

**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 - Soil chemistry and Microbiology, Institute of soil, water  
& Environ. Sci., ARO, P.O.Box 6, Bet Dagan 50250. E-mail: [bartal@volcani.agri.gov.il](mailto:bartal@volcani.agri.gov.il)

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

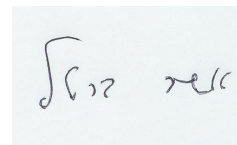
Moshe Broner, Myron Sofer, Hanna Yechezkel. Negev R&D Center, Mop Darom.

נובמבר 2010

כסלו תש"עא

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

חתימת החוקר:



## תקציר

הגידול במצע מנותק גורם לעיתים רבות לירידה ביבול ולעלייה בשכיחות של "הפרעות גידול" כגון שחור פיטם בעגבניות ובפלפל והחמה בחסה, וזאת בהשוואה לגידול בקרקע. הסיבות לכך יכולות להיות רבות ומגוונות: (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. השערת המחקר המוצע הינה כי משטר הרטיבות והמומסים לנפח מצע נתון יושפע בצורה חד-ערכית ע"י הגיאומטריה של נפח זה וע"י משטר ההדשיה המיושם. כתוצאה מכך, ביצועים מיטביים של צמח נתון בתנאי גידול במצע מנותק יחייבו בחירה מושכלת של נפח מצע, גיאומטריה ספציפית ומשטר הדשיה מתאים. מטרות המחקר בשנה זו היו לבחון את השפעת הגיאומטריה של מארזי מצע מנותק בנפח קבוע ושל רמת הדשן ותדירות השקיה על היבול והאיכות של צמחי בוחן (חסה). צמחי חסה גדלו במצע של טוף (90%) וקומפוסט (10%). בוצע ניסויי גדול בחממה בחוות הבשור שחזרנו עליו בשלוש מחזורי גדול בעונות שונות (אביב, קיץ, סתיו). בניסוי נבחנו מארזים בעלי נפח זהה (4000 סמ"ק לצמח) בשלושה גבהים (10, 20, 30 ס"מ), שתי רמות דשן (50%, 100%) ושתי תדירויות השקיה (נמוכה (4-6) וגבוהה (12-18) פעמים ביום, מספר הפעמים לכל אחת מהתדירויות השתנה בהתאם לעונות השנה). הממצאים העיקריים בשני המחזורים הראשונים (אביב וקיץ) היו: במארזים בגובה 30 ס"מ נמדדו במצע טמפרטורות גבוהות מאשר במארזים של 10 ו-20 ס"מ. בנוסף, עליה בתדירות ההשקיה העלתה את הטמפרטורה במצע בעיקר במארזי הגבוה. תכולת המים שנמדדה בעומק של 5 ס"מ מהגבול העליון של המארזים הייתה גבוהה במארזים של 10 ס"מ יותר משני האחרים. ככל שתדירות ההשקיה הייתה גבוהה יותר המשרעת בין תכולת המים הגבוה ביותר לנמוכה ביותר הייתה קטנה, כפי שהיה צפוי. בשני מחזורי הגדול יבול ואיכות החסה פחתו ככל שעלה גובה המארז, ואילו השפעות תדירות ההשקיה וריכוז הדשן לא היו במגמה קבועה בשני מחזורי הגדול. בימים אלו מתבצעות אנליזות כימיות של דוגמאות מהמחזור השלישי וניתוח של נתוני המדידות הנוספות. בשנת המחקר הבאה נבחן את השפעות נפח המארז כאשר גובה המארזים שווה בשילוב עם רמת הדשן ותדירות השקיה על התנאים במצע ועל היבול והאיכות של צמחי חסה.

## 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 הפיסולוגיה 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 מהגבלה של שורשים כתוצאה 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, בכיווסה 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 ייבול 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 ומרכיביו 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 מרעת 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 התנועה בין הטמפרטורות הקיצוניות במהלך היממה (16).

#### **מטרות המחקר**

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. מטרת המחקר המוצע לבחון בשנת המחקר הראשונה את השפעת משטר ההדשיה והגיאומטריה בנפח נתון על מצב המים והטמפרטורה במצע ועל מדדי הגידול (יבול כללי ואיכות הפרי) של חסה.

