

דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 301-0696-09

השפעת מאפייני נפח המצע על תנאי הגידול של צמח בוחן במצע מנותק

Effect of volume attributes on the growing conditions in soil-less media

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

אשר בר-טל, שמואל אסולין, אבנר זילבר, מרים קינן, כפיר נרקיס, שושנה סוריאנו, הדר הלר - כימיה של הקרקע והזנת הצמח, המכון למדעי הקרקע מים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, בית-דגן

אלישע קניג – שרות שדה, שה"מ, משרד החקלאות, בית-דגן

משה ברונר, מירון סופר, חנה יחזקאל, דב צהר – חוות הבשור, מו"פ דרום

Asher Bar-Tal, Shmuel Assouline, Avner Silber, Miriam Keinan, Kfir Narkis, Shoshana Suryano and Hadar Heller - Institute of soil, water & Environ. Sci., ARO, P.O.Box 6, Bet Dagan 50250. E-mail: abartal@volcani.agri.gov.il

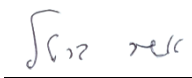
Elisha Kenig – Extension Service, Ministry of Agriculture, Bet Dagan 50250

Moshe Broner, Myron Sofer, Hanna Yechezkel, Dov Tsohar. Negev R&D Center, Mop Darom.

אוקטובר 2013

חשוון תשע"ד

הנני מאשר שהממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

 חתימת החוקר:

תקציר

1. **הצגת הבעיה** - הגידול במצע מנותק גורם לעיתים רבות לירידה ביכול ולעלייה בשכיחות של פגעים פיזיולוגיים בהשוואה לגידול בקרקע. השערת המחקר הייתה שמשטר הרטיבות והמומסים יושפע בצורה חד-ערכית ע"י הנפח והגיאומטריה של המצע וע"י משטר ההדשיה המיושם.
2. **מטרת המחקר** - לבחון את השפעת משטר ההדשיה בשילוב עם (א) נפח מצע, (ב) עומק המצע עבור נפח נתון, (ג) צורות יישום ה- "נפח לצמח" המיטבי (צמח בודד לעומת מס' צמחים בכלי) על הצמח.
3. **שיטות העבודה** - בוצעו שבעה ניסויי גידול של חסה כצמח בוחן בעונות השנה השונות וניסוי אחד עם תות שדה כצמח בוחן. כל הניסויים נערכו במו"פ דרום בחוות הבשור ובכולם הצמחים גדלו במצע שהוכן כתערובת של טוף (90%) וקומפוסט (10%). בכל הניסויים עם חסה נבחנו שלושה גורמים באופן פקטוריאלי: שתי רמות תדירות השקיה (כאשר כמויות המים שניתנו היו שוות בשתי התדירויות) ושתי רמות דשן כאשר בשלושת הניסויים הראשונים הגורם הנוסף היה הגיאומטריה של המארזים (שלושה גבהים 10, 20, 30 ס"מ) בנפח שווה, בניסויים הבאים נבחנו מארזים בעלי נפחים שונים (בשני ניסויים 2, 4, 8 ליטר לצמח ובשני הניסויים האחרונים 3, 6, 9 ליטר לצמח). כל מערך ניסוי נערך לפחות בשתי עונות שנה.
4. **תוצאות עיקריות** - תכולת הרטיבות והטמפרטורות במצע שנמדדו בעומק 5 ס"מ מתחת לפני המצע בכל המארזים (מודדים שכבה של כ- 3 ס"מ) הושפעו מהגיאומטריה של המצע ומנפח המצע לצמח. הרטיבות במצע הייתה נמוכה יותר ככל שעלה גובה הכלי ואילו החום במצע עלה עם הגובה. המשרעת של הרטיבות (מקס'- מינ') הייתה גבוהה יותר בתדירות ההשקיה הנמוכה מאשר בגבוהה. השקיה בתדירות גבוהה העלתה את הטמפרטורה במצע בגלל התחממות המים בצנרת ההשקיה. בנפחים הגבוהים (8 ו-9 ליטר לצמח) המשרעת של תכולת הרטיבות והטמפרטורה והערכים המוחלטים שלהם היו נמוכים יותר מאשר בנפחים של 2 ו-3 ליטר לצמח. משקל החסה בסוף הניסויים היה גבוה יותר ככל שעלה נפח המצע. יכולת שדה גדל עם העלייה בנפח המארז ובגובהו והגברת בתדירות ההשקיה.
5. **מסקנות** - תנאי הרטיבות והטמפרטורה במצע נוחים יותר ככל שנפח הכלי גדול יותר. כלים גבוהים וצרים עלולים לגרום להתחממות יתר, אך יחד עם זאת עשויים לשפר היכולת כנראה הודות למצב אוויר\מים נוח יותר. השקיה בתדירות גבוהה ודישון ברמה גבוהה יכולים לפצות במידת מה על נפח מגביל.

מבוא

הגידול במצעים מנותקים הינו טכנולוגיה נפוצה אצל חקלאים ברחבי העולם. למערכות ייצור אלו יתרונות רבים בהשוואה למערכות ייצור קרקעיות. בהם, האפשרות לספק לצרכן גידולים מחוץ לעונה, היכולת לספק מים וחומרי הזנה באופן מיטבי ולהגיע ליבולים גבוהים יותר (13) והאפשרות לבקר פיטופתוגנים ביעילות רבה יותר. אולם, מימדי המארזים והגבלת נפח השורשים עלולים לפגוע בצימוח וביבולים. בנוסף, "הפרעות גידול" כגון שחור פיטם בעגבניות ובפלפל והחמה בחסה (15), הקשורות למחסורי סידן בצמח, עשויות להתגבר במצעים מנותקים. סיבות אפשריות להשפעת צורת וגודל המארז והגבלת השורשים על הצימוח והיבול הן: (א) הבדלים בנפח ה"פעיל" של מצע הגידול כתוצאה מהשפעת גומלין בין ממדי הכלי (יחס עומק/רוחב), ממשק ההדשיה ותכונות הצמח (מבנה בית שורשים); (ב) הבדלים במשטר רטיבות וזמינות יסודות הזנה (ג) הבדלים במשטר הטמפרטורה; (ד) הבדל במספר שורשים ליחידת נפח מצע. התפתחות שורשים וגבעולים, יחסי צמח - מים, קליטת חומרי הזנה, נשימה ויבול מושפעים ממימדי המארז ומהגבלת נפח שורשים (12). בנוסף, הנפח הזמין לשורשים עשוי להשפיע על התפתחות הצמח ישירות באמצעות הפיסיולוגיה של השורש והגבעול (10) או בעקיפין בהשפעת זמינות המים ויסודות המזון במצע הגידול (4,5,6,7). פגיעה ביבול ובאיכות פירות שנצפים לעיתים קרובות בעגבניות חממה בישראל עלולים לנבוע מהגבלת נפח המצע (6). נמצאו הבדלים בתגובת צמחים מסוגים וזנים שונים להגבלת נפח מצע (12). אולם, ברוב המקרים, ככל שעלה נפח המארז כן עלה ייצור החומר היבש כתוצאה מעליה בשטח העלים, בכימוסה של הגבעולים והשורשים, יחד עם העליה בקליטת חומרי מזון ובעיקר אשלגן וזרחן (7). כאשר נפח המצע מוגבל הריכוזים של יסודות המזון בסביבת השורש הם הקובעים את קליטת יסודות המזון על ידי הצמח (7). נפח המצע המקובל בדרך כלל בישראל ובעולם הוא בתחום 20-5 ליטר לצמח, כתלות בסוג המצע והגידול. אולם, במחקרים שבדקו את השפעת נפח המצע על היבול והאיכות של צמחי עגבנייה, מלון ופלפל נמצא כי היבול המרבי התקבל בנפח מצע של 30-50 ליטר לצמח (1,2,3,8,16). נבדקה השפעת השילוב בין 3 נפחי מצע (9, 18 ו-33 ל' פרלייט) ו-3 רמות דשן שונות על יבול ואיכות פלפל בחממה עם מערכת מיחזור ובתנאי השקיה בפולסים (16). הגידול בנפחים הגדולים יותר העלה את היבול בצורה משמעותית, וזאת בהתאמה לממצאים (2) בגידול מלון ב-3 מצעים שונים (טוף לבן, צמר סלעים וחול). כמו כן העלייה בריכוזי הדשן גרמה לפיצוי חלקי של הפחיתה ביבול עקב השימוש בנפח הקטן ביותר (16).

