



דו"ח התקדמות מקצועי 2025

תכנית 92-03-0006



מו"פ דרום / דו"ח שנתי

- מספר מחקר: 92-03-0006

- שם התכנית: ייעול דיכון חנקני של צמחי עגבנייה מורכבת על כנות שונות

- חוקרת ראשית: טלי אילני

- חוקרים שותפים: שקד כוכבא, שה"מ; שלי גנץ; שה"מ, מולי זקס; שה"מ, משה ברונר; מו"פ דרום; ניר ברהולץ, שה"מ

- סטטוס התכנית: נמשכת

- מועד התחלה וסיום התכנית: ספטמבר 2023 – דצמבר 2025

תקציר

המחקר עוסק בייעול הדיכון החנקני בעגבניות מורכבות על כנות שונות, במטרה להפחית את תשומות הדשן והמים תוך שמירה על יבול ואיכות פרי מיטביים. הצורך במחקר נובע מעלייה בעלויות הדשן, משינויי זנים ומעבר נרחב לשימוש בצמחים מורכבים, אשר להם מערכות שורשים שונות ויעילות קליטת חנקן שונה. הדו"ח מתאר ניסוי רחב היקף שבוצע בחממה, בו נבחנו שני זנים – איקרום ואיקרום מורכב על כנת אמפרדור – בשלושה מצעי גידול: מארזי קוקוס, קרקע, ומערך נוסף של מארזים לצורך ניטור נקז.

הניסוי כלל שמונה טיפולי דיכון שונים: מגיב, גבוה (פי 2), ונמוך (50% מהמומלץ), עבור כל אחד מהזנים ובשני מצעי גידול. במהלך העונה נמדדו צריכת מים, ריכוזי נוטריינטים בנקז ובקרקע, ריכוזי נוטריינטים בפטוטורות, התפתחות הצמחים ויבול. מהנתונים עולה כי בטיפולים בעלי דיכון גבוה נצפתה עלייה עקבית בריכוזי הנוטריינטים בנקז החל מ-52 יום לאחר השתילה. ניכרו הבדלים בקליטת הנוטריינטים, בהתפתחות הצמחים וביבול בין הקרקע למארזים אך פחות בין הצמחים המורכבים ללא מורכבים. כן נמצאה קליטת ניטרט מופחתת בקרקע בצמחים הלא מורכבים ויבול מעט נמוך יותר במארזים לצמחים אלו.

הנתונים שנאספו עד היום מהניסוי הנוכחי ומניסוי שנערך ב-2024 מצביעים על כך שמערכת השורשים של הצמחים המורכבים עשויה להיות יעילה יותר בצריכת חנקן ובעקבות כך ניתן לצמצם את כמות הדשן הניתנת. מעקב אחר הנוטריינטים בתמיסת הקרקע או הנקז ובפטוטורות יכולים לתת תמונה של עודף או מחסור בדשן לדיוק הדיכון.

רקע קצר ותיאור הבעיה

הדשן מהווה גורם משמעותי בעלות הגידול של עגבניות בבתי צמיחה. נכון לשנת 2020 הדשן היווה כ-15% מעלות הגידול לפי תחשיב משרד החקלאות (סלומון וחובריו, 2020). היום, עם העלייה במחירי הדשנים, החלק היחסי של הדשן בעלויות הגידול אפילו גבוה יותר. ממשק הדיכון עליו מתבסס גידול העגבנייה כיום פותח בשנות ה-80 ותחילת שנות ה-90 עבור גידול בשטח פתוח והותאם לגידול בחול בחממות ובמצעים מנותקים. בסדרת מחקרים שנערכו בשנים אלו נקבעה עקומת הצריכה של זני העגבניות ששימשו באותה תקופה, ונתונים אלו משמשים את המגדלים עד היום. בשנים האחרונות, עם כניסת זני עגבניות חדשים,

שימוש נרחב בצמחים מורכבים, ופיתוח ממשקי גידול חדשים קיימת תחושה כי ממשקי הדישון שפותחו בשנות ה-80 אינם תואמים לממשקי הגידול ולזנים העכשוויים. בנוסף, תוצאות מחקר בעגבניות צ'רי מראה כי ניתן לחסוך בתשומות חנקן, זרחן ואשלגן בהשוואה לממשקים הנהוגים כיום, ללא פגיעה ביבולים (ברנשטיין וחובריה, 2012). הזנים החדשים של עגבניות מאכל גדולות הנמצאים כיום בשימוש מחייבים בחינה מחדש של ממשק הדישון הנהוג על מנת להתאימו לכמות יבול מקסימלית, לאיכות פרי מיטבית ולחיסכון בתשומות דשן ומים.

בשנים האחרונות, עם היציאה משימוש של תכשירי הדברה כימיים, מחטאי קרקע, כמו מתיל ברומיד, קיים צורך הולך וגובר להתמודדות עם פגעי קרקע שונים. כיום, בישראל, כ-80% מהמגדלים משתמשים בטכנולוגית ההרכבה להתמודדות עם פגעי הקרקע בגידול העגבניות. ההרכבה נועדה לרב להחליף את מערכת השורשים של הצמח במערכת שורשים מפותחת יותר בעלת עמידות טובה יותר למחלות. Suchoff et al., (2017) בחנו את התפתחות מערכות השורשים של צמחי עגבנייה מורכבים ומצאו כי ישנם הבדלים ברורים בגודל מערכת השורשים של צמחי עגבנייה המורכבים על כנות שונות. Djidonou et al., (2019) הראו שמערכת השורשים של צמחים מורכבים מתפתחת יותר בתגובה לכמויות עולות של חנקן לעומת צמחים שאינם מורכבים וכי יעילות מיצול החנקן שלהם גבוהה יותר. גם Jackson and Bloom (1990) הראו כי ישנו קשר בין התפתחות מערכת השורשים ליעילות ניצול החנקן, למערכת שורשים מפותחת יעילות ניצול החנקן נמוכה יותר. עם זאת, אין מידע לגבי יעילות צריכת החנקן של כנות בעלות יכולת גנטית לפתח מערכות שורשים שונות.