#### **שיטות וחומרים**

הניסוי בוצע בחממה בחוות הבשור. חסה צהובת עלים נבחרה כצמח בוחן. שלושה מחזורי גידול התקיימו במהלך שנת 2010 בעונות שונות. מחזור הניסוי הראשון נערך בחודשים פברואר-מרץ, השני במאי-יוני, והשלישי באוקטובר-נובמבר. בכל מחזור בניסוי היו 12 טיפולים כמתואר בטבלה 1.

טבלה 1: תאור הטיפולים בשנת הניסוי הראשונה.

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

תדירות השקיה נמוכה – 4 השקיות ביום באביב ובחורף, 6 השקיות ביום בקיץ  
תדירות השקיה גבוהה – 12-18 השקיות ביום באביב ובחורף, 24 השקיות ביום בקיץ

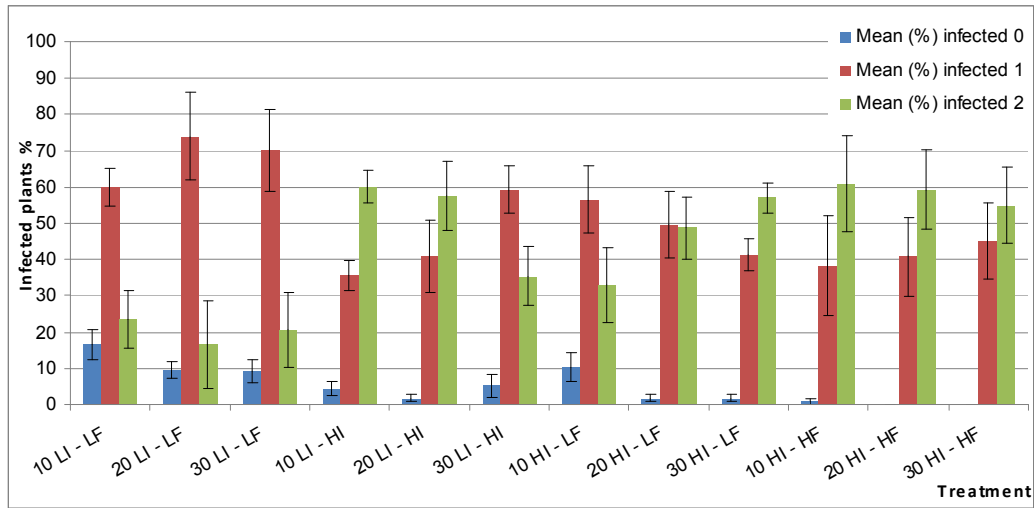
המארוזים היו מפוליפרופילן שנצבע בלבן למנוע התחממות המצע. כל מארוז היה באורך 4 מ' והכיל 27 צמחי חסה (15 ס"מ בין הצמחים). כל טיפול כלל 5 חזרות בבלוקים באקראי. נפח המצע הקבוע לכל הטיפולים היה 4000 סמ"ק לצמח. המצע 90% טוף (8-0 מ"מ) ו-10% קומפוסט שימש לכל שלושת הניסויים העוקבים ולא הוחלף. תדירות ההשקיה הנמוכה כללה בין 3-6 השקיות ליום ואילו התדירות הגבוהה 12-24 השקיות ליום. רמות הדשן הגבוהה ורמת הדשן הנמוכה היו 100% ו-50% מדשן "מור", בהתאמה. במהלך הניסויים נדגמו אחת לשבוע מי טפטפת ומי נקז. בתמיסות נבדקו: pH, EC אמון, חנקן, 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. בדיגום האחרון בכל מחזור נדגם מכל חלקה השורש של צמח אחד למדידת אורך שורשים. בניסויים השני והשלישי נאספו נתונים מחיישני Acclima שנטמנו בעומק 5 ס"מ משוליו העליונים של המארוז ב-6 מן הטיפולים (טיפולי רמת דשן הגבוהה בלבד 4-6, 10-12) (איור 1 בנספח). החיישנים סיפקו נתונים רציפים של רטיבות קרקע וטמפר' 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. במחזורי הגדול השני והשלישי 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 לפי

הגובה, תדירות ההשקיה ורמת הדשן והאינטראקציה ביניהם. ערכים ממוצעים התקבלו על בסיס מבחן טוקי קרמר ברמת מובהקות של 0.05.