בגלל התכונות ההידראוליות המיוחדות של המצעים הנהוגים (תאחיזת מים נמוכה בהשוואה לקרקע) והעדר יניקה בתחתית הכלי נושא עומק המצע הינו בעל חשיבות בקביעת משטר תכולת הרטיבות וזמינות יסודות ההזנה במצע. השפעת הקטנת העומק מ-30 ס"מ ל-15 ס"מ נבדקה ב-3 מצעים שונים בנפח אחיד של 10 ל' והמסקנה מהמחקר הייתה שהקטנת עומק המצע "לא שינתה את היבול ומרכיבו ואולי אף העלתה את היבול" (2). אולם נציין כאן כי כל הטיפולים קבלו משטרי השקיה זהים. גם כאן, ומאותה סיבה, למשטרי ההשקיה יכולה להיות השפעה מכרעת על תנאי הרטיבות וזמינות יסודות ההזנה במצע,

וכתוצאה מכך, על התוצאות המתוארות. בתנאים של גידול ללא מחסורים, לנפח המצע השפעה קטנה אם בכלל על היחס נוף-שורש (11), אך צפיפות השורשים צריכה לגדול עם הירידה בנפח המצע כדי לספק את דרישות הצמח (9). מצב זה מגביר את התחרות בין השורשים על מים, חמצן ויסודות הזנה. כמו כן, נמצא שקליטת חנקן ליחידת נפח שורשים גדלה עם צמצום נפח המצע, בעוד שזו של האשלגן לא השתנתה, וקליטת הזרחן ע"י הצמח ירדה (7,14). הקטנת נפח בית השורשים גורמת לירידה בקליטה, כאשר כושר הבופר ושיעור המילוי החוזר במצע מהווים גורמים מגבילים. מכאן השפעתו הצפויה של משטר ההדשיה על מידת ההקטנה בנפח המצע. נפח המצע משפיע גם בצורה משמעותית על טמפרטורת המצע, גורם בעל חשיבות על יעילות הקליטה של שורשים. במעקב אחר הטמפרטורות המרביות והמזעריות הממוצעות במהלך עונת הגידול נמצא שהטמפרטורה בנפח הקטן עוקבת מקרוב אחר השינויים בטמפרטורת הסביבה בעוד הגדלת נפח המצע מצמצמת את משרעת התנודה בין הטמפרטורות הקיצוניות במהלך היממה (16).

השערת המחקר הינה כי, עבור סוג מצע בנפח נתון, משטרי הרטיבות, המומסים והטמפרטורה במצע יושפעו בצורה חד-ערכית ע"י עומק המצע וע"י משטר ההדשיה המיושם. כתוצאה מכך, ביצועים מיטביים של צמח נתון בתנאי גידול במצע מנותק יחייבו בחירה מושכלת של נפח מצע, עומק ומשטר הדשיה. כמו כן, בגלל תחרות בין שורשים בקליטת מים, יסודות הזנה וחמצן, ייתכן שתנאים מיטביים אלו ישתנו במקרה של גידול צמח במארז נפרד לעומת מצב של מספר צמחים בכלי גם אם היחס "נפח לצמח" נשמר.

מטרות המחקר

לבחון את השפעת משטר ההדשיה בשילוב עם (א) נפח מצע, (ב) עומק המצע עבור נפח נתון, (ג) צורות יישום ה- "נפח לצמח" המיטבי (צמח בודד לעומת מס' צמחים בכלי) על הצמח.

תיאור הניסויים

בשנת הראשונה לתכנית (2010) הוקמה התשתית לניסויי הגידול בחממה בחוות הבשור (איור 1). מארזים מפוליפרופילן שחור שבהמשך נצבע בלבן בעלי מימדים שונים של גובה ורוחב ובאורך של 4 מ' כל מארז, יוצרו בהזמנה מיוחדת על ידי פלגל מבוא חמה. כל טיפול כלל 5 חזרות בבלוקים באקראי. המצע 90% טוף (0-8 מ"מ) ו-10% קומפוסט שימש לכל הניסויים ולא הוחלף. בכל הניסויים צמח הבוחן היה חסה צהובת עלים כשבכל מארז 27 צמחי חסה (15 ס"מ בין הצמחים). בניסויים אלו היו שתי תדירויות השקייה ושתי רמות דשן בניסוי פקטוריאלי מלא של שני הגורמים האלה וגורם הגיאומטריה (גובה הכלי בנפח שווה) או גורם הנפח. בניסויי האחרון בשנת 2012/3 גידלנו צמחי תות שדה בשתי תדירויות השקייה וברמת דשן אחת במספר נפחים (1.0, 1.5, 2.0, 3.0 ליטר) ובנפח אחד (2.0) בגיאומטריה משתנה (גובה הכלי 10, 15, 20 ס"מ).



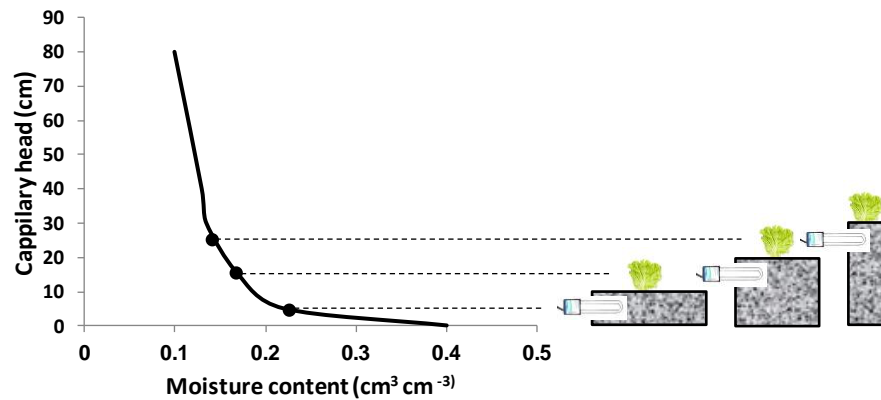
איור 1: חממת ניסויי הגידול – חוות הבשור 2010

מערך ניסויים ראשון - התקיימו שלושה מחזורי גדול בעונות שונות (ניסויים I, II, III). מחזור הניסוי הראשון נערך בחודשים פברואר-מרץ, השני במאי-יוני, והשלישי באוקטובר-נובמבר בשנת 2010. בכל מחזור בניסוי היו 12 טיפולים כמתואר בטבלה 1. המחזור הראשון שמש להרצת המערכת ולכן תוצאותיו אינן מוצגות בדו"ח.

טבלה 1: תאור הטיפולים בשנת הניסוי הראשונה.

קוד טיפול	תדירות השקיה	דשן מנה	רוחב מארז ס"מ	גובה מארז ס"מ	נפח לצמח סמ"ק
1	נמוכה	0.5	26.7	10	4000
2	נמוכה	0.5	13.3	20	4000
3	נמוכה	0.5	8.9	30	4000
4	נמוכה	1	26.7	10	4000
5	נמוכה	1	13.3	20	4000
6	נמוכה	1	8.9	30	4000
7	גבוהה	0.5	26.7	10	4000
8	גבוהה	0.5	13.3	20	4000
9	גבוהה	0.5	8.9	30	4000
10	גבוהה	1	26.7	10	4000
11	גבוהה	1	13.3	20	4000
12	גבוהה	1	8.9	30	4000

כל טיפול כלל 5 חזרות בבלוקים באקראי. נפח המצע הקבוע לכל הטיפולים היה 4000 סמ"ק לצמח. תדירות ההשקיה הנמוכה כללה בין 3-6 השקיות ליום ואילו התדירות הגבוהה 12-24 השקיות ליום. היחס בין שתי רמות הדשן (הגבוהה והנמוכה) היה 2:1, המקור ליסודות ההזנה היה דשן "מור", כאשר הריכוז הסופי של חנקן בדשן הגבוה היה 100 מ"ג/ל.