עקומת הצריכה של צמח העגבנייה מבוססת על הגיל הפיזיולוגי של הצמח ועל משקל הנוף והפירות. צמח עגבנייה יצרוך אותה כמות חנקן לק"ג אם הוא גדל בקרקע חולית או כבדה ובין אם הוא גדל בקרקע או במצע מנותק. אולם, יעילות צריכת החנקן, כלומר, כמה מהחנקן הניתן לקרקע הצמח מצליח לצרוך לעומת כמות החנקן שאובדת כתוצאה משטיפה או דהניטריפיקציה יכולה להיות שונה משמעותית בתנאי גידול שונים ובין צמחים בעלי מבנה בית שורשים שונה. בחינה של יעילות צריכת החנקן של צמחים שונים בהתאם למבנה מערכת השורשים שלהם יכולה לעזור לדייק את כמויות הדשן הניתנות לזנים שונים של כנות. בצורה זו ניתן יהיה להקטין את תשומות הגידול ולהקטין את השטיפה של חנקות מאזור בית השורשים דבר היכול להוביל לצמצום זיהום קרקעות ומי תהום.

המלצות הדישון הקיימות כיום אינן עדכניות למבחר הזנים והכנות שפותחו בשנים האחרונות. זנים אלו הותאמו לעמידויות מפני מחלות ולכן אלו צמחים חזקים יותר בעלי פוטנציאל יבול גדול יותר מאלו שאינם נושאים את אותן עמידויות. פיתוח המלצות דישון מותאמות לזנים אלו הכרחי על מנת לשפר את יעילות ניצול החנקן של הצמחים. התאמה של ההדשיה לזנים ולכנות החדשים יכולה להקטין את להקטין את עלויות הייצור של החקלאי.

מטרות המחקר

מטרת המחקר העיקרית היא לבחון את האפשרות להקטין את תשומות הדשן הניתנות כיום בגידול זני עגבנייה מורכבים בבתי צמיחה. על מנת לענות על מטרת המחקר נבחנה השפעת כמות הדשן על התפתחות הצמחים והיבול במצע מנותק ובקרקע.

מהלך המחקר ושיטות עבודה

ב-28.7.2025 נשתלו צמחים מהזן איקרים ומהזן איקרים מוכרב על כנת אמפרדור במבנה חמרשת. עד סוף אוקטובר 2025 הם גודלו תחת רשת 50 מש והחל מנובמבר הרשת הוחלפה לניילון. על שליש של החממה נשתלו הצמחים ב-8 שורות באורך 9 מטרים (4 שורות לכל זן) במארזי קוקוס והונחו על מרזב לאיסוף הנקז וניטורו (כמות הנקז ותכול נטריינטים). בשליש אחד נשתלו הצמחים ב-16 שורות באורך 5 מטרים כל אחת במארזי קוקוס. ובשליש הנוסף הצמחים נשתלו בקרקע ב-8 חלקות באורך 5 מטר ורוחב 4 מטרים. כל הצמחים קיבלו השקיה דומה ונבדלו בכמויות הדשן. הדשן ששימש בניסוי הוא מורלוב 4-2.5-6 + סידן, מגנזיום ומיקרואלמנטים.

יעילות ניצול החנקן של צמחי עגבנייה - בניסוי נבחנו טיפולי דישון שונים על הזן איקרים ואיקרים מוכרב על כנת אמפרדור. ארבעה טיפולים נבחנו בגידול עגבניה במארזים – טיפול מגיב לכל זן (כאשר הדישון הבסיסי היה לפי ההמלצות הקיימות כיום המבוססות על ריכוז החנקן בדשן החל מ-50 ח"מ לאחר שתילה ועליה הדרגתית עד 250 ח"מ עד תחילת הקטיפה ואז ירידה הדרגתית לאזור 150 ח"מ) ונערכו התאמות במהלך העונה לפי תוצאות בדיקת הנקז במארזים), טיפול הגבוה בעד פי 2 וטיפול הנמוך בעד 50%. ושני הטיפולים המגיבים נבחנו גם בגידול בקרקע. בסך הכל בניסוי 8 טיפולים כמפורט בטבלה 1.

טבלה 1. הטיפולים השונים בניסוי – זן, מצע גידול ודישון.

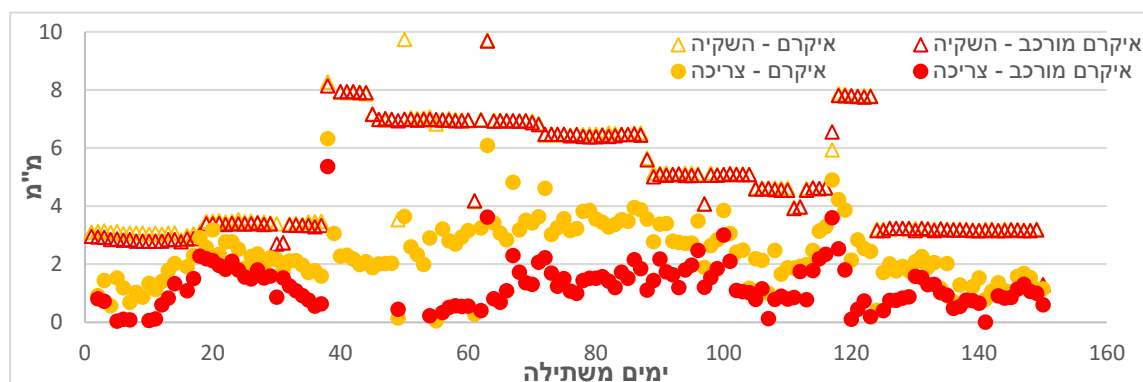
טיפול	זן	מצע	דישון
מארזים איקרים מגיב	איקרים	מארזים	מגיב
מארזים איקרים גבוה	אייקרים	מארזים	גבוה
מארזים איקרים נמוך	איקרים	מארזים	נמוך
קרקע איקרים מגיב	איקרים	קרקע	מגיב
מארזים איקרים מוכרב מגיב	איקרים מוכרב על כנת אמפרדור	מארזים	מגיב
מארזים איקרים מוכרב גבוה	איקרים מוכרב על כנת אמפרדור	מארזים	גבוה
מארזים איקרים מוכרב נמוך	איקרים מוכרב על כנת אמפרדור	מארזים	נמוך
קרקע איקרים מוכרב מגיב	איקרים מוכרב על כנת אמפרדור	קרקע	מגיב

מעקב אחרי ריכוזי הנוטריינטים - נערך מעקב אחרי ריכוז הניטרט, הסידן האשלגן ואחרי ה-EC במי הטפטפת, במי הנקז של המארזים ובתמיסת הקרקע בעומק 15 ס"מ ו-30 ס"מ (בעזרת משאבי קרקע). בנוסף, נערך מעקב אחרי ריכוז הניטרט, אשלגן וסידן בפטוטורות העלים. הפטוטורות נדגמו מ-5 צמחים מכל חזרה.

