. مشخصات خاک مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه‌شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک

درصد شن (S): ۴۶/۹۲	حد خمیری (LL): ۱۰
درصد سیلت (SI): ۲۷/۲۸	حد روانی (PL): ۳۲
درصد رس (C): ۲۵/۸	شاخص خمیری (PL): ۱۰

پیش از شروع آزمایش‌ها خاک مورداستفاده تجزیه‌وتحلیل شد. ترکیبات خاک در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- مواد تشکیل‌دهنده خاک

مقدار	فاکتورهای خاک
۶/۸۹	pH
۰/۲ ds m^{-1}	هدایت الکتریکی (EC)
۱۵ mg lit^{-1}	کلسیم (Ca)
۳ mg lit^{-1}	منیزیم (Mg)
۳۵/۴ mg lit^{-1}	کلر (Cl)
۲۷/۸۹ mg lit^{-1}	پتاسیم (K)
۲/۸ mg lit^{-1}	فسفر (P)
۰/۱۵۵ mg g^{-1}	نیتروژن (N)

آزمایش تحت شرایط زیر انجام شد:

آزمون بر روی ۷۲ گلدان استوانه‌ای به ارتفاع ۱۴ و قطر ۲۰ (سانتی‌متر) با طرح آزمایش بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار با دمای متوسط ۲۵ (درجه سانتی‌گراد) و نوردهی ۱۲ ساعته به‌طور مرتب در طول شبانه‌روز انجام شد (شکل ۱).

شکل ۱- گلدان‌های آزمایش

برای قطع و وصل کردن نور از ساعت هفتگی مدل شیوا (ایران) استفاده شد (شکل ۲).

شکل ۲- ساعت فرمان هفتگی مدل شیوا

با توجه به نحوه تهیه نمونه خاک، رطوبت خاک در ۲ سطح ۱۵ درصد و ۱۷/۵ درصد (وزن خشک خاک) و چگالی خاک در ۴ سطح ۱/۳ و ۱/۴ و ۱/۵ و ۱/۶ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود، گلدان‌ها با حجم مشخص و ثابت با توجه به چگالی موردنظر با وزن معینی از خاک با سطح رطوبت مشخص پر شدند که تعداد ۶ عدد از هر بذر خیار و هندوانه و خربزه به‌صورت جداگانه در هر گلدان در عمق ۲ (سانتی‌متر) از سطح خاک‌کشت شد (شکل ۳). آرایش بذرهای کشت‌شده به‌این‌ترتیب بود که جوانه‌ها کمترین تأثیر را روی یکدیگر بگذارند. هم‌چنین چگالی خاک در تمام قسمت گلدان و بستر خاک بذر (بالا و پایین بذر) یکسان بود. به دلیل رطوبت کافی محیط آزمایش بدون آبیاری انجام شد. پس از ۱۰ روز از تاریخ کشت به‌نحوی‌که ریشه و بوته کمترین صدمه را ببینند گلدان‌ها تخلیه شدند. پارامترهای مدت‌زمان جوانه‌زنی (برحسب روز)، طول ساقه (میلی‌متر)، طول ریشه (میلی‌متر) و وزن گیاهچه با ریشه عاری از خاک (گرم) مورداندازه‌گیری و بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری دمای محیط توسط دماسنج HTC-2 (ژاپن) استفاده گردید. دما روی ۲۵ درجه سانتی‌گراد توسط هیتر ثابت نگه‌داشته شد.

شکل ۳- کاشت شش عدد بذر در هر گلدان

روش تهیه نمونه خاک

برای تهیه خاک موردنیاز برای آزمایش‌ها، بعد از انتخاب محل تهیه خاک، به مقدار موردنیاز خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد. 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 شده و درصد رطوبت آن‌ها اندازه‌گیری گردید و بر اساس درصد رطوبت اولیه، نمونه‌های با رطوبت مشخص تعیین شدند. روش مذکور توسط عقیلی ناطق (۱۳۸۷) و همت و همکاران (۲۰۰۹) مورداستفاده قرار گرفت. برای جلوگیری از انتقال رطوبت، زیر لایه خاک پهن‌شده پلاستیک قرار داده شد.