איור 2: המאזנים השונים במערך הראשון ומיקום חיישני Acclima בהתאמה לעקום התאחיזה של טוף אדום (0-8ממ).

מערכי הניסויים השני והשלישי - התקיימו ארבעה מחזורי גידול, שניים בכל מערך בחורף ובקיץ בשנים 2011 ו-2012. בכל מחזור בניסוי היו 12 טיפולים למערכת השני והשלישי כמתואר בטבלאות 2 ו-3, בהתאמה.

טבלה 2: תאור הטיפולים במערכת הניסויים השני (ניסויים IV ו-V) בנפחי מצע 2, 4 ו-8 ליטר לצמח.

קוד טיפול	תדירות השקיה	דשן מנה	רוחב מארז ס"מ	גובה מארז ס"מ	נפח לצמח סמ"ק
1	נמוכה	0.5	35.6	15	8000
2	נמוכה	0.5	17.8	15	4000
3	נמוכה	0.5	8.9	15	2000
4	נמוכה	1	35.6	15	8000
5	נמוכה	1	17.8	15	4000
6	נמוכה	1	8.9	15	2000
7	גבוהה	0.5	35.6	15	8000
8	גבוהה	0.5	17.8	15	4000
9	גבוהה	0.5	8.9	15	2000
10	גבוהה	1	35.6	15	8000
11	גבוהה	1	17.8	15	4000
12	גבוהה	1	8.9	15	2000

טבלה 3: תאור הטיפולים במערך הניסויים השלישי (VI, ו-VII) בנפחי מצע 3, 6, 9 ליטר לצמח.

קוד טיפול	תדירות השקיה	דשן מנה	רוחב מארז ס"מ	גובה מארז ס"מ	נפח לצמח סמ"ק
1	נמוכה	0.5	24	25	9000
2	נמוכה	0.5	16	25	6000
3	נמוכה	0.5	8	25	3000
4	נמוכה	1	24	25	9000
5	נמוכה	1	16	25	6000
6	נמוכה	1	8	25	3000
7	גבוהה	0.5	24	25	9000
8	גבוהה	0.5	16	25	6000
9	גבוהה	0.5	8	25	3000
10	גבוהה	1	24	25	9000
11	גבוהה	1	16	25	6000

במהלך הניסויים בחסה כצמח בוחן נדגמו אחת לשבוע מי טפטפת ומי נקז. בתמיסות נבדקו: pH, EC אמון, חנקה, זרחן מינרלי, אשלגן, סידן ומגנזיום. שלוש פעמים במהלך הגידול נעשה דיגום של החלק העל קרקעי של הצמחים, כאשר בדיגום האחרון בכל מחזור נעשתה הפרדה בין עלים חיצוניים לפנימיים ונקבעו המדדים הבאים: משקל טרי, משקל יבש, ותכולת יסודות ההזנה חנקן, זרחן, אשלגן, סידן ומגנזיום וכן נבחנה מידת הנגיעות בהחמה של העלים. בכל אחד מהניסויים נאספו נתונים מחיישני Acclima שנשמנו בעומק 5 ס"מ מפני המארז (מדידת שכבה שעוביה 3 ס"מ) ב- 6 מן הטיפולים (איור 2 בנספח). החיישנים סיפקו נתונים רציפים של רטיבות קרקע וטמ' מצע. חיישני לחץ ניטרו באופן רציף את גובה מי הנקז שנאספו בנפרד מכל טיפול למיכל איסוף. מיכלי האיסוף רוקנו ממי הנקז על פי פקודה מבקר ההשקיה. בתדירות ההשקיה הגבוהה מיכלי האיסוף רוקנו לפני כל השקיה שלישית ובתדירות הנמוכה לפני כל השקיה. בחלק ממחזורי הגדול נאספו נתוני טמפרטורת עלה באופן רצוף מחיישני טמפרטורה שהוצמדו לשלושה צמחים מכל טיפול בחלקה אחת מכל טיפול. היבול, האיכות ורמת יסודות ההזנה נותחו סטטיסטית באמצעות ANOVA לקבלת ערכי f למובהקות במודל לינארי תלת גורמי (והבלוק כגורם נוסף) והאינטראקציה ביניהם. ההבדלים בין ערכים ממוצעים התקבלו על בסיס מבחן טוקי קרמר ברמת מובהקות של 0.05.

מערך הניסוי הרביעי – ניסוי תות שדה

בשנת הניסוי האחרונה (ניסוי VIII) גידלנו צמחי תות שדה מאוקטובר 2012 ועד מאי 2013. ייושמו 6 טיפולי מארזים בשתי תדירויות השקיה ברמת דשן אחת. תאור הטיפולים בטבלה 4. דיגומי מי הטפטפת ונקז וכן הניטור של רטיבות המצע והטמפרטורה באמצעות חיישני ACCLIMA והמעקב אחרי כמות הנקז נערכו בדומה לניסויים הקודמים. בניסוי זה נערך מעקב רציף אחר כמות היבול על ידי קטיפים דו שבועיים וספירת ושקילת הפרי וכן הוערכה איכות הפרי באמצעות מדדים כמו- עיוותים, סידוקים, קטנים

ופגומים. דיגומי צמחים נערכו ארבע פעמים במהלך הגידול ובהם נקבעו המשקלים הטרי והיבש של הצמחים ושל מרכיביהם – כתרים, פירות אדומים, פירות ירוקים ופרחים ועלים. רמת יסודות ההזנה הראשיים, חנקן, זרחן ואשלגן נקבעה בכל מרכיבי הצמחים.

טבלה 4: תאור הטיפולים בניסוי בתות שדה בשנת הניסוי האחרונה (ניסוי VIII)

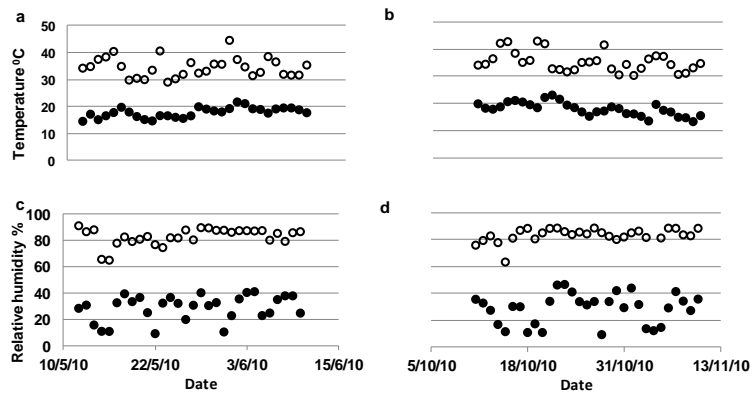
קוד טיפול	תדירות השקיה	דשן מנה	רוחב מארז מ"מ	גובה מארז מ"מ	נפח לצמח סמ"ק
1	נמוכה	1	8.9	15	1000
2	נמוכה	1	16	25	3000
3	נמוכה	1	8	15	1500
4	נמוכה	1	26.7	10	2000
5	נמוכה	1	17.8	15	2000
6	נמוכה	1	13.3	20	2000
7	גבוהה	1	8.9	15	1000
8	גבוהה	1	16	25	3000
9	גבוהה	1	8	15	1500
10	גבוהה	1	26.7	10	2000
11	גבוהה	1	17.8	15	2000
12	גבוהה	1	13.3	20	2000

תוצאות

מערך ניסוי ראשון – (ניסויים II-III גיאומטריה)

מהלכי טמפ' האוויר והלחות היחסית אשר נמדדו בתוך החממה בניסויים שנערכו בשנת 2010 מופיעים באיור 3. באביב לא השתנו טמפרטורות המקסימום והמינימום עם הזמן, אולם בסתיו ירידה של כ-3°C מתחילת הניסוי לסופו. ערכי הלחות היחסית נמצאים באותו תחום בשתי העונות.