מעקב אחרי התפתחות הצמחים והיבול – במהלך העונה נערך מעקב אחרי גובה הצמחים וכן אחרי כמות ואיכות היבול כאשר איכות היבול נבחנה עבור יבול בעל סימפטומים של וירוס, שחור פיטם וכן יבול סוג ב (קטנים, ירוקים) ויבול בררה (סדוקים, מעוותים, רקובים).

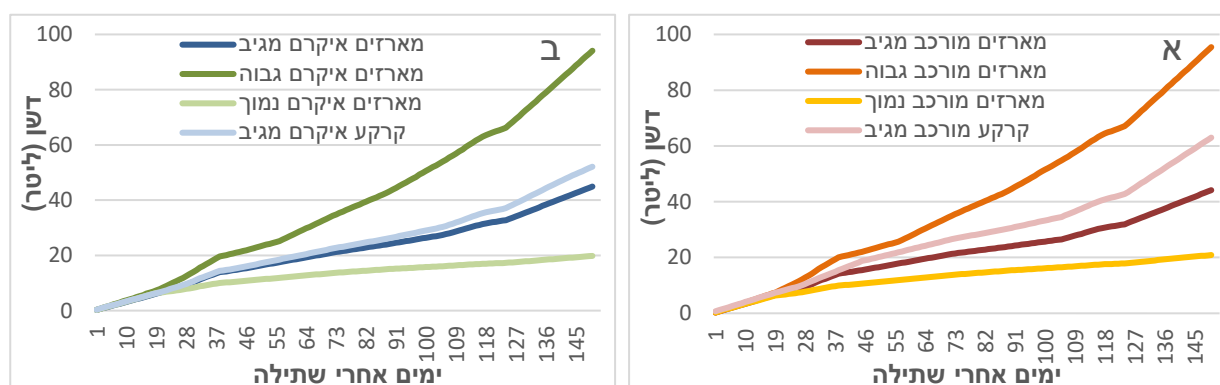
תוצאות

צריכת המים של האיקרם המורכב היתה נמוכה מצריכת המים של האיקרם הלא מורכב בעיקר בין 30 ל-120 ימים לאחר שתילה (איור 1).



איור 1. כמות המים (מ"מ) שניתנה בכל יום (משולשים ריקים) וצריכת המים (מ"מ) באותם ימים (עיגולים מלאים) בטיפולים איקרם מגיב (צהוב) ואיקרם מורכב מגיב (אדום) במהלך עונת הגידול.

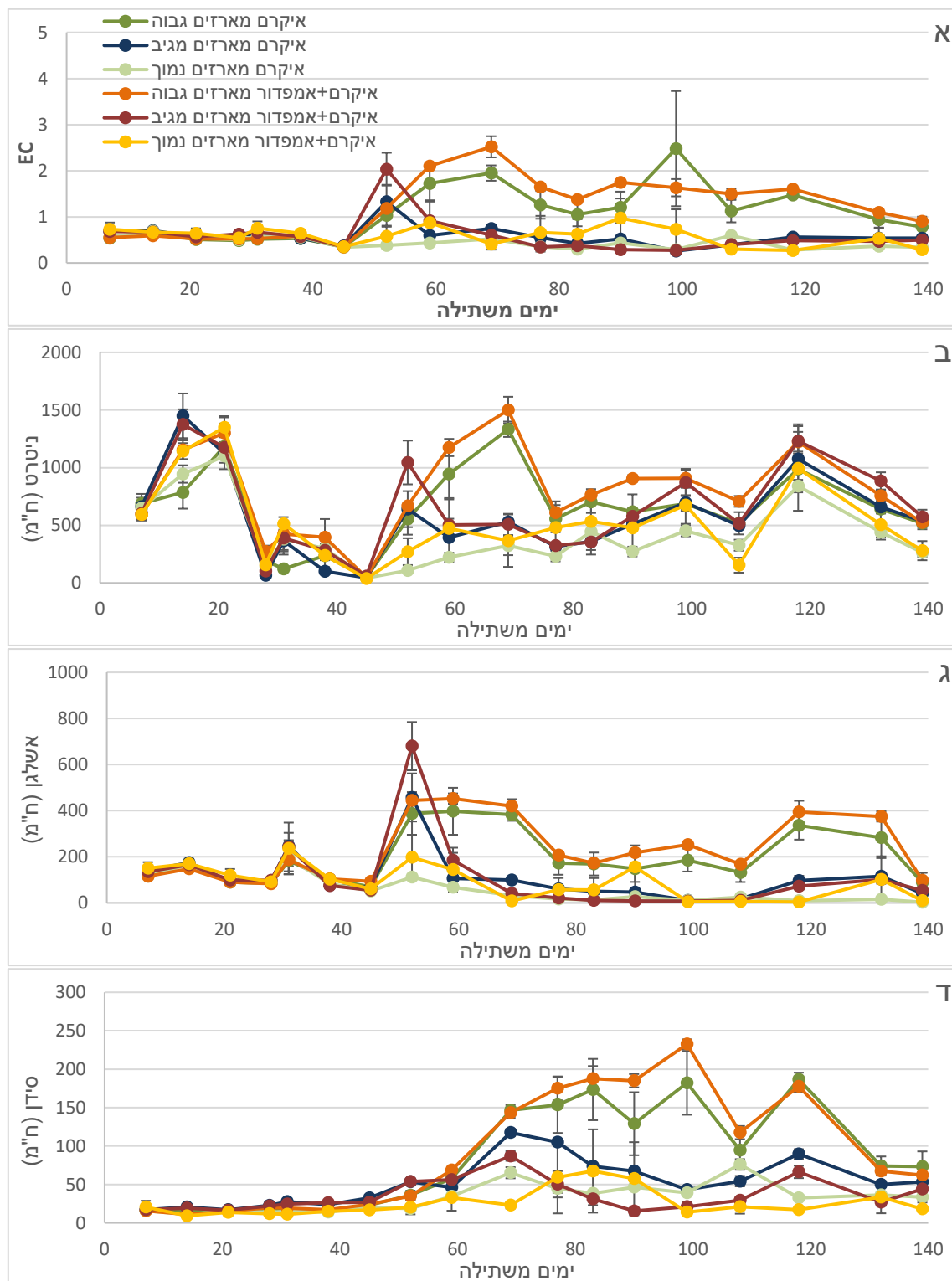
כמות הדשן שניתן בניסוי בטיפולים השונים מופיע באיור 2. ניתן לראות שבטיפול המגיב בקרקע ניתן מעט יותר דשן מאשר במארזים בגלל כמות מים גבוהה יותר שניתנה בטיפולים בקרקע. בסך הכל לא היו הבדלים משמעותיים בין המורכב ללא מורכב בכמות המצטברת שניתנה על אף הבדלים קטנים במהלך העונה.