## תוצאות

### יבול ואיכות

המשקל הטרי של החסה בניסוי II עלה עם הזמן ועם רמת הדשן וירד עם העליה בגובה המארוז בדיגום השני ובסיום הניסוי. תדירות ההשקיה השפיעה באופן מובהק על המשקל הטרי בסיום הניסוי, משקל טרי נמוך יותר התקבל בתדירות ההשקיה הגבוהה (HI) (טבלה 1 בנספח). בניסוי I בדומה לניסוי II, בקטיף האחרון, העליה בגובה המארוז מ 10 ס"מ ל 20 ול 30 גרמה לירידה במשקל הטרי מ 371 ל 341 גר/צמח (טבלה 2 בנספח). בשני הניסויים I ו-II בקטיף (29 ימים משתילה), המשקלים הטריים היו 336-392 ו- 358-424 גר/צמח, בהתאמה. המשקל היבש בקטיף עלה עם הירידה בתדירות ההשקיה בניסוי I בעוד שבניסוי II עלה ברמת הדשן היא זו שגרמה לעליה במשקל היבש (טבלה 2,3 בנספח). אורך השורשים היה כפול כמעט בניסוי II מאשר בניסוי I. בניסוי I אורך השורשים עלה עם הירידה בגובה המארוז (טבלה 2 בנספח). בקטיף, מס' העלים שנפגעו בהחמה לצמח בכל הטיפולים היה גבוה יותר בניסוי II (15 עד 28 עלים לצמח) מאשר בניסוי I (3 עד 12 עלים לצמח). בשני הניסויים בקטיף, מספר העלים הפגועים לצמח עלה באופן מובהק עם העליה בגובה המארוז (טבלה 2,3 בנספח) ובניסוי II גם עם העליה ברמת הדשן (טבלה 3 בנספח). בנוסף, בדיגום אמצע (19 יום משתילה) בניסוי II, נצפו פגיעות החמה ברוב הצמחים בכל הטיפולים (איור 1). צמחים לא פגועים (רמה 0) לא נצפו בטיפולי תדירות השקיה גבוהה (HI) בשילוב עם רמת דשן גבוהה (HF) ללא תלות בגובה המארוז. למעשה, לגובה המארוז לא היתה השפעה מובהקת על רמת הפגיעה בצמחים. רמת דשן גבוהה גרמה לעליה ברמת ההחמה ללא תלות בתדירות ההשקיה. ברור כי לטיפולי תדירות ההשקיה הנמוכה (LI) בשילוב עם רמת דשן נמוכה (LF) היו פגיעות קלות יותר (רמה 1) בהשוואה לטיפולי תדירות השקיה גבוהה בשילוב עם רמת דשן גבוהה (רמה 2).