برای تهیه نمونه خاک با رطوبت معین، با احتساب رطوبت اولیه، یک سینی گالوانیزه تهیه شد که دارای لبه‌هایی به ارتفاع ۵ سانتی‌متر بود. در زیر این سینی پلاستیکی قرار داده شد که اگر در حین تهیه نمونه‌ها خاک به هر طریقی بیرون از سینی ریخته شود، بتوان آن را جمع-آوری نموده و به نمونه خاک اضافه کرد (شکل ۴). برای تهیه نمونه‌ها، ابتدا مقداری معین از خاک را با ترازوی دیجیتال مدل Notebook (ژاپن) وزن نموده و در سینی موردنظر پخش گردید (شکل ۵). سپس مقدار آب لازم جهت 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. ازآنجایی‌که در هنگام اسپری کردن آب با توجه به مدت‌زمان تهیه نمونه‌ها احتمال تبخیر مقداری از رطوبت خاک وجود داشت، در صورت وجود اختلاف بین وزن نهایی نمونه خاک تهیه‌شده با جمع وزن خاک و آب، به نمونه‌ها با توجه به کاهش یا افزایش وزن نهایی، آب یا خاک اضافه‌شده تا به درصد معین رطوبت دست یابد. اضافه‌وزن نمونه نهایی ناشی از خطای انسانی بوده و کاهش وزن هم به خاطر خطای انسانی و هم به خاطر تبخیر مقداری از رطوبت بود. نمونه‌های تهیه‌شده با رطوبت معین، در داخل چندلایه پلاستیک قرار داده‌شده و در پلاستیک‌ها کاملاً بسته شده و به مدت ۲۴ ساعت برای تبادل رطوبتی و یکنواختی در داخل این محیط بسته نگه‌داری شد. این روش تهیه نمونه توسط طهماسبی و همکاران (۱۳۸۷)، عقیلی ناطق (۱۳۸۷) و همت و همکاران (۲۰۰۹) مورداستفاده قرار گرفت.

شکل ٤- سینی لبه‌دار

شکل ٥- وزن کردن خاک با ترازو ترازوی دیجیتال مدل Notebook (ژاپن)

نوردهی

برای نوردهی به محیط (داخل گلخانه) از دو عدد لامپ LED استفاده گردید. طراحی علمی موقعیت و زاویه نور به گیاهان اجازه می‌دهد تا حداکثر استفاده از نور را داشته باشد. نوردهی داخلی بین سبزیجات و گل‌ها با استفاده از گرمای کم لامپ‌ها باعث افزایش تولید می‌شود. استفاده کارآمد از انرژی می‌تواند باعث کاهش بار و مصرف انرژی سیستم الکتریکی می‌شود.

تجزیه‌وتحلیل واریانس (ANOVA) بر روی رطوبت و چگالی اندازه‌گیری شد. در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی در مراحل رشد و جوانه‌زنی برای مقایسه داده‌ها انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن (2017) IBM SPSS STATSTIC 23 انجام شد. در این طرح تأثیر رطوبت در دو سطح و سه هفته (دوره رشد) بر روی جوانه‌زنی خیار، خربزه و هندوانه بررسی گردید. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون پیرسون استفاده شد. تمامی داده‌ها نرمال بودند و معیار تصمیم‌گیری برای تمامی متغیرها ۰/۹ به دست آمد.

نتیجه‌گیری

اثر رطوبت دهی و چگالی بر روی جوانه‌زنی

مراحل داده‌برداری رطوبت ۱۵ و ۱۷/۵ درصد برای چهار سطح چگالی ۱/۳، ۱/۴، ۱/۵ و ۱/۶ انجام شد. بر طبق تحلیل‌های انجام‌شده برای خربزه در رطوبت ۱۷/۵ درصد و چگالی ۱/۵ بالاترین ضرایب همبستگی بر طبق جدول ۳ به دست آمد. مطابق با این جدول بالاترین ضرایب همبستگی مربوط به رطوبت ۱۷/۵ درصد و چگالی ۱/۵ است. جوانه‌زنی با طول ساقه ۹۲ درصد است (شکل ۶) و این امر به خاطر تأثیر بالایی است که رطوبت بر روی رشد ساقه و جوانه‌زنی دارد. ضریب همبستگی جوانه‌زنی با طول ریشه ۷۷ درصد نشان داده‌شده است