איור 2. כמות הדשן המצטברת שניתנה במהלך הניסוי (ליטר) בטיפולים השונים.

ב-45 הימים הראשונים אחרי שתילה לא היו הבדלים משמעותיים במוליכות החשמלית ובריכוז הנוטריינטים בנקז של המארזים בטיפולים השונים (איור 3). פרט לעליה בריכוז הניטרט (איור 3ב) ב-20 הימים הראשונים (שלא התבטאה בעליה ב-EC) לא נראו שינויים משמעותיים במוליכות החשמלית ובריכוז הנוטריינטים

האחרים בזמן זה. החל מ-52 ימים אחרי שתילה חלה עליה בריכוז הנוטריינטים בנקז בייחוד בטיפולים שקיבלו את מינון הדשן הגבוה ולאורך כל העונה הריכוזים של כל הנוטריינטים ושל המוליכות החשמלית היו גבוהים מהערכים שנמדדו עבור הטיפולים עם מינון הדשן הנמוך (טבלה 2).

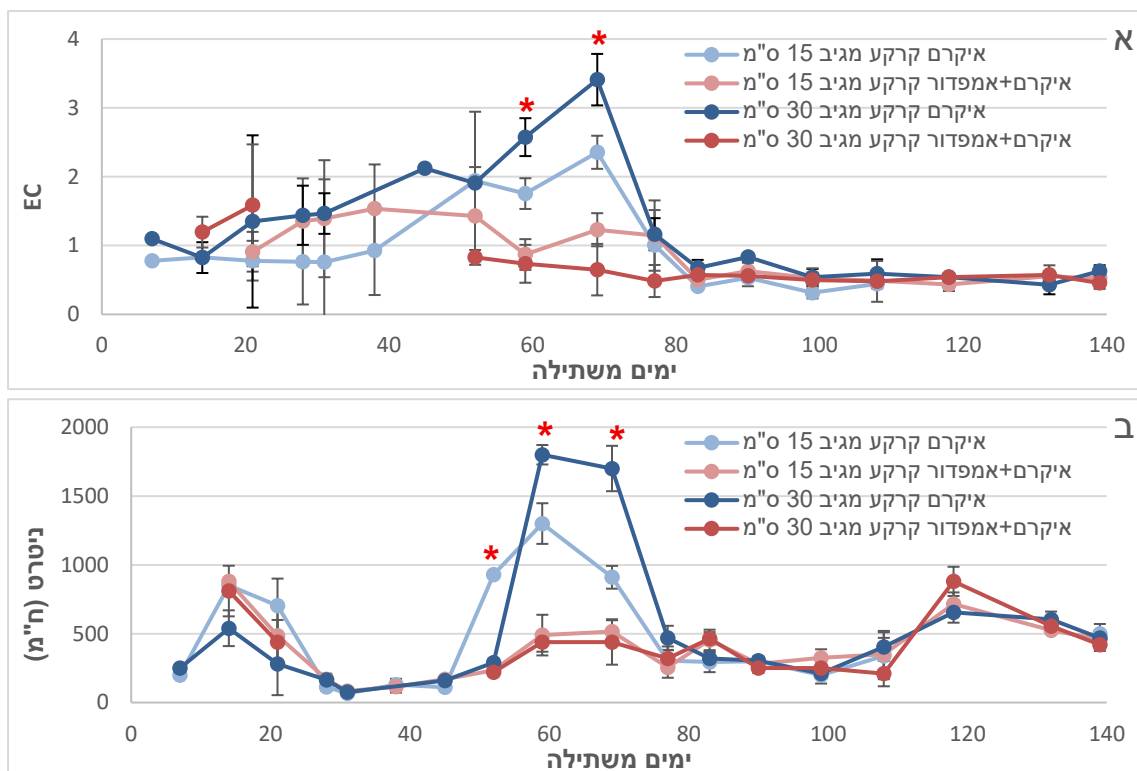


איור 3. המדידות שנערכו במי הנקז במארזים. א. מוליכות חשמלית; ב. ריכוז ניטרט; ג. ריכוז אשלגן; ד. ריכוז סידן. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים סטטיסטיים מוצגים בטבלה 2.

טבלה 2. תוצאות המבחן הסטטיסטי עבור המדידות באיור 3 במי הנקז במהלך העונה. הבדלים מובהקים על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD מוצגים באותיות שונות עבור כל זמן מדידה.