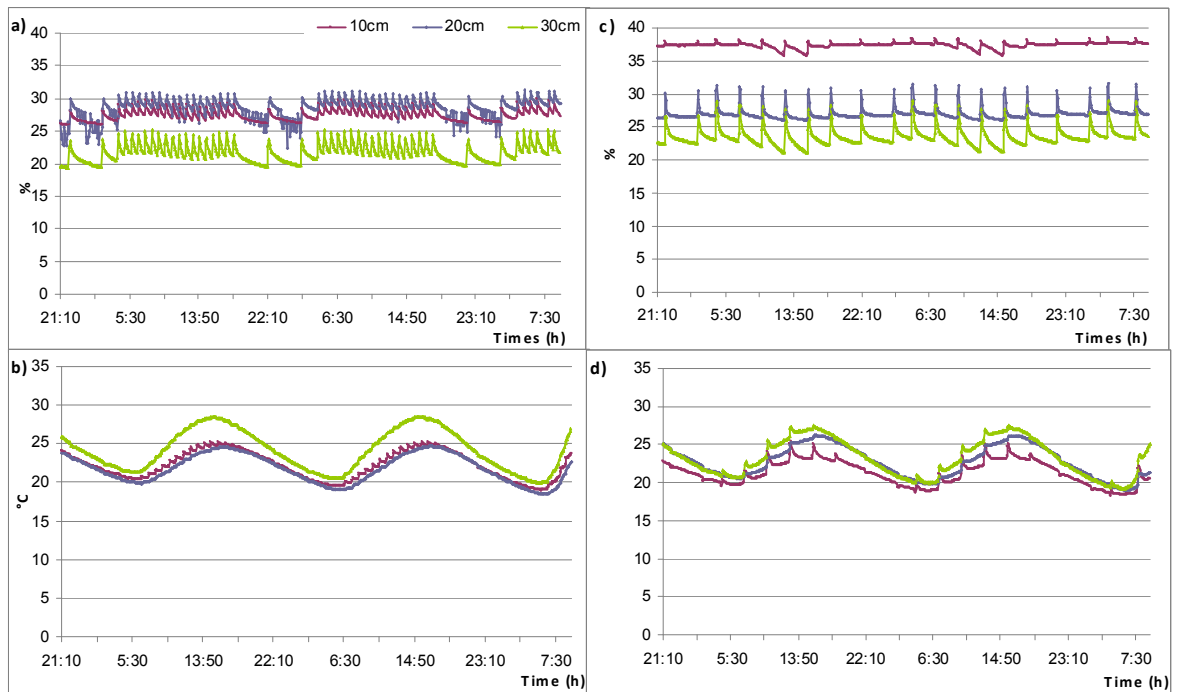
איור 1: רמת הפגיעה באיכות החסה (החמה) לאחר 19 ימים משתילה בניסוי II.

#### ריכוז יסודות הזנה בנוף

הריכוז הכללי של חנקן בראשי החסה ירד, בעוד שריכוזי זרחן ואשלגן עלו עם הזמן עד ל- 29 ימים משתילה (איור 2abc בנספח). בקציר, יסודות ההזנה N,P,K נקבעו בעלים החיצוניים והפנימיים של ראשי החסה בניסוי II. ריכוזי החנקן והזרחן בצמח כולו התכנסו בזמן הקציר הסופי לתחום 3.5-3.8% ו- 1.1-1.2%, בהתאמה. במשך תקופת הגידול ריכוזי החנקן בצמח היו גבוהים בטיפולי רמת הדשן הגבוהה מאשר בטיפולי הרמה הנמוכה, ללא תלות בתדירות ההשקיה או בגיאומטריה של המארז (איור 2a בנספח). בתקופה זו ריכוזי החנקן הגבוהים ביותר מבין טיפולי הדשן הגבוהים היו בתדירות ההשקיה הגבוהה. בכל שלושת סוגי המארזים ריכוזי הזרחן והאשלגן בצמחים היו גבוהים בריכוזי הדשן הגבוה מאשר בריכוזי הנמוך (איור 2bc בנספח). ריכוזי הזרחן היו גבוהים יותר בתדירות ההשקיה הגבוהה מאשר בנמוכה בצמחים שגדלו במארזים בגובה 10 ס"מ, אולם, במארזים של 20 ו-30 ס"מ, ריכוזי הזרחן היו גבוהים יותר בתדירות ההשקיה הנמוכה. לאחר 19 יום משתילה ריכוזי האשלגן הראו תלות בגובה המארזים ללא תלות בריכוזי הדשן ובתדירות ההשקיה. ריכוזי האשלגן היו גבוהים יותר בצמחים שגדלו במיכלים בגובה 10 ו-20 ס"מ מאשר במיכלים של 30 ס"מ. ריכוזי סידן ומגנזיום בצמחים מופיעים באיור 3 בנספח. לאחר תשעה ימים משתילה ריכוזי סידן ומגנזיום גבוהים יותר בתדירות ההשקיה הנמוכה מאשר בתדירות הגבוהה. תוצאות יסודות ההזנה בצמח בסוף תקופת הניסויים I ו-II מסוכמות בטבלאות 4 ו-5 בנספח. בשני הניסויים עלייה בגובה המארז הורידה באופן מובהק את ריכוזי האשלגן בחסה. בהשוואה בין שני הניסויים נראה שהריכוזים של אשלגן, סידן ומגנזיום גבוהים יותר ברקמה הצמחית בניסוי I. בניסוי II ריכוזי האשלגן הגבוהים יותר באופן מובהק התקבלו במארזים של 10 ס"מ.

### תכולת הרטיבות וטמפרטורת המצע

בניסוי II במהלך הימים ה- 27 ו-28 משתילה, עלתה תכולת הרטיבות במצע בעקבות ההשקיות בכל סוגי המארזים וירדה מיד לאחר מכן (איור 2ac). בטיפולי תדירות ההשקיה הגבוהה (איור 2a) תכולת המים השתנתה עם גובה המארזים. בין 26 ו-30% במיכלים בגובה 10 ס"מ, 22 עד 31% במארזים בגובה 20 ס"מ, ובמארזים של 30 ס"מ בין 19 ל-25%. בשעות החמות של היום (10 בבוקר עד 3 בצהריים), תכולת המים ירדה בכל המארזים ובאופן בולט במיוחד במארזים בגובה 20 ס"מ כתוצאה מטרנספירציה גבוהה במיוחד. בדומה, לטיפולי תדירות ההשקיה הגבוהה גם תכולת הרטיבות בטיפולי התדירות הנמוכה הושפעו מגובה המארז. סדר תכולת הרטיבות היה  $10 > 20 > 30$  ס"מ (איור 2c). במארזים בגובה 10 ס"מ תכולת הרטיבות היתה גבוהה מאשר בטיפולי תדירות ההשקיה הגבוהה אולם המשרעת נעה בין 36-38%, קטנה בהרבה משל טיפולי תדירות ההשקיה הגבוהה. בשל המרחק הקצר לתנועת המים כלפי מטה בתדירות ההשקיה הגבוהה המצע במארזים של 10 ס"מ נמצא במצב רווי בתחתיתו בעוד שבתדירות ההשקיה הנמוכה המים נמצאים ב-5 ס"מ העליונים. במארזים של 20 ו-30 ס"מ תכולת המים היתה 26-31% ו-22-28%, בהתאמה. בשעות החמות ירדה תכולת הרטיבות בכל המארזים גם בתדירות ההשקיה הנמוכה.



איור 2: תכולת הרטיבות (%) וטמפרטורת המצע ( $^{\circ}\text{C}$ ) בניסוי II בימים 27-28 משתילה בטיפולי תדירות ההשקיה הגבוהה וריכוז הדשן הגבוה (a - תכולת רטיבות ו-b) טמפרטורה. בטיפולי תדירות ההשקיה הנמוכה וריכוז הדשן הגבוה (c - תכולת רטיבות ו-d) טמפרטורה. בטיפולי תדירות ההשקיה הגבוהה טמפרטורות המצע עלו עד הצהריים (12:00), וירדו במשך אחה"צ עד הבוקר למחרת (איור 2b). הטמפרטורה המקסימלית התקבלה ב-2:30 בצהריים. השונות בטמפרטורות



הושפעה מגובה המארז, במארזים של 30 ס"מ הטמפרטורות היו גבוהות יותר מהמארזים של 10 ו-20 ס"מ, במיוחד בשעות החמות בהן הטמפרטורה היתה  $28^{\circ}\text{C}$  במארזים של 30 ס"מ לעומת המארזים האחרים ( $25^{\circ}\text{C}$ ). מהלך טמפרטורת המצע בטיפולי תדירות ההשקיה הנמוכה (איור 2d), משקפת את ההשקיות. הטמפרטורות ירדו מיד לאחר ההשקיה ועלו לפני ההשקיה הבאה. השפעת גובה המארז על הטמפרטורות נראתה בברור במשך היום במיוחד בשעות החמות כאשר הטמפרטורה במארזים של 30 ס"מ היתה גבוהה בהשוואה לאחרים. השוואה בין שתי תדירויות ההשקיה (איור 2d, 2b) מראה שבמארזים בגובה 30 ס"מ הטמפרטורות במצע בתדירות ההשקיה הגבוהה עולה במהלך היום כולו על הטמפרטורות שמתקבלת המצע בתדירות ההשקיה הנמוכה, ייתכן שהצנרת המספקת את המים לטפטפות היתה חשופה לטמפרטורת האויר והתחממה וכך מי ההשקיה שהגיעו למצע העלו את הטמפרטורה שלו בכל ארוע השקיה. ארועי ההשקיה הסמוכים בטיפולי התדירות הגבוהה גרמו לכך שטמפרטורת המצע בטיפולים אלו היתה גבוהה יותר. זה כנראה הגורם העיקרי שהמשקל הטרי הסופי שהתקבל בניסוי II היה גבוה יותר באופן מובהק בתדירות ההשקיה הנמוכה ולפגיעה הגבוהה יותר בעלים בטיפולי תדירות ההשקיה הגבוהה (איור 1).

נפחי מי נקז שנאספו בניסוי II (איור 4, בנספח) במהלך שני ימים עוקבים 27-28 משתילה, היו לפי סדר המארזים בגובה  $10 > 20 > 30$  ס"מ לגבי תדירות ההשקיה הנמוכה, בעוד שבתדירות הגבוהה נפחים גבוהים יותר נאספו במארזים של 10 ס"מ. ההרכב הכימי של הנקזים מפורט בטבלה 6 בנספח.

#### **המשך המחקר**

ניסוי III של השנה הראשונה הסתיים ואנו עוסקים באנליזות של הצמחים ובאיסוף וניתוח כל התוצאות הרבות שהתקבלו. בשנה הקרובה אנו מתכוונים להמשיך במתכונת הנוכחית של הניסוי. בשלב הבא נבחן את השפעת נפח המצע במארזים בעלי גובה זהה על כל אותם מדדים שנבחנו בניסויים הקודמים. נקיים שלושה ניסויים במארזים החדשים עם חסה כצמח בוחן.

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.

מטרת המחקר בשנה זו היו לבחון את השפעת הגיאומטריה של מארזי מצע מנותק בנפח קבוע בשילוב עם רמות דשן ותדירויות השקיה שונות על מצב המים והטמפרטורות של המצעים ועל מדדי גידול של חסה כצמח בוחן. מטרת אלו היו חלק ממטרות תוכנית העבודה הכוללת ובהתאם לתכנון לשנה הראשונה.

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

צמחי חסה גודלו במצע של טוף (90%) וקומפוסט (10%). בוצע ניסוי גדול בחממה בחוות הבשור שחזרנו עליו בשלושה מחזורי גדול בעונות שונות (אביב, קיץ, סתיו). בניסוי נבחנו מארזים בעלי נפח זהה (4000 סמ"ק לצמח) בשלושה גבהים (10, 20, 30 ס"מ), שתי רמות דשן (50%, 100%) ושתי תדירויות השקיה (נמוכה (4-6) וגבוהה (12-18) פעמים ביום, מספר הפעמים לכל אחת מהתדירויות השתנה בהתאם לעונות השנה). הממצאים העיקריים בשני המחזורים הראשונים (אביב וקיץ) היו: במארזים בגובה 30 ס"מ נמדדו במצע טמפרטורות גבוהות מאשר במארזים של 10 ו-20 ס"מ. בנוסף, עליה בתדירות ההשקיה העלתה את הטמפרטורה במצע בעיקר במארזי הגבוה. תכולת המים שנמדדה בעומק של 5 ס"מ מהגבול העליון של המארזים הייתה גבוהה במארזים של 10 ס"מ יותר משני האחרים. ככל שתדירות ההשקיה הייתה גבוהה יותר המשרעת בין תכולת המים הגבוהה ביותר לנמוכה ביותר הייתה קטנה, כפי שהיה צפוי. בשני מחזורי הגדול יכול ואיכות החסה פחתו ככל שעלה גובה המארז, ואילו השפעות תדירות ההשקיה וריכוז הדשן לא היו במגמה קבועה בשני מחזורי הגדול. בימים אלו מתבצעות אנליזות כימיות של דוגמאות מהמחזור השלישי וניתוח של נתוני המדידות הנוספות. בשנת המחקר הבאה נבחן את השפעות נפח המארז כאשר גובה המארזים שווה בשילוב עם רמת הדשן ותדירות השקיה על התנאים במצע ועל היכול והאיכות של צמחי חסה.

#### 3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.

בשני הניסויים הראשונים ראינו השפעה ברורה של הגיאומטריה של המארזים על חלוקת המים ועל הטמפרטורה שהתפתחה במצע הגידול. ראינו הבדלים ביכול החסה ובקליטת יסודות ההזנה בהשפעת הגיאומטריה. השפעת תדירות ההשקיה הגבוהה על עליה בטמפרטורת המצע לא הייתה צפויה ונבעה מכך שצינורות ההשקיה המובילים היו חשופים לשמש והתחממו. לכן הוחלט לטמון אותם בקרקע במחזור הגדול הבא. בשני מחזורי הגדול הראשונים התקבלה בצמחים רמת אשלגן גבוהה מדי ולכן שינינו את הרכב תמיסת הדישון. בשלב זה התוצאות הראשוניות אינן מצביעות על צורך בעריכת שינויים בתוכנית המחקר בהמשך. אנו שוקלים את האפשרות לשנות את צמח המבחן נושא פרי בשנת המחקר האחרונה. בתוכנית המקורית צמח המבחן היה עגבנייה, אולם נראה לנו שבגלל ההבדל הגדול בגודל מערכת

השורשים בין חסה לעגבניה יהיה קשה להתאים הממצאים מניסוי החסה לעגבניה. לכן אנו שוקלים לבחון תות שדה כחלופה מתאימה יותר מבחינת גודל השורשים.

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

מערכות החיישנים (טמפ' עלים, Acclima וחיישני הנקזים) הותקנו באופן סופי במהלך הניסוי השני. בסופו התקבלו תוצאות פרלימטריות. בניסוי השלישי שתוצאותיו יופיעו בדו"ח הבא, כל המערכות פעלו באורח מלא ותקין לכל אורך הניסוי. יש ללמוד איך לעבד את מדידות נפחי מי הנקז ולייחסם לטיפולי הגיאומטריה השונים. יש לבחון את השפעת נפח המצע בנוסף לגובהו, ואת השלוב של גובה ונפח עם תדירות השקיה ורמת הדשן על מהלך הרטיבות והטמפרטורה במצע ועל יכול הצמחים ואיכותם. גורם האיכות העיקרי שנמצא בניסוי הוא החמת העלים ויש לבחון את הקשר בינו לבין המשתנים הסביבתיים הבלתי תלויים (רטיבות, טמפרטורה, ריכוז יסודות ההזנה, ה-pH וה-EC של המים) וגם עם מדדים צמחיים (ריכוזי סידן, מגנזיום ואשלגן בעלים והיחס ביניהם, ריכוזי סוכרים ועמילן בעלים).

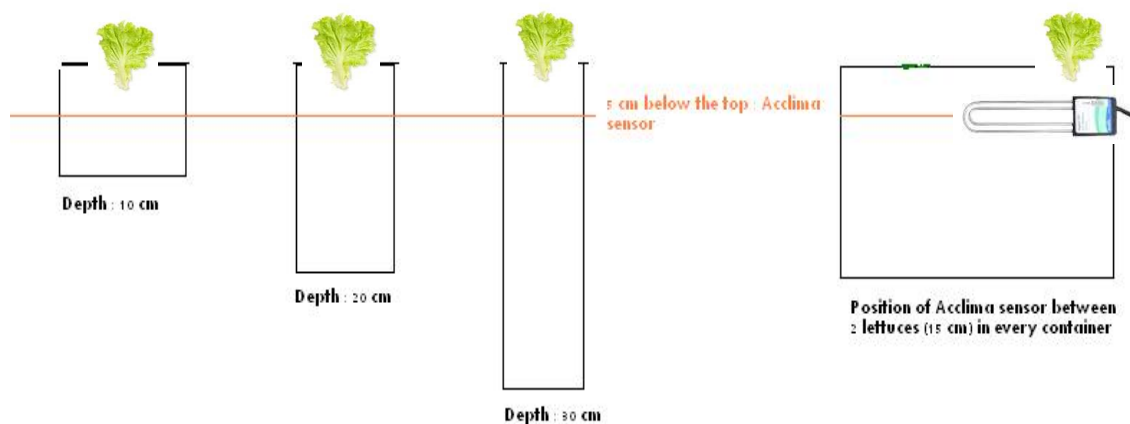
**5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח.**

עדיין לא כי המחקר בשלב מוקדם מדי להפצת ידע.