(شکل ۷) و نشان از مناسب بودن تراکم خاک در این رطوبت را می‌دهد. ضریب همبستگی جوانه‌زنی با وزن، ۸۴ درصد به‌دست‌آمده است. این موضوع به خاطر مناسب بودن شرایط برای افزایش وزن محصول است. برای خیار مطابق جدول ۳ بیشترین ضرایب همبستگی مربوط به سطح رطوبت ۱۵ درصد و چگالی ۱/۶ است. در این سطح جوانه‌زنی با طول ساقه ۸۴ درصد همبستگی دارد. همبستگی جوانه‌زنی باریشه و وزن نیز به ترتیب ۵۶ و ۸۲ درصد است؛ بنابراین برای هندوانه نیز همان‌طور که در جدول ۳ بیان‌شده است سطح رطوبت ۱۵ درصد و چگالی ۱/۳ درصد بهترین عملکرد جوانه‌زنی را به‌طور هم‌زمان با هر سه عامل طول ساقه، ریشه و وزن با ضرایب همبستگی ۸۰، ۷۱ و ۷۰ درصد نشان داده است.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین جوانه‌زنی و سه عامل طول ریشه، طول ساقه و وزن برای سه محصول خربزه، خیار و هندوانه در دو سطح رطوبت و چهار سطح چگالی

خربزه				
وزن	طول ریشه	طول ساقه	شرایط و عامل	
۰/۷۵۰**	۰/۶۴۰**	۰/۸۶۱**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۳
۰/۸۲۰**	۰/۷۰۱**	۰/۹۱۰**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	
۰/۵۵۳**	۰/۴۰۲	۰/۶۸۵**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۴
۰/۵۹۹**	۰/۵۸۲**	۰/۶۴۹**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	
۰/۱۶۹	۰/۱۴۹	۰/۱۷۲	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۵
۰/۸۴۰**	۰/۷۷۱**	۰/۹۲۰**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	
۰/۴۵۴*	۰/۴۶۰*	۰/۴۷۲*	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۶
۰/۰۸۶	۰/۳۲۲	۰/۲۰۷	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	
خیار				
وزن	طول ریشه	طول ساقه	شرایط و عامل	
۰/۶۲۰**	۰/۴۵۴*	۰/۸۴۵**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۳
۰/۵۴۰*	۰/۶۶۶**	۰/۶۳۴**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	
۰/۵۲۲*	۰/۷۳۷**	۰/۷۴۶**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۴
۰/۵۴۳*	۰/۴۰۸	۰/۴۵۴*	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	
۰/۶۴۵**	۰/۲۸۵	۰/۳۵۸	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۵
۰/۶۳۴**	۰/۶۶۷**	۰/۶۵۰**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	
۰/۸۱۶**	۰/۵۶۰	۰/۸۴۴**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۶
۰/۱۰۶	۰/۴۵۰*	۰/۳۹۶	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	
هندوانه				
وزن	طول ریشه	طول ساقه	شرایط و عامل	
۰/۷۰۱**	۰/۷۰۷**	۰/۷۹۷**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۳
۰/۴۶۷*	۰/۱۲۰	۰/۷۷۱**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	
۰/۶۰۹**	۰/۵۷۵**	۰/۸۶۰*	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۴
۰/۵۷۵*	۰/۴۳۵*	۰/۵۱۱*	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	
۰/۷۵۸**	۰/۰۴۳	۰/۸۴۰**	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	چگالی ۱/۵

	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	۰/۱۷۱	۰/۲۵۵	۰/۱۸۳
چگالی ۱/۶	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۵ درصد	۰/۵۸۳*	۰/۲۰۸	۰/۲۲۴
	جوانه‌زنی در رطوبت ۱۷/۵ درصد	۰/۰۶۷	۰/۱۴۶	۰/۱۶۰