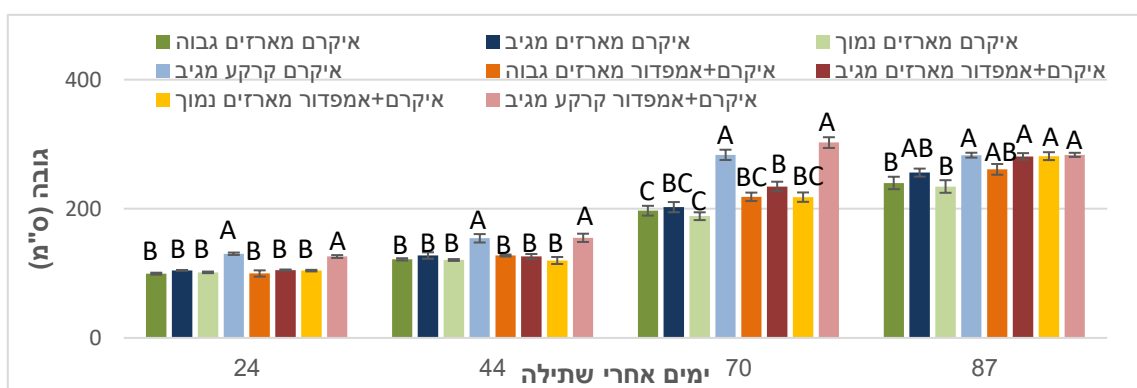
139	132	118	108	99	90	83	77	69	59	52	ימים אחרי שתילה
EC											
BC	ABC	B	C	B	B	B	BC	C	BC	AB	איקרם מגיב
AB	AB	A	AB	A	AB	AB	AB	B	AB	AB	איקרם גבוה
C	C	C	BC	B	B	B	C	C	C	B	איקרם נמוך
BC	BC	BC	C	B	B	B	C	C	BC	A	איקרם מורכב מגיב
A	A	A	A	AB	A	A	A	A	A	AB	איקרם מורכב גבוה
C	ABC	C	C	B	AB	AB	BC	C	BC	B	איקרם מורכב נמוך
NO₃											
AB	ABC	A	AB	AB	AB	A	A	A	AB	BC	איקרם מגיב
ABC	ABC	A	AB	AB	AB	A	A	A	AB	AB	איקרם גבוה
C	C	A	BC	B	B	A	A	A	B	C	איקרם נמוך
A	A	A	AB	A	AB	A	A	A	A	BC	איקרם מורכב מגיב
AB	AB	A	A	A	A	A	A	A	AB	A	איקרם מורכב גבוה
BCS	BC	A	C	AB	B	A	A	A	B	BC	איקרם מורכב נמוך
K											
AB	BC	B	B	B	AB	AB	CB	B	C	AB	איקרם מגיב
A	AB	A	A	A	AB	A	AB	A	AB	AB	איקרם גבוה
B	C	B	B	B	AB	B	C	CB	C	B	איקרם נמוך
AB	BC	B	B	B	B	B	C	CB	ABC	A	איקרם מורכב מגיב
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AB	איקרם מורכב גבוה
B	BC	B	B	B	AB	AB	BC	C	BC	B	איקרם מורכב נמוך
Ca											
AB	AB	B	BC	B	B	AB	AB	B	A	A	איקרם מגיב
A	A	A	AB	A	A	A	AB	A	A	AB	איקרם גבוה
AB	AB	C	ABC	B	B	B	B	C	A	B	איקרם נמוך
AB	B	B	C	B	B	B	B	C	A	A	איקרם מורכב מגיב
AB	A	A	A	A	AB	A	A	AB	A	AB	איקרם מורכב גבוה
B	AB	C	C	B	B	AB	AB	D	A	B	איקרם מורכב נמוך

בדוגמאות תמיסת הקרקע שנלקחו בעזרת המשאבים (איור 4) לא נמצאו הבדלים במוליכות החשמלית בעומק 15 ס"מ (איור 4א). ריכוז הניטרט עלה בתמיסת הקרקע בעומק 15 ס"מ 52 ימים אחרי שתילה בטיפול הלא מורכב והיה בשלב זה גבוה משמעותית בריכוזו מאשר בטיפול המורכב (איור 4ב). בעומק 30 ס"מ חלה עליה במוליכות החשמלית ובריכוז הניטרט בטיפול הלא מורכב והיתה משמעותית גבוהה מהמורכב 52 ימים אחרי שתילה עד 69 ימים אחרי שתילה. לאחר מכן כבר לא היו הבדלים בין העומקים בין הצמחים המורכבים ללא מורכבים.



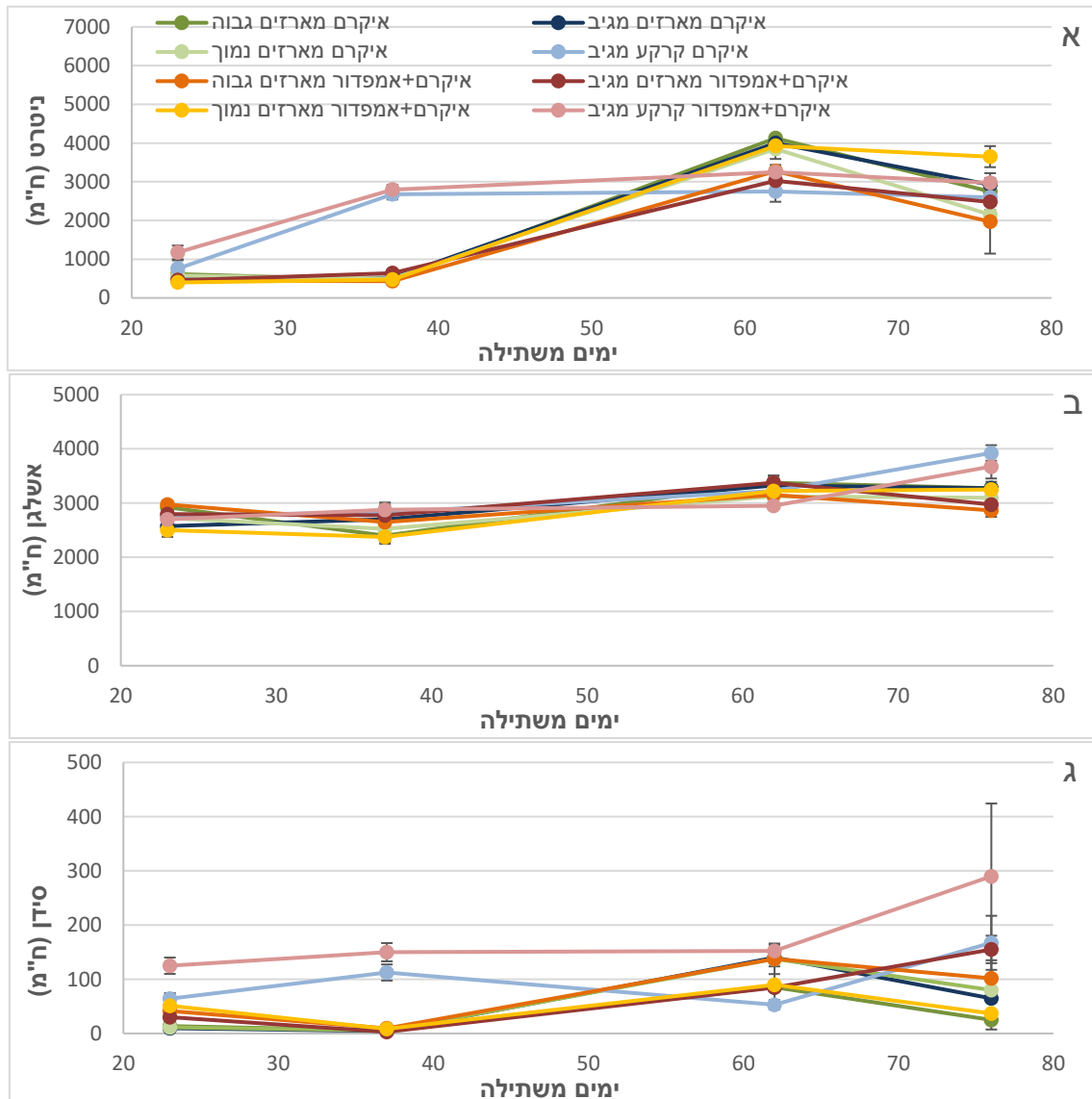
איור 4. המדידות שנערכו בתמיסת הקרקע. א. מוליכות חשמלית; ב. ריכוז ניטרט; בעומק 15 ס"מ (בהירים) ובעומק 30 ס"מ (כהים) בצמחים המורכבים (אדומים) והלא מורכבים (כחולים) הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD מוצגים בכוכבית אדומה עבור כל זמן מדידה בעומקים השונים.