איור 3: טמפ' (a,b) ולחות יחסית (c,d) מקסימום (O) ומינימום (●) בחממה בשתי עונות הגידול אביב (a,c) סתיו (b,d)



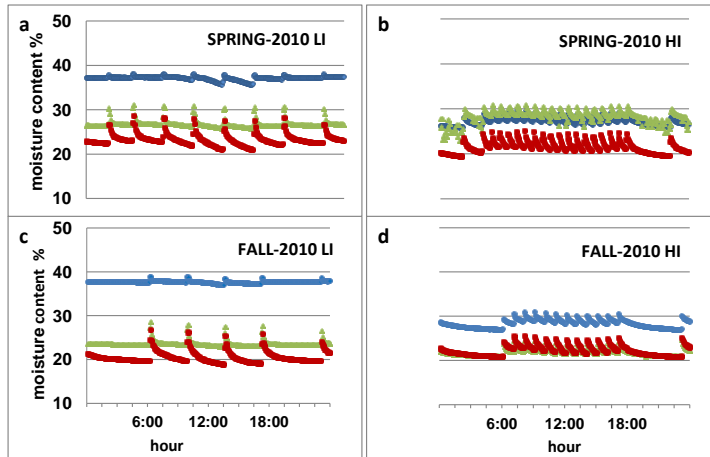
תכולת רטיבות וטמפרטורת המצע

ההשתנות היומית של תכולת המים הנמדדת במקום בו ממוקם החיישן, 5 ס"מ מתחת לפני שטח המצע, מתוארת באיור 4 לגבי שני הניסויים (יוני 2010, 29 יום משתילה ונובמבר 2010, 15 יום משתילה). ניתן לראות בבירור את העלייה בתכולת הרטיבות בסיום כל השקיה ואת הירידה מיד אחריה. בכל המקרים, תכולת הרטיבות במארזים שגובהם 10 ס"מ הייתה גבוהה כצפוי (איור 4). המשרעת של תכולת הרטיבות במיכלים אלה היא הנמוכה ביותר כנראה בגלל מיקום החיישן, 5 ס"מ מעל תחתית המארז. היות וכמות המים בכל השקיה בתדירות הנמוכה, גבוהה מאשר בתדירות הגבוהה, תכולת המים במארזים הרדודים הייתה גבוהה בתנאים של תדירות השקיה נמוכה. ההשפעה של גובה המארזים מודגשת יותר בטיפול התדירות הנמוכה. במארזים של 20 ו-30 ס"מ הייתה התנקזות מהירה מיד אחרי תחילת ההשקיה מלווה על ידי ירידה איטית בתכולת הרטיבות היחסית כתוצאה מקליטה של מים על ידי הצמחים. בהמשך, תכולת הרטיבות מתכנסת לערך יציב וקבוע עד להשקיה הבאה. במשך השעות החמות של היום, זמן קליטת המים על ידי הצמחים ארוך יותר. אך, בטיפול תדירות ההשקיה הגבוהה ביום כאשר מס ההשקיות המיושם רב יותר 18 באביב ו-12 בסתיו, הירידה בתכולת הרטיבות נקטעת על ידי ההשקיה הבאה. כתוצאה מכך, השינוי העונתי בתכולת הרטיבות בטיפול התדירות הגבוהה קטן בהשוואה לטיפול תדירות ההשקיה הנמוכה.

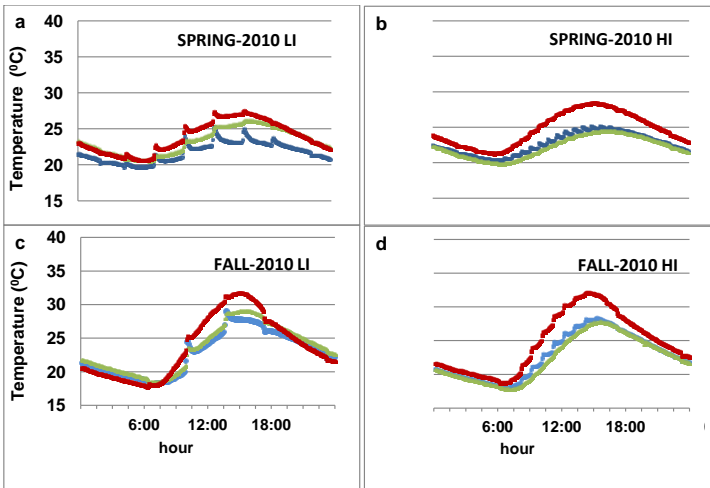
השתנות יומית של הטמפרטורה במצע באותם ימים בטיפולים השונים מתוארת באיור 5. הטמפרטורות הגבוהות ביותר התקבלו בין השעות 14:30-15:30. גובה המארזים השפיע על טמפרטורות המצע אך לתדירות ההשקיה היתה השפעה פחותה שלא כמו בתכולת הרטיבות. במארזים של 30 ס"מ גובה טמפרטורות המצע היו גבוהות מאשר במארזים של 10 ו-20 ס"מ במיוחד בשעות החמות של היום שאז הטמפרטורה מגיעה ל- 28°C במארזים הגבוהים ורק 25°C בנמוכים באביב. בסתיו הטמפרטורה של המצע במארזים הגבוהים הגיעה ל- 32°C . גם בתדירות ההשקיה הנמוכה וגם בגבוהה, הטמפרטורה עלתה אחרי כל השקיה בגלל חשיפה של הצינורות מחוץ לחממה לקרינת שמש ישירה וכך כמות של מים חמים שהגיעו עם כל השקיה העלו את טמפרטורת המצע.

המהלך החודשי של הפרש בין המקסימום למינימום היומיים של תכולת הרטיבות (ΔWC) ושל טמפרטורת המצע (Δt) מתואר באיור 6. הפרש של תכולת הרטיבות במארזים הגבוהים הוא הגבוה מכל המארזים האחרים כלומר משרעת גדולה יותר בין הטמפרטורה המקסימלית למינימלית. בטיפול תדירות ההשקיה הנמוכה הפרש עולה עם הזמן משתילה ללא קשר לגובה המארז בעוד שבטיפול תדירות הגבוהה הפרש נשאר אחיד לאורך העונה וההבדל בין המארזים השונים היה קטן מאד. הפרש הטמפרטורה (Δt) יורד עם הירידה בגובה המארז. אין השפעה ברורה לתדירות ההשקיה על הפרש הטמפרטורות.

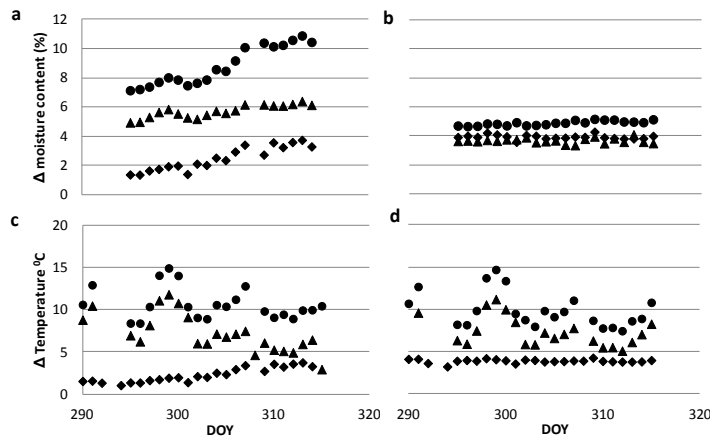
איור 4: מהלך יומי של תכולת רטיבות המצע בשתי העונות במארזים -10 -20 -30 בשתי תדירויות ההשקיה נמוכה (LI-ac) וגבוהה (HI-bd)



איור 5: מהלך יומי של טמפרטורת המצע בשתי העונות במארזים -10 -20 -30 בשתי תדירויות ההשקיה נמוכה (LI-ac) וגבוהה (HI-bd)