شکل ٦- طول ساقه

شکل ۷- طول ریشه

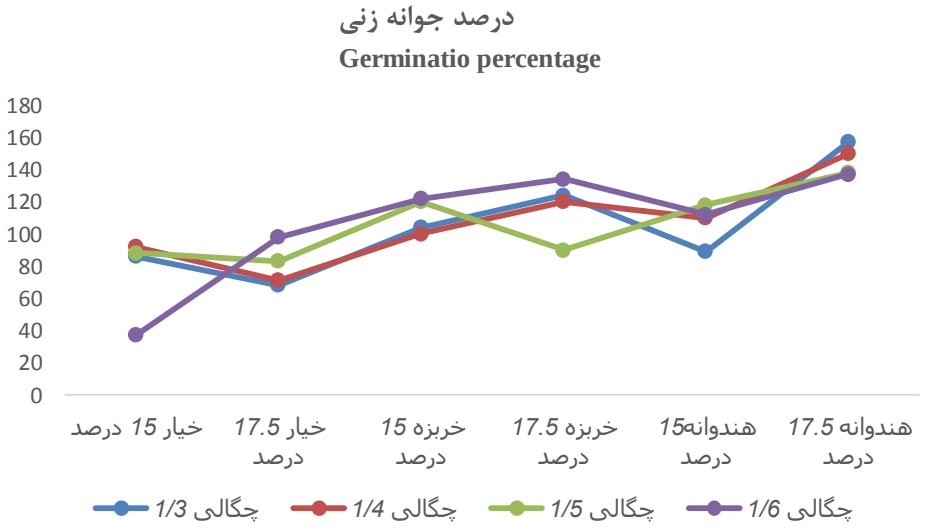
در جدول ۴ معادله رگرسیون با استفاده از ضرایب استاندارد نشده برای چگالی خربزه، خیار و هندوانه بر اساس میزان رطوبت اعمال‌شده به خاک با نرم‌افزار SPSS به دست آمد. می‌توان گفت ب ارتقاء یک واحد از هر متغیر مستقل به میزان ضریب نوشته‌شده متغیر وابسته ارتقاء پیدا کرد سپهر و محمدی منور (۱۳۹۸).

جدول ٤- مدل رگرسیون خطی چگالی و رطوبت

هندوانه	خیار	خربزه
رابطه رگرسیون		
$Y= 0/673 +(0/073)^{*}X$	$Y= 0/398 +(0/546)^{*}X$	$Y= 0/660 +(0/153)^{*}X$

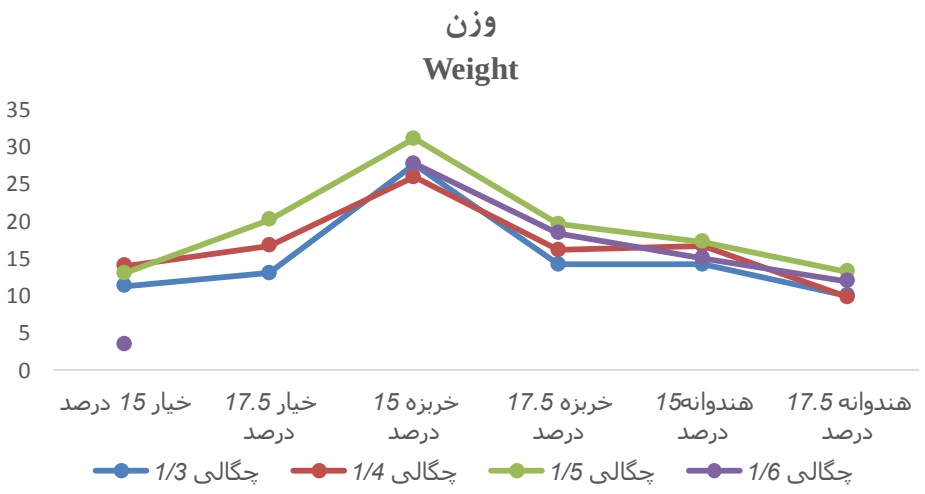
نتایج داده‌برداری خیار، خربزه و هندوانه در دو رطوبت ۱۵ و ۱۷٫۵ درصد و چهار سطح چگالی ۱/۳، ۱/۴، ۱/۵ و ۱/۶ در شکل ۸ نشان داده‌شده است. مطابق با این شکل خیار با رطوبت ۱۵ درصد در چگالی ۱/۶ کمترین درصد جوانه‌زنی و در چگالی ۱/۴ بیشتر درصد جوانه‌زنی را دارا می‌باشد این نتایج در رطوبت ۱۷/۵ درصد برای خیار نشان‌دهنده این است که چگالی ۱/۶ بیشترین درصد جوانه‌زنی را به