הצמחים בקרקע היו גבוהים יותר מהצמחים במארזים מהמדידות הראשונות בצמחים המורכבים והלא מורכבים (איור 5). האיקום הלא מורכב היה נמוך יותר עד לסוף הניסוי.



איור 5. גובה הצמחים (ס"מ) שנמדד 24, 44, 70 ו-87 ימים לאחר שתילה. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD בין הטיפולים באים לידי ביטוי באותיות שונות בכל זמן מדידה.

בתחילת העונה ריכוז הניטרט בפטוטורות העלים בקרקע היה גבוה יותר מאשר במארזים (איור 6א, טבלה 3). בהמשך העונה ריכוז הניטרט בפטוטורות העלים של הטיפולים במארזים עלה בדומה לקרקע, מה שמצביע על מחסור של חנקן שניתן בחודש הראשון במארזים. ריכוז האשלגן היה קבוע לאורך כל העונה בכל הטיפולים. רק בדיגום האחרון נראו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים בקרקע לטיפולים במארזים (איור 6ב, טבלה 3). גם ריכוז הסיידן היה גבוה יותר בפטוטורות העלים של הצמחים שנשתלו בקרקע לעומת המארזים (איור 6ג, טבלה 3). עבור הצמחים המורכבים ההבדל נשאר עד לדיגום האחרון. עבור הצמחים הלא מורכבים ההבדלים היו פחות עיקביים לאורך העונה.

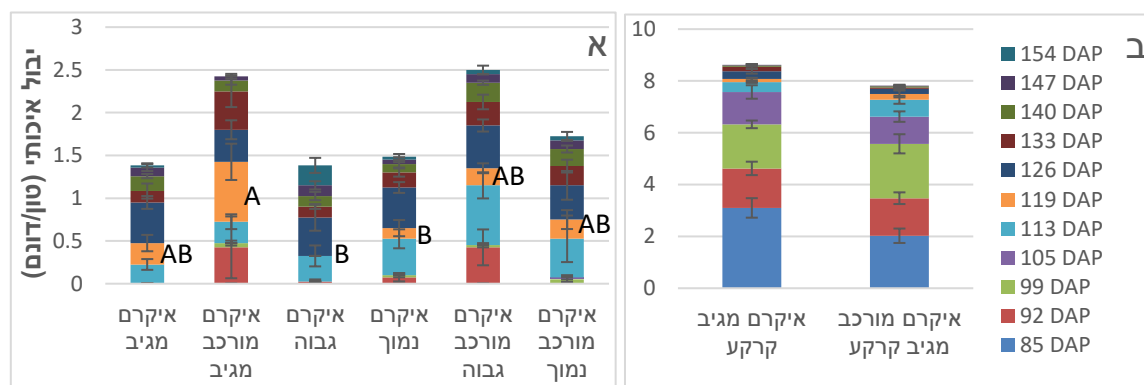
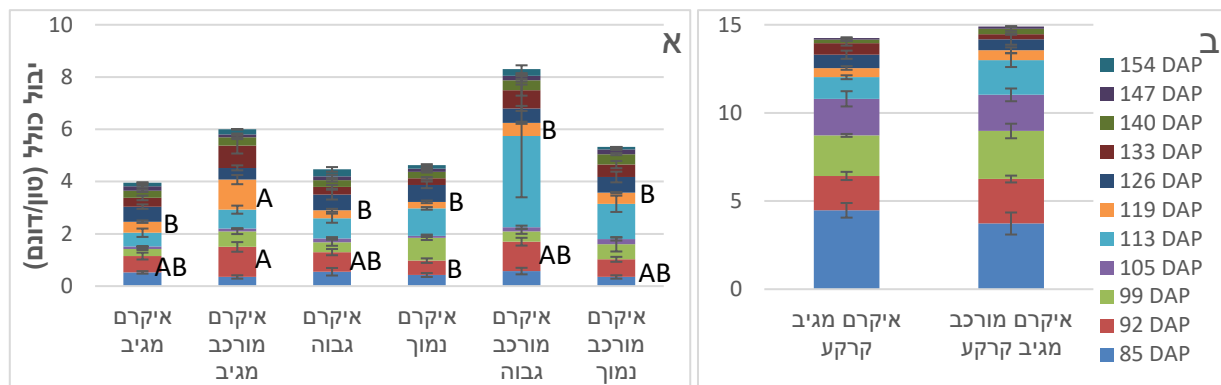


איור 6. ריכוז הנוטריינטים (ח"מ) בפטוטורות העלים במהלך העונה. א. ניטרט; ב. אשלגן; ג. סיידן. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים סטטיסטיים מוצגים בטבלה 3.