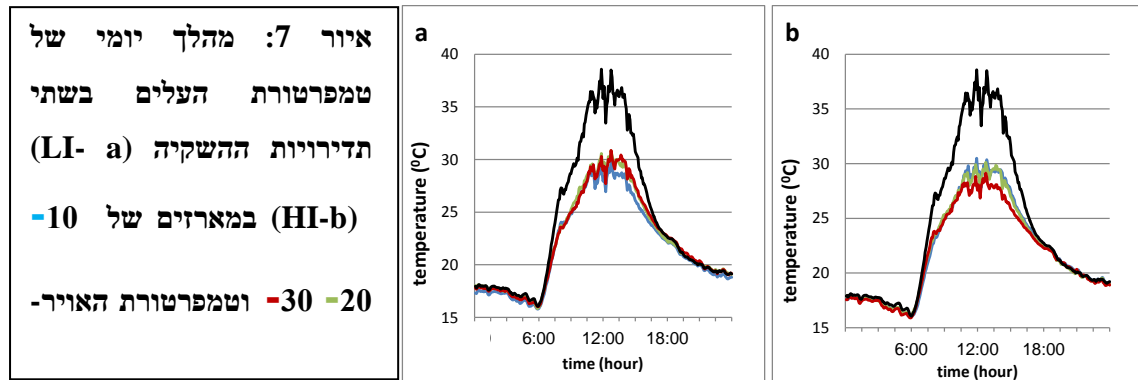
איור 6: הפרשי תכולות הרטיבות והטמפרטורות (a,b) היומיות לאורך עונת הסתיו בשתי תדירויות ההשקיה (LI- a,c) (HI-b,d)



טמפרטורת עלים, יבול ואיכות, טרנספירציה

המהלך היומי המייצג של טמפרטורת העלים (איור 7) עוקב אחר השתנות טמפרטורת האוויר בחממה. לא נראה הבדל ברור בין המארזים השונים. בשעות בהן הטמפרטורה גבוהה יש תרומה של תדירות ההשקיה הגבוהה לירידה קלה בטמפרטורת העלים במארז הגבוה. בטבלה 5 מתוארת השפעת גובה

המארז ותדירות ההשקיה על היחס בין הטמפרטורה היומית המקסימלית של העלים לשל האוויר. בטיפולי תדירות ההשקיה הנמוכה רואים יחס גבוה יותר מאשר בתדירות ההשקיה הגבוהה. אולם היחס לא הושפע מגובה הכלי. המשקל הטרי של החסה הושפע באופן מובהק מעונת הגידול אך לא מהטיפולים (טבלה 6). המשקל הטרי של החסה היה נמוך באביב מאשר בסתיו וערכיו היו 371-424 ו- 442-491 גר' לצמח בהתאמה. בסיום הניסוי מספר העלים הנגועים בהחמה לצמח בכל הניסויים היה גבוה יותר באביב.



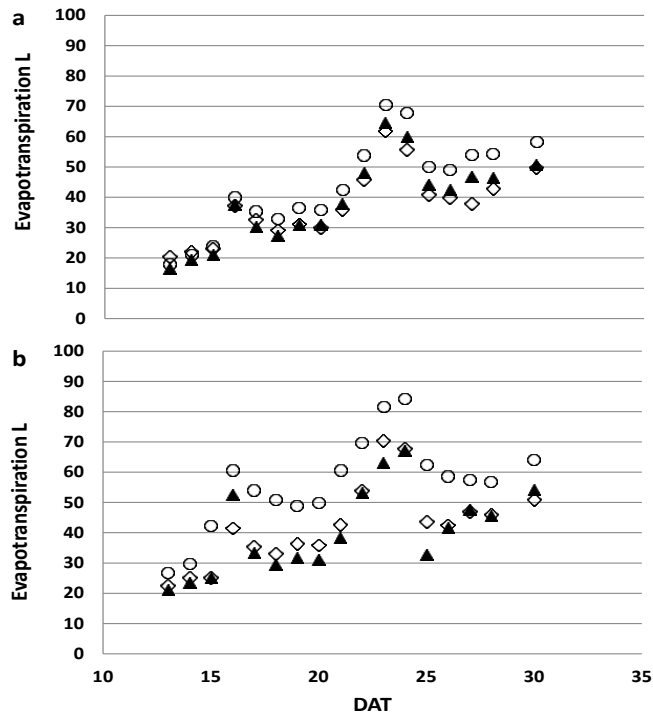
Treatment	TMAX/TMAXAIR MEAN
10-HIF	0.739
10-LIF	0.743
20-HIF	0.739
20-LIF	0.767
30-HIF	0.737
30-LIF	0.772
<hr/>	
30	0.755 A
20	0.753 A
10	0.741 A
<hr/>	
LIF	0.761 A
HIF	0.739 B
<hr/>	
Source	Prob > F
HEIGHT	0.3563
IF	0.0114
HEIGHT*IF	0.3048

טבלה 5: היחס בין טמפרטורת העלים המקסימלית לטמפרטורת האוויר המקסימלית בהשפעת הגובה ותדירות ההשקיה בעונת הסתיו 2010

טבלה 6: המשקל הטרי של חסה
 ורמת ההחמזה בעלים בשתי
 עונות הגידול אביב וסתיו 2010

			Fresh weight (gr/plant)	Tip burned leaves (no)
SPRING	LIF	10 cm	410	25.6
		20 cm	424	25.4
		30 cm	371	27.8
SPRING	HIF	10 cm	415	22.2
		20 cm	414	26.8
		30 cm	388	28.6
FALL	LIF	10 cm	442	5.7
		20 cm	491	6.7
		30 cm	463	4.9
FALL	HIF	10 cm	456	6.3
		20 cm	452	7.5
		30 cm	477	12.5
Height		10 cm	430	14.9
		20 cm	445	16.6
		30 cm	425	18.5
Irrigation frequency		High	434	17.3
		Low	434	16
Season		Jun-10	404	26
		Nov-10	464	7.3
Height			0.4078	0.0277
Irrigation frequency			0.9945	0.2082
Season			<0.0001	<0.0001
Height*IrrF			0.3893	0.0898
Height*Season			0.2121	0.8135
IrrF*Season			0.7531	0.1026

איור 8: אופטרנספירציה
 מחושבת במהלך ניסוי הסתיו
 טמפרטורת העלים בשתי
 תדירויות ההשקיה (LI- a)
 במארזים של 10 (HI-b)
 O30 ▲ 20



(22-28 עלים לצמח) מאשר בסתיו (בין 5-12 עלים נגועים לצמח) (טבלה 2 בנספח). מספר העלים הנגועים לצמח עלה באופן מובהק עם העליה בגובה המארז במיוחד בטיפולי תדירות ההשקיה הגבוהה. לרמת הדישון לא הייתה השפעה על היבול ועל העלים הפגועים (החמה) ולכן הצגנו את התוצאות הממוצעות לשתי רמות הדשן ולא דנו בהשפעתו. כצפוי, האופוטורנספירציה לשטח כפי שחושבה בהפחתת כמויות הנקז מכמויות ההשקיה שניתנו עלתה במהלך תקופת הגידול (איור 8) כתוצאה מעליה בשטח פני העלווה (בהנחה שהאופורציה זניחה). האופוטורנספירציה הגיעה לשיא ביום ה- 24 מהשתילה. הירידה בהמשך היא כנראה תוצאה של ירידה בטמפרטורות (איור 3 b) ועליה בלחות היחסית (איור 3 d) בהמשך העונה. במשך העונה האופוטורנספירציה היתה גבוהה במארזים העמוקים והצרים בהשוואה לאחרים. כצפוי תדירות ההשקיה הגבוהה תרמה לעליה באופוטורנספירציה ללא קשר לגיאומטריה של המארזים.

ריכוז יסודות הזנה בנוף

ריכוזי יסודות ההזנה שהתקבלו בנוף בתום ניסוי III מובאים בטבלה 7. לא נראות מגמות ברורות להשפעת הטיפולים על יסודות ההזנה בנוף הכללי של החסה. בחלק מהיסודות נראית עליה קלה בטיפולי רמת הדשן הגבוהה. אולם לתדירות ההשקיה ולגיאומטריה של המארז לא נראית השפעה על הריכוזים בעלים.