خود اختصاص داده است. این امر نشان‌دهنده این است با افزایش رطوبت در خیار چگالی بیشترین تأثیر را بر روی جوانه‌زنی خواهد گذاشت. برای خربزه با افزایش رطوبت و چگالی درصد جوانه‌زنی نیز افزایش خواهد یافت. این نتایج برای هندوانه نشان می‌دهد که به دلیل نیاز زیاد هندوانه به رطوبت و تأثیر کم‌چگالی بر روی جوانه‌زنی آن با افزایش رطوبت به چگالی کمتری نیاز خواهیم داشت.



شکل ۸ - درصد جوانه‌زنی

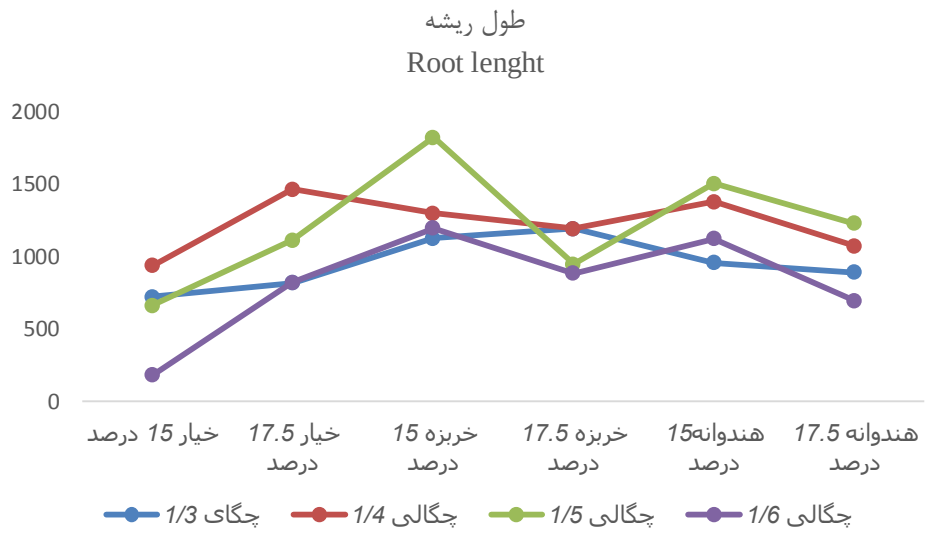
در شکل ۹ نشان داده‌شده است که با افزایش رطوبت و چگالی برای خیار افزایش وزن خواهیم داشت ولی برای سایر محصولات کاهش وزن خواهیم داشت. *نواز* (۲۰۱۳) پیشنهاد کرده‌اند که در صورت افزایش وزن از رطوبت خاک کم گردد و فشار کمتری به خاک وارد آید تا محصول بتواند دوره رشد خود را کامل نماید.