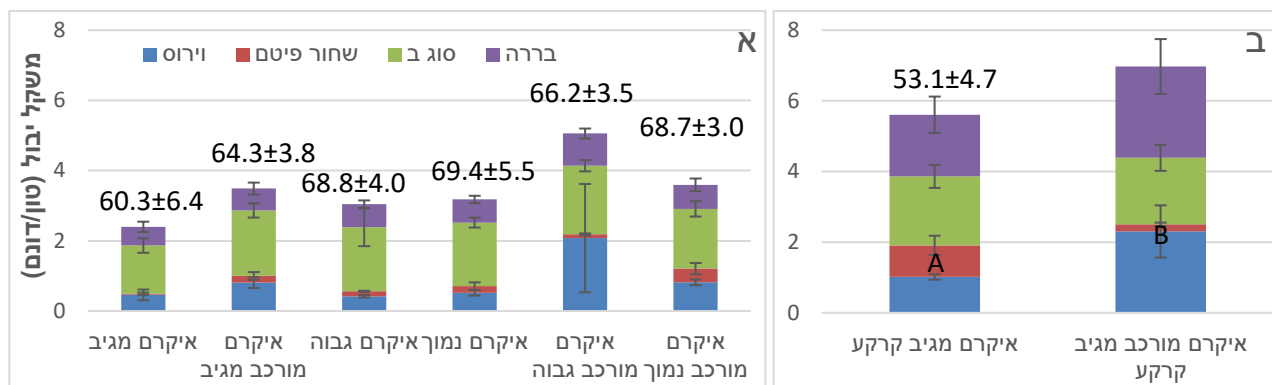
טבלה 3. תוצאות המבחן הסטטיסטי עבור המדידות באיור 6 בפטוטרט העלים. הבדלים מובהקים על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD מוצגים באותיות שונות עבור כל זמן מדידה.

76	62	37	23	ימים אחרי שתילה
NO₃				
AB	A	B	B	איקרם מארזים מגיב
AB	A	B	B	איקרם מארזים גבוה
B	AB	B	B	איקרם מארזים נמוך
AB	C	A	AB	איקרם קרקע מגיב
AB	BC	B	B	איקרם מורכב מארזים מגיב
B	ABC	B	B	איקרם מורכב מארזים גבוה
A	A	B	B	איקרם מורכב מארזים נמוך
AB	ABC	A	A	איקרם מורכב קרקע מגיב
K				
BC	A	A	A	איקרם מארזים מגיב
BC	A	A	A	איקרם מארזים גבוה
C	A	A	A	איקרם מארזים נמוך
A	A	A	A	איקרם קרקע מגיב
C	A	A	A	איקרם מורכב מארזים מגיב
C	A	A	A	איקרם מורכב מארזים גבוה
BC	A	A	A	איקרם מורכב מארזים נמוך
AB	A	A	A	איקרם מורכב קרקע מגיב
Ca				
AB	A	B	D	איקרם מארזים מגיב
B	AB	B	D	איקרם מארזים גבוה
AB	AB	B	D	איקרם מארזים נמוך
AB	B	A	B	איקרם קרקע מגיב
AB	AB	B	CD	איקרם מורכב מארזים מגיב
AB	AB	B	BC	איקרם מורכב מארזים גבוה
AB	AB	B	BC	איקרם מורכב מארזים נמוך
A	A	A	A	איקרם מורכב קרקע מגיב

היבול בצמחים שנשתלו בקרקע היה משמעותית גבוה מיבול הצמחים שנשתלו במארזים כאשר היבול במארזים היה נמוך משמעותית מהצפוי ברב הטיפולים. לכן, ההשוואה ביבול נעשתה בין הטיפולים במארזים ובין הטיפולים בקרקע בנפרד. במארזים, למרות שלא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים ברב זמני הדיגום (פרט ל- 92 ו-119 ימים אחרי שתילה) נראית מגמה ברורה בה בתום העונה היבול הכולל (איור 7א) והיבול האיכותי (איור 8א) של הצמחים המורכבים בטיפולים שקיבלו מינון דשן מגיב או מינון דשן גבוה היה גבוה מהיבול של הצמחים הלא מורכבים בטיפולים המקבילים. בקרקע לא נראה כל הבדל בין הצמחים המורכבים ללא מורכבים (איור 7ב ו-8ב).



אחוז היבול הלא איכותי בניסוי זה היה גבוה באופן יחסי כאשר במארזים היה גבוה מאשר בקרקע (איור 9). פרט לתופעת שחור פיטם גבוהה יותר באיקרם הלא מורכב לעומת האיקרם המורכב בקרקע לא נמצאו הבדלים בין הטיפולים בבעיות השונות. אפשר לראות כי הסיבה העיקרית לפסילת היבול היתה בקטגוריית סוג ב הכוללת פירות ירוקים או קטנים. לאחר מכן פירות בעלי סימפטומים של נגיעות בוירוס ובררה (סדוקים, מעוותים וכדומה) ולבסוף פירות בעלי שחור פיטם.



איור 9. היבול הלא איכותי (טון/דונם) בתום העונה. א. עבור הטיפולים במארזים; ב. עבור הטיפולים בקרקע. הנתונים מוצגים כממוצעים ± שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שונות - All pairs, Tukey- Kramer HSD בין הטיפולים בקרקע בפירות עם סימפטומים של שחור פיסטם באים לידי ביטוי באותיות שונות. המספרים מעל העמודות מייצגים את אחוז היבול הלא איכותי מתוך כלל היבול בכל טיפול.

דיון

ממצאי הניסוי מצביעים על תפקיד מרכזי של הכנה בהגברת יעילות קליטת החנקן, האשלגן והסידן בצמחי עגבניה. בניסוי שנערך בשנת 2024 במיכלים בנפח 20 ליטר עם מצע קוקוס, נמצא בבירור כי בנקז של צמחי איקרם המורכבים על כנת אמפרדור נמצא EC נמוך יותר וכן ריכוזים נמוכים יותר של נוטריונטים לעומת הצמחים הלא מורכבים. השנה, בגידול במארזי גידול לא נמצאה מגמה דומה (הריכוז בנקז היה גבוה יותר כתלות בכמות הדשן שניתנה ולא כתלות בכנה). אולם, בגידול בקרקע נמצאה מגמה דומה כאשר המוליכות החשמלית וריכוז הניטרט היו גבוהים יותר בתמיסת הקרקע בגידול איקרם לא מורכב לעומת איקרם מורכב. ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם ממצאים של מחקרים קודמים שהראו כי צמחים מורכבים מפתחים מערכת שורשים מפותחת יותר (כמו שנמצא בניסוי שנערך בשנת 2024) ויעילות קליטת החנקן שלהם טובה יותר (Suchoff et al., 2017 ;Jackso & Bloom, 1990 ;Djidonou et al., 2019).