טבלה 7: יסודות ההזנה בעלי חסה בתום עונת הסתיו 2010									
טיפול	גובה	השקיה	דישון	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	
1	10	Low	Low	4.19	1.06	9.04	1.65	0.656	
2	20	Low	Low	4.01	1.10	9.19	1.75	0.692	
3	30	Low	Low	4.02	0.99	8.18	1.72	0.690	
4	10	Low	High	4.29	1.03	9.43	1.73	0.616	
5	20	Low	High	4.12	1.11	10.00	1.58	0.630	
6	30	Low	High	4.13	1.16	9.21	1.74	0.702	
7	10	High	Low	4.35	1.13	8.10	1.56	0.608	
8	20	High	Low	3.95	0.98	8.66	1.70	0.682	
9	30	High	Low	3.96	1.01	8.27	1.41	0.598	
10	10	High	High	4.23	1.13	8.46	1.51	0.578	
11	20	High	High	4.28	1.01	8.93	1.72	0.598	
12	30	High	High	4.59	1.10	8.88	1.63	0.652	

מערכי הניסויים השני והשלישי – השפעת נפח המצע, תדירות השקיה ורמת הדישון

במערך הניסוי השני הושפע היבול הטרי של הצמחים בניסוי החורף מנפח המצע וכן מרמת הדשן (טבלה 8). בניסוי הקיץ בדומה לחורף עלה המשקל הטרי עם העלייה בנפח המצע לפי הסדר $8L > 4L > 2L$. היבול הטרי הושפע באופן מובהק גם מרמת הדישון ותדירות ההשקיה, כאשר עיקר ההשפעה הייתה בחורף. במערך הניסוי השלישי מצאנו שוב יבול טרי גבוה יותר בחורף מאשר בקיץ (טבלה 9), השפעת

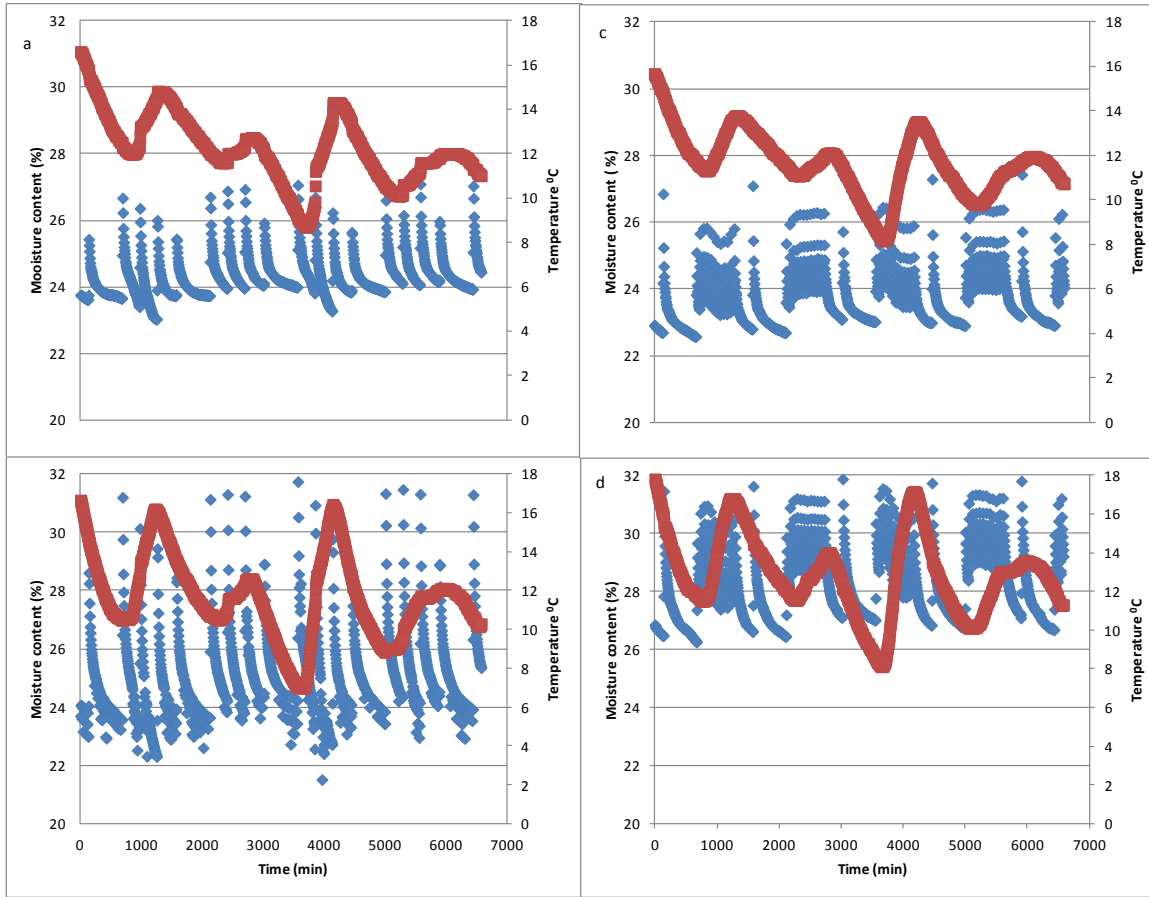
הנפח על היבול הטרי הייתה קטנה מאשר במערך השני, העליה ברמת הדישון הגדילה את המשקל הטרי בדומה לתוצאות במערך השני אך לתדירות ההשקיה לא הייתה השפעה על היבול.

טבלה 8 : המשקל הטרי של החסה בתום ניסוי החורף והאביב בנפחי מצע של 2,4,8 ליטר לצמח.

			Winter	Spring
			Mean fresh weight (gr/plant)	Mean fresh weight (gr/plant)
High	Low	2 L	495	438
Frequency	Fertilizaion	4 L	691	480
Irrigation		8 L	860	513
High	High	2 L	675	439
Frequency	Fertilizaion	4 L	812	442
Irrigation		8 L	978	485
Low	Low	2 L	482	439
Frequency	Fertilizaion	4 L	607	461
Irrigation		8 L	765	550
Low	High	2 L	785	454
Frequency	Fertilizaion	4 L	740	474
Irrigation		8 L	939	500
		Volume	2 L	518
			4 L	583
			8 L	690
		Irrigation frequency	High	599
			Low	595
		Fertilizaion	High	636
			Low	557
		Season	Feb-11	715
			Jun-11	457
			Volume	<0.0001
			Irrigation frequency	0.4232
			Fertilization	<0.0001
			Season	<0.0001

טבלה 9 : המשקל הטרי של החסה בתום ניסוי הקיץ והחורף בנפחי מצע של 3,6,9 ליטר לצמח.

		Summer	Winter	
		Mean fresh weight (gr/plant)	Mean fresh weight (gr/plant)	
High	Low	3 L	285	347
Frequency	Fertilizaion	6 L	300	385
Irrigation		9 L	299	370
High	High	3 L	281	499
Frequency	Fertilizaion	6 L	285	469
Irrigation		9 L	295	486
Low	Low	3 L	289	318
Frequency	Fertilizaion	6 L	302	319
Irrigation		9 L	335	321
Low	High	3 L	287	484
Frequency	Fertilizaion	6 L	292	460
Irrigation		9 L	300	448
Volume		3 L	349	
		6 L	352	
		9 L	357	
Irrigation frequency		High	358	
		Low	346	
Fertilizaion		High	382	
		Low	323	
Season		Sep-11	296	
		Jan-12	409	
		Volume	0.7348	
		Irrigation frequency	0.1612	
		Fertilization	<0.0001	
		Season	<0.0001	



איור 9 : מהלך תכולת הרטיבות ♦ והטמפרטורה ♦ במצע במיכלים של 9 ליטר לצמח (a,c) ו-3 ליטר לצמח (b,d) בתדירות השקיה נמוכה (a,b) וגבוהה (c,d) בעונת החורף ניסוי VII

השפעת נפח המארו ותדירות ההשקיה על רטיבות וטמפרטורת המצע בעונת החורף מוצגת באיור 9. תקופת המדידה המובאת היא למשך ארבעה ימים מתוך תקופת הניסוי. ניתן לראות באופן ברור את ההבדלים במהלך תכולת הרטיבות בין שתי תדירויות ההשקיה. רואים הבדל במשרעת הרטיבות בין המארו של 9 ליטר לצמח למארו של 3 ליטר לצמח בתדירות ההשקיה הנמוכה. גם ההפרשים בין הטמפרטורה המקסימלית למינימלית במצע היו גדולים יותר במארו של 3 ליטר לצמח שהוא צר יותר מאשר במארו של 9 ליטר לצמח בשתי תדירויות ההשקיה. ההבדלים הגדולים בנפח שבאים לידי ביטוי בהבדל ברוחב המארו (בכל אחד מהניסויים גובהם של המארוזים היה זהה), יוצרים הבדלים באופן התנזות מי ההשקיה וכן משפיעים על התקררות והתחממות המצע במהלך היום.