شکل ۹- وزن

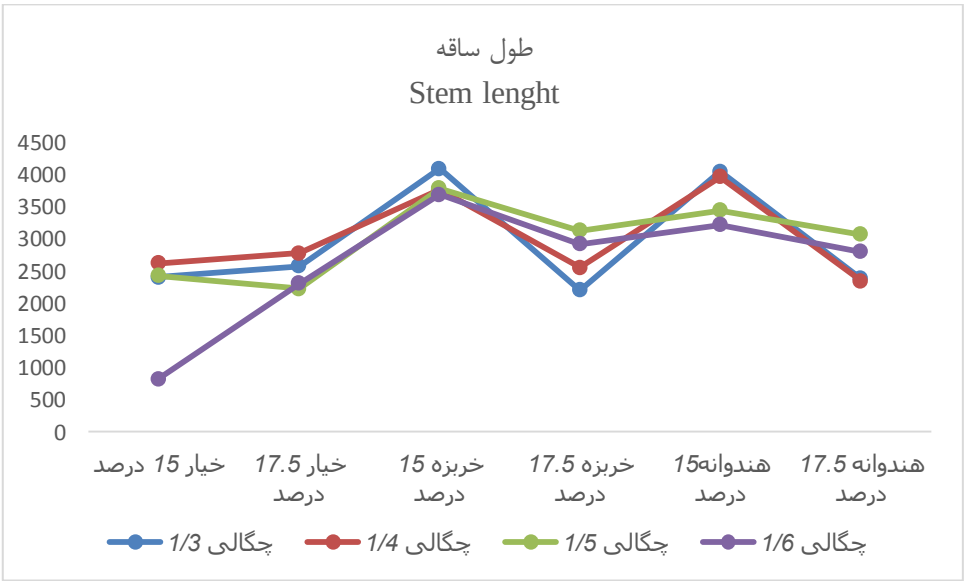
در شکل ۱۰ نشان داده می‌شود که در خیار با افزایش رطوبت برای هر چهار سطح چگالی افزایش طول ریشه را خواهیم داشت بنابراین در خیار در افزایش طول ریشه رخ خواهد داد. در خربزه با افزایش رطوبت و چگالی کاهش طول ریشه را خواهیم داشت که این کاهش در

چگالی ۱/۵ درصد بیشتر خواهد بود. برای هندوانه نیز با افزایش رطوبت و چگالی کاهش طول ریشه مشاهده می‌گردد. ین نمودار نشان‌دهنده رابطه معکوس بین چگالی، رطوبت با طول ریشه می‌باشد.



شکل ۱۰- طول ریشه

شکل ۱۱ بیانگر ارتباط بین طول ساقه با رطوبت و چگالی می‌باشد. این نمودار بیان می کند برای خیار با افزایش رطوبت و چگالی افزایش طول ساقه رخ خواهد داد ولی برای چگالی ۱/۵ کاهش طول ساقه رخ می‌دهد که این نتایج با داده‌های *نواز* (۲۰۱۳) همخوانی داشته است. برای خربزه در تمامی حلت به‌غیراز چگالی ۱/۳ درصد کاهش طول ساقه مشاهده گردیده است. *نواز* (۲۰۱۳) برای این حالت افزایش تراکم خاک را پیش‌بینی کرده است. این شرایط برای هندوانه کاملاً نزولی می‌باشد. علت این نتایج هندوانه در هیچ مقاله پیدا نگردیده است.



شکل ۱۱- طول ساقه

صیفی‌جات در رطوبت‌ها و چگالی‌های با سطوح مختلف پاسخ متفاوتی از خود نشان می‌دهند. برای خربزه رطوبت ۱۷/۵ درصد و چگالی ۱/۵ بالاترین عملکرد را از خود نشان می‌دهد؛ بنابراین در این نوع محصول باید از دستگاه خطی کاری که چرخ پوشاننده (فشاری[۱۳]) آن فشار بیشتری را به خاک اعمال کند باید مورداستفاده قرار گیرد. در خیار سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه، طول ریشه و وزن محصول در رطوبت ۱۵ درصد و چگالی ۱/۶ بهترین نتیجه را ارائه داده است بنابراین در این حالت چون به تراکم بیشتری برای این محصول در خاک به خاطر رطوبت پایین‌تری احتیاج است بنابراین باید فشار بیشتری از جانب دستگاه به خاک وارد آید. برای هندوانه نیز رطوبت ۱۵ درصد و چگالی ۱/۳ بهترین نتیجه را خواهد آورد. در اینجا تراکم خاک باید کمتر باشد بنابراین برای این محصول باید از پوشاننده فنری برای پوشاندن سطح خاک استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دانشگاه بوعلی سینا همدان جهت حمایت‌های مالی و معنوی قدردانی می‌نماید. همچنین از جناب آقای بهنام سپهر برای همکاری در اجرای این طرح تقدیر به عمل می‌آید.