ממצא נוסף מעניין נוגע לדפוסי קליטת הנוטריונטים כפי שבאים לידי ביטוי בנקז, תמיסת הקרקע והפטטורות. לפי Gasal & Lemare (2002) בשלבים הראשונים של הגידול הביקוש לחנקן נמוך יחסית שכן מסת הנוף והפירות עדיין קטנה. אולם, לפי ממצאי הניסוי נראה כי כמות הדשן שניתנה בשלבים האלו, בכל הטיפולים במארזים, היתה נמוכה מידי שכן לא נמצאו עודפים משמעותיים של מלחים/נוטריונטים בנקז ונמצאו ריכוזים נמוכים יחסית של נוטריונטים בפטטורות העלים. מחסור זה בנוטריונטים הוא זה שכנראה הביא לפחיתה ביבול במארזים. בקרקע, לעומת זאת, אותה כמות של דשן כמו בטיפול המגיב נראה שהספיקה לגידול והובילה להתפתחות צמחים טובה יותר, יבול גבוה יותר ופחות פחת. על אף מחסור זה נראה כי בריכוזים הגבוהים יותר של הדשן (טיפולים מגיב וגבוה) היתה מגמה בה היבול של הצמחים המורכבים היה מעט גבוה מיבול הצמחים הלא מורכבים. כנראה שעל אף הכמות הלא מספקת של דשן – הצמחים המורכבים הצליחו לנצל את מה שכן ניתן בצורה יעילה יותר. בקרקע, נראה שיעילות צריכת החנקן של הצמחים המורכבים היתה

טובה יותר. בתמיסת הקרקע נמצאו בטיפול הלא מורכב ריכוזים גבוהים יותר של ניטרט כחודש וחצי אחרי שתילה בעומק 15 ס"מ ובעומק 30 ס"מ למרות שלא ניתנה בשלב זה כמות גדולה יותר של דשן בטיפול זה, להיפך. צריכת החנקן הגדולה יותר בצמחים המורכבים לא באה לידי ביטוי בהתפתחות טובה יותר של הצמחים או ביבול. כנראה שהצריכה הגדולה יותר נותבה להתפתחות מערכת השורשים כפי שנראה בניסוי בשנת 2024. כן נראה שיעילות צריכת הדשן הנמוכה יותר בצמחים הלא מורכבים כפי שהראו Flores et al. (2010) הובילה לריכוז נמוך יותר של סידן בצמח כפי שבא לידי ביטוי בריכוז הסידן הנמוך יותר בפטוטורות. בצמחים הלא מורכבים נמצא עם יבול גבוה יותר עם בעיות שחור פיטם שלפי הספרות תופעה זו מתרחשת בקשר ישיר לבעיות קליטת סידן על ידי הצמחים (Ho et al., 1999).

ממצאי המחקר מראים כי כאשר כמות הדשן נמוכה מאוד גם הצמחים המורכבים וגם הצמחים הלא מורכבים נפגעים. ישנו הבדל גדול בין גידול בקרקע ובמצע המנותק. במצע המנותק הגידול הרבה יותר רגיש למחסורים בדשן ולכן יש לתת כמות דשן מעט גבוהה יותר. במקרה זה, ישנה חשיבות גם לכנה – כאשר יעילות קליטת הדשן טובה יותר ניתן לתת כמות מעט קטנה יותר בשלבי הגידול הראשונים אולם בצמחים הלא מורכבים, נראה שיש להקפיד יותר בכמות הדשן הניתנת במצע המנותק. ניטור שוטף של מי הנקז והפטוטורות הוא כלי חשוב לזיהוי מחסור בדשן.

ביבליוגרפיה

- Djidonou, D., X. Zhao, K.E. Koch, and L. Zotarelli. 2019. Nitrogen Accumulation and Root Distribution of Grafted Tomato Plants as Affected by Nitrogen Fertilization. *HortScience*. 54(11): 1907–1914. 2019. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14066-19>
- Flores, F.B., P. Sanchez-Bel, M.T. Estan, M.M. Martinez-Rodriguez, E. Moyano, B. Morales, J.F. Campos, J.O. Garcia-Abellan, M.A. Egea, L. Fernandez-Garcia, C. Romojaro, and F. Bolarin. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae* 125(3): 211–217. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.026>
- Gastal, F. and G. Lemaire. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany* 53(370): 789–799. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.789>
- Ho, L.C., R. Belda, M. Brown, J. Andrews, and P. Adams. 1999. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *Journal of Experimental Botany* 44(262): 509–518. <https://doi.org/10.1093/jxb/44.3.509>
- Hochmuth, G.J. 1994. Efficiency Ranges for Nitrate-Nitrogen and Potassium for Vegetable Petiole Sap Quick Tests. *HortTechnology* 4(3): 218-222
- Jackson, L.E. and A.J. Bloom. 1990. Root distribution in relation to soil nitrogen availability in field-grown tomatoes. *Plant and Soil*. 128:115-126 .

Suchoff, D.H., C.C. Gunter, and F.J. Louws. 2017. Comparative Analysis of Root System Morphology in Tomato Rootstocks. HortTechnology. 27(3): <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03654-17>

ברנשטיין נ., מ. זקס, ש. גנץ, א. ליכטר, ע. חזן, ר. רוזנברג. 2012. התאמת ממשק דישון לגידול עגבניות צ'רי באשכולות. דו"ח לקרן המדען במשרד החקלאות ולהנהלת עף ירקות.

זקס, מ., ש. גנץ, נ. ברנשטיין, א. מזומן, ס. אברהם, ל. גנות, מ. לופטהאוס, מ. ברונר. 2016. התאמת ממשק דישון לגידול עגבניות גדולות בקרקע בחממה. גן, שדה ומשק. 298: 47-50.