שנה שלישית – ניסוי תות שדה

איור 11: ניסוי תות שדה בחממה בחוות הבשור (2012-2013)

הניסוי נמשך מחודש נובמבר 2012 ועד תחילת מאי 2013. היבול המצטבר לאורך התקופה מוצג בטבלה 10. היבול שהתקבל בין 3.9 – 4.7 טון לדונם בכל הטיפולים. אחוזי הפרי האיכותי מכלל היבול נעו בין 79-89%. בטבלה 11 ניתן לראות שהיבול המצטבר הושפע באופן מובהק מנפח המארז ומהגובה. עליה בגובה המארז מ 10 ל 15 ס"מ ועליה בנפח המצע לצמח העלו את היבול המצטבר. תדירות השקיה גבוהה יותר העלתה אף היא את היבול. לעומת זאת באיכות הפרי לא נראו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים השונים. גם יסודות ההזנה בפרי האדום ובעלים בסוף היבול לא הושפעו מהטיפולים (טבלה 12).

טבלה 10 : היבול המצטבר בטון/דונם ואחוזי הפרי האיכותי מכלל היבול של תות שדה בטיפולים השונים במהלך עונת הגידול (2012-13)

Irrigation	volume	height	width	יבול מצטבר טון/דונם	איכותי % מכלל יבול
high	1000	15	13.3	4.22±0.16	83
high	1500	25	8	4.60±0.05	86
high	2000	10	26.7	3.93±0.08	79
high	2000	15	17.8	4.48±0.06	82
high	2000	20	13.3	4.66±0.11	83
high	3000	25	16	4.67±0.20	84
low	1000	15	8.9	3.95±0.06	83
low	1500	25	8	4.11±0.10	87
low	2000	10	26.7	4.21±0.14	81
low	2000	15	17.8	4.36±0.10	82
low	2000	20	13.3	4.21±0.11	83
low	3000	25	16	4.56±0.10	86

טבלה 11 : ממוצע היבול המצטבר בטון/דונם של תות שדה בהשפעת הנפח, וגובה המארזים ותדירות ההשקיה במהלך עונת הגידול (2012-13)

ממוצע יבול מצטבר טון/דונם	נפח (ליטר לצמח)
4.1 A	1
4.4 A	1.5
4.4 AB	2
4.6 B	3
תדירות השקיה (נפח)	
4.2 A	נמוכה
4.5 B	גבוהה
גובה (ס"מ) *	
4.1 B	10
4.4 A	15
4.4 A	20
תדירות השקיה (גובה)	
4.3	נמוכה
4.4	גבוהה

בנפח של 2 ליטר לצמח*

ההבדלים בין ערכים ממוצעים התקבלו על בסיס מבחן טוקי קרמר ברמת מובהקות של 0.05

טבלה 12 : יסודות הזנה בפירות ועלים של תות שדה בתום הניסוי 1.5.13

טיפול	פרי אדום N%	פרי אדום P%	פרי אדום K%	עלים N%	עלים P%	עלים K%
1	1.32	0.43	1.77	2.56	0.73	1.98
2	1.35	0.43	1.71	2.55	0.73	1.85
3	1.34	0.44	1.72	2.71	0.69	1.78
4	1.37	0.44	1.72	2.65	0.78	2.12
5	1.42	0.46	1.78	2.60	0.79	2.01
6	1.42	0.44	1.71	2.85	0.75	2.01
7	1.35	0.45	1.77	2.51	0.70	1.98
8	1.39	0.43	1.67	2.64	0.70	1.91
9	1.32	0.42	1.72	2.52	0.73	1.88
10	1.30	0.45	1.76	2.41	0.70	2.05
11	1.38	0.46	1.69	2.61	0.71	2.03
12	1.41	0.46	1.69	2.62	0.76	2.01

סיכום

בחלק הראשון של המחקר צמח הבוחן היה חסה שגודלה במצע מנותק של טוף 0-8 מ"מ בתערובת עם 10% קומפוסט (לפי נפח), במארזים בעלי נפח קבוע וגיאומטריה שונה ובמארזים בעלי גובה זהה ונפח שונה. גורמי הגיאומטריה והנפח נבחנו באופן פקטוריאלי עם שתי רמות דישון ושתי תדירויות השקיה. שני טיפולי דישון היו מבוססים על 100% (100 מ"ג חנקן לליטר מדשן מור) ו-50% מרמת הדישון המסחרי. כמו כן ניתנו שני טיפולי תדירות השקיה – תדירות גבוהה ותדירות נמוכה כאשר בעונות השונות השתנתה הכמות ומספר מנות ההשקיה שניתנו, בתקופות החמות תדירות השקיה נמוכה הייתה 5-6 פעמים ביום ותדירות גבוהה 12-18 פעמים ביום ואילו בחורף תדירות השקיה נמוכה הייתה 2-3 פעמים ביום ותדירות גבוהה 6-9 פעמים ביום. עליה בנפח הכלי השפיעה באופן מובהק על הגדלת היבול הטרי של חסה בשני מערכי הניסוי (נפחי מצע של 2, 4, 8 ליטר לצמח וגם בנפחים של 3, 6, 9 ליטר לצמח). רמת דישון נמוכה גרמה לירידה ביבול הטרי של חסה בשני מערכי הניסוי בנפחים קטנים. בניסויים בהשפעת הגיאומטריה של הכלי לא נמצאו הבדלים מובהקים ביבול הטרי של חסה אולם תופעת ההחמה של העלים התגברה ככל שהמארז היה גבוה וצר יותר. מעקב אחר השתנות תכולת המים והטמפרטורה במצע באמצעות חיישני ACCLIMA אפשר לבחון את ההבדלים בין המארזים השונים ובין תדירויות ההשקיה השונות. גם הגיאומטריה וגם הנפח של המארז השפיעו על אופן השתנות תכולת המים והטמפרטורות באזור החיישנים. העליה בתופעת החמת עלים עם העליה בגובה המצע נמצאת בהתאמה לעליה בטמפרטורה בכלים הגבוהים. התגובה החיובית ביבול חסה לעליה בנפח המצע נמצאת בהתאמה לרטיבות הגבוהה יותר ולמשרעת הקטנה ברטיבות ובטמפרטורה בכלים הגדולים יותר.

היבול המצטבר של תות השדה גדל עם העליה בנפח המארז מ-1.5 ל-3.0 ליטר\צמח ובגובהו. לא התקבלה השפעה של הטיפולים על רמת יסודות ההזנה בפירות האדומים ובעלים. נתוני המדידות בחיישני ACCLIMA ושל הנקז עדיין לא עובדו, כך שאיננו יכולים לנתח את הקשר בין התנאים במצע לתגובת צמחי תות השדה.

1. בר-יוסף, ב., אימס, פ., לבקוביץ, א. 1995. אגרוטכניקה לגידול ירקות ופרחים במצעים מנותקים, השפעת נפח, גיאומטריה וסוג המצע על התפתחות הצמח. דו"ח שנתי מוגש למדען הראשי של משרד החקלאות.
2. בר-יוסף, ב., קינן, מ., לבקוביץ, א., סוריאנו, ש., מרקוביץ, ט. 1996. תגובת מלון חממה לדישון לנפח, לגיאומטריה ולסוג מצע הגידול. דו"ח שנתי מוגש למדען הראשי של משרד החקלאות.
3. בר-יוסף, ב., זילבר, א., מרקוביץ, ט., קינן, מ., לבקוביץ, א., סוריאנו, ש. 1997. השפעת נפח, סוג המצע ורמת הדשן על התפתחות צמחי עגבנייה בחממה. דו"ח שנתי מוגש למדען הראשי של משרד החקלאות.
4. Bar-Tal A., Bar-Yosef B. and Kafkafi U., 1990. *Pepper transplant response to root volume and nutrition in the nursery*. Agronomy Journal. J., 82: 989-995.
5. Bar-Tal, A., Bar-Yosef, B. and Kafkafi, U., 1993. *Modeling pepper seedling growth and nutrient uptake as a function of cultural conditions*. Agronomy Journal., 85:718-724.
6. Bar-Tal A., A. Feigin, I. Rylski, E. Pressman, 1994 "Effects of root pruning and N-NO₃ solution concentration on tomato plant growth and fruit yield", Scientia Horticulturae 58: 91-103
7. Bar-Tal A., 1999 "The significance of root size for plant nutrition in intensive horticulture", Mineral Nutrition of Crops : Fundamental Mechanisms and Implications, Zdenko Rengel (Ed.), p 115-135 chapter 5
8. Bar-Yosef, B. 2008. "Fertigation management and crops response to solution recycling in semi-closed greenhouses". In Raviv, M. and Lieth, H. (Eds) "Soilless Culture: Theory and Practice". Elsevier Science, pp. 341-424.
9. Boland A.M., P.H. Jerie, P.D. Mitchell et al., 2000. "Long-term effects of restricted root volumes and regulated deficit irrigation on peach: I. Growth and mineral nutrition". J. Am. Soc. Hortic. Sci. 125: 135-142.
10. Carmi A. and Heuer B., 1981, "The role of roots in control of bean shoots growth". Ann. Bot., 48:519-527.
11. NeSmith D.S., D.C. Brodges, and J.C. Barbour, 1992. "Bell-pepper response to root restriction". J. Plant Nutr. 15: 893-911.
12. NeSmith D Scott. and John R. Duval, October-December 1998, "The Effect Of Container Size", HortTechnology.

13. Raviv M. and Heinrich Lieth J., 2008, Significance of soilless culture in agriculture, In Raviv M. and Lieth H (Eds) "*Soilless Culture: Theory and Practice*", Elsevier Science pp 1-11.
14. Raviv M., Heinrich Lieth J., Bar-Tal A and Silber A., 2008, "*Growing plants in soilless culture : operational conclusion*", In Raviv M. and Lieth H. (Eds) "*Soilless Culture: Theory and Practice*". Elsevier Science pp.545-567
15. Saure M.C, 1998, "*Causes of the tipburn disorder in leaves of vegetables*", *Scientia Horticulturae* 76, 131-147
16. Xu G.H, Wolf S and Kafkafi U, 2001, "*Interactive effect of nutrient concentration and container volume on flowering, fruiting, and nutrient uptake of sweet pepper*", *J. Plant Nutr* 24, 479-501

סיכום עם שאלות מנחות לדוח מחקר 301-0696-09 בנושא:

השפעת מאפייני נפח המצע על תנאי הגידול של צמח בוחן במצע מנותק

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתכנית העבודה.

לבחון את השפעת משטר ההדשיה בשילוב עם (א) נפח מצע, (ב) עומק המצע עבור נפח נתון, (ג) צורות יישום ה- "נפח לצמח" המיטבי (צמח בודד לעומת מס' צמחים בכלי) על הצמח.

2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.

נערכו שלושה מערכי ניסויי גידול של חסה כצמח בוחן בהם נבחנו השפעת משטר ההדשיה (תדירות ההשקיה ורמת הדשן) בשילוב עם (א) נפח מצע, (ב) עומק המצע עבור נפח נתון על משטר הרטיבות והטמפרטורה במצע ועל תגובת הצמח. כל מערך נבחן בשתי עונות. בשנה האחרונה של המחקר בחרנו בתות שדה כצמח מודל נושא פרי ובחנו את השפעת תדירות ההשקיה בשילוב עם (א) נפח מצע, (ב) עומק המצע עבור נפח נתון (2.0 ליטר לצמח) על משטר הרטיבות והטמפרטורה במצע ועל תגובת הצמח במשך עונת גדול שנמשכה מתחילת הסתיו ועד סוף האביב. כל הניסויים נערכו בבית גדול בחוות הבשור במו"פ דרום. תכולת הרטיבות וכן הטמפרטורות במצע שנמדדו בעזרת חיישני אקלימה הושפעו מהגיאומטריה של המצע וכן מנפח המצע לצמח. בניסויי השפעת הגיאומטריה רטיבות גבוהה יותר התקבלה במארזים הנמוכים והרחבים והטמפרטורות הגבוהות במצע התפתחו במארזים הגבוהים והצרים. בנפחים הגבוהים 8 ו-9 ליטר לצמח המשרעת של תכולת הרטיבות וגם המשרעת של הטמפרטורות היו נמוכות יותר מאשר בנפחים של 2 ו-3 ליטר לצמח בהתאמה. האוופוטנספירציה עלתה עם העליה בנפח הכלי ובגובהו. היבול הטרי של החסה עלה ככל שעלה הנפח לצמח. תופעת החמת עלים גדלה עם העליה בגובה הכלי בהתאמה לעליה בטמפרטורה בכלים הגבוהים והצרים. רמת דישון גבוהה העלתה את יבול החסה בניסויים בכלים בעלי נפחים שונים. גם יבול התות שדה הושפע מנפח הכלי באופן דומה לחסה והתקבלה גם תגובה חיובית לתדירות ההשקיה. בנגוד לחסה בתות שדה ירידה בגובה הכלים ל-10 ס"מ גרמה לירידה ביבול.

3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.

בגודל חסה ירידה בנפח הכלי מתחת ל- 4.0 ליטר לצמח עלול לגרום לפגיעה ביבול. גדול בכלים גבוהים וצרים עלול לגרום להחמה של העלים בחסה. החמת העלים בכלים הגבוהים קשורה כנראה לעליה בטמפרטורה של המצע בכלים אלו. עליה בתדירות ההשקיה העלתה את הטמפרטורה ולכן לא השפיעה לטובה על הפגיעות בהחמת עלים בחסה. ירידה בריכוז הדשן מ- 80 ל- 40 מ"ג חנקן לליטר (כאשר שאר היסודות באותם יחסים מבוסס על דשן מור) גרמה לירידה ביבול החסה. יבול תות שדה היה נמוך באופן מובהק בכלים בנפח 1.0-1.5 ליטר לצמח

מאשר בכלים בנפח 3.0 ליטר לצמח. גם פחיתה בגובה הכלי מ- 15 ל-10 ס"מ הפחיתה את יכול פרי תות שדה. תות שדה הגיב חיובית להגברת תדירות ההשקיה מ- 3 ל- 6 פעמים ביממה. להסקת מסקנות על תגובת תות השדה לטיפולים יש לסיים את עבוד נתוני חיישני הרטיבות והטמפרטורה ונתוני הנקז לחישוב האופוטורנספירציה.

4. הבעיות שנתרו לפיתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן.

למרות שבניסויים נעשו מעקבים כמותיים של רטיבות וטמפרטורה של המצע ושל האופוטורנספירציה, ונבדקו צירופי נפח וגיאומטריה של כלים שונים עם ההדשיה (תדירות השקיה ורמת דישון) עדיין יש קושי בחיזוי של הקשר בין גורמי הממשק והיכול. יש צורך בפתוח מודל כמותי להשפעת הממשק על התנאים במצע שיאומת עם מדידות נוספות של חיישנים. בשל מספר מוגבל של חיישני ACCLIMA נבחרו רק חלק מהטיפולים למעקב אחר תכולת הרטיבות והטמפרטורה. ניסויים עוקבים שימשו חזרות וכמובן שיש עדיפות לחזרות בניסוי עצמו. כמו כן נמדדו פרמטרים אלה בעומק אחד של 5 ס"מ מפני המצע והיה רצוי לבדוק לפחות בעומק אחד נוסף. כדי לפתור בעיות אלו החוקרים הגישו תוכנית מחקר לקרן קמ"ח שתבחן יישום מודל כזה, כולו ואימותו בעזרת המדידות הנוספות.

5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הזו"ח.

מאמר ראשון על השפעת גיאומטריה של הכלי במשולב עם תדירות ההשקיה על מדדי הרטיבות והטמפרטורה במצע ועל האופוטורנספירציה ויכול חסה נמצא בשלבי כתיבה אחרונים ותוך זמן קצר יישלח לאחד העיתונים בתחום.

מאמר שני על השפעת ההדשיה במשולב עם נפח הכלי מדדי הרטיבות והטמפרטורה במצע ועל האופוטורנספירציה ויכול חסה בשלבי כתיבה.

6. אפשרויות פרסום

ללא מגבלות.