منابع

۱. عقیلی ناطق، ن. ۱۳۸۷. تأثیر افزودن طولانی‌مدت مواد آلی به خاک بر ظرفیت باربری و مقاومت برشی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. سپهر، ب. محمدی منور، ح. ۱۳۹۸. ارزیابی وضعیت شاخص سبزینگی گوجه و خیار گلخانه‌ای با استفاده از حسگرهای غیر مخرب. نشریه ماشین‌های کشاورزی -جلد : شماره ۱، نیمسال اول ۱۱:۹، ص ۹۸: ۹.

3. Afzalinia, S., and Zabihi, J. 2014. Soil compaction variation during corn growing season under conservation tillage. Soil and Tillage Research. 137:1-6.
4. 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):325-31.
5. Batey, T. 2009. Soil compaction and soil management–a review. Soil use and management. 25(4):335-45.
6. 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):167-74.
7. Chen, X., Cruse, R. M., Niu, S., and Zhang, X. 2019. Effect of loading time on soil structural failure. *Soil and Tillage Research*, *186*, 87-93.
8. Dürr, C., and Aubertot, J.N. 2000. Emergence of seedlings of sugar beet (Beta vulgaris L.) as affected by the size, roughness and position of aggregates in the seedbed. Plant and Soil. 219(1-2):211-20.
9. Ishaq, M., Ibrahim, M., Hassan, A., Saeed, M., and Lal, R. 2001. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan. Soil and Tillage Research. 1;60(3-4):153-61.
10. 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. 1;72(2):135-46.

13 Press Wheel

11. Lipiec. J., and Stepniewski, W. 1995. Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. Soil and Tillage Research. 1;35(1-2):37-52.
12. Nawaz, M. F. 2013. Soil compaction impact and modelling. A review. Agronomy for sustainable development. **33**(2): 291-309.
13. Silva, S.R., Barros, N.F., Costa, LM., and Leite, FP. 2008. Soil compaction and eucalyptus growth in response to forwarder traffic intensity and load. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 32(3):921-32.
14. Sivarajan, S., Maharlooei, M., Bajwa, S.G., ans Nowatzki, J. 2018. Impact of soil compaction due to wheel traffic on corn and soybean growth, development and yield. Soil and Tillage Research. 31;175:234-43.
15. 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. 31;186:51-65.
16. Hemmat, A., Tahmasebi, M., Vafaeian, M. and Mosaddeghi, M., 2009 Relationship between pre-compaction stress and shear strength under confined and semi-confined loadings for a sandy loam soil. Biosystems Engineering 102, 219-226.

EFFECT OF COMPACTION AND SOIL MOISTURE ON GERMINATION OF MELON, CUCUMBER AND WATERMELON SEEDS.

EBRAHIM ZINATI MOMTAZ[1*], MOJTABA JAERI MOEZ[2]

1. Department of Biosystems Engineering, Bu-ali sina University of hamedan
2. Department of Biosystems Engineering, Bu-ali sina University of hamedan

Abstract

Due to agricultural mechanization, soils are more prone to condensation. Soil compaction is one of the causes of soil weakening. In this study, the optimum amount of three melon, cucumber and watermelon products were extracted using soil moisture and density. In this experiment, 72 pots filled with field soil were use. The experiment was conduct in the Research Greenhouse of Soil Mechanics Laboratory, Department of Biosystems Engineering, Bu Ali Sina University, Hamadan. For the products, two moisture levels of 15% and 17.5% and four density levels of 1.3, 1.4, 1.5 and 1.6 (g / cm3) were used. The purpose of this study was to obtain suitable soil compaction for the mentioned crops. Four parameters of germination percentage stem length, root length and seedling weight were measure at each stage. Data analysis was perform using SPSS software version 23. The results showed that moisture content of melon was 17.5% and density was 1.5. Correlation coefficients of germination with stem length, root length and seedling weight were 92%, 77% and 84%, respectively. It also yielded the best results for cucumbers with a moisture content of 15% and a density of 1.6. Correlation coefficients of germination with stem length, root length and seedling weight were 84%, 56% and 82%, respectively. Results showed that watermelon at 15% moisture content and 1.3 density level with 80, 71 and 70% correlation coefficient, respectively, between germination rate with stem length, root length and seedling weight, respectively.

Key words: density, design, moisture, Seed.

*Corresponding author
E-mail: zinatimomtaz@gmail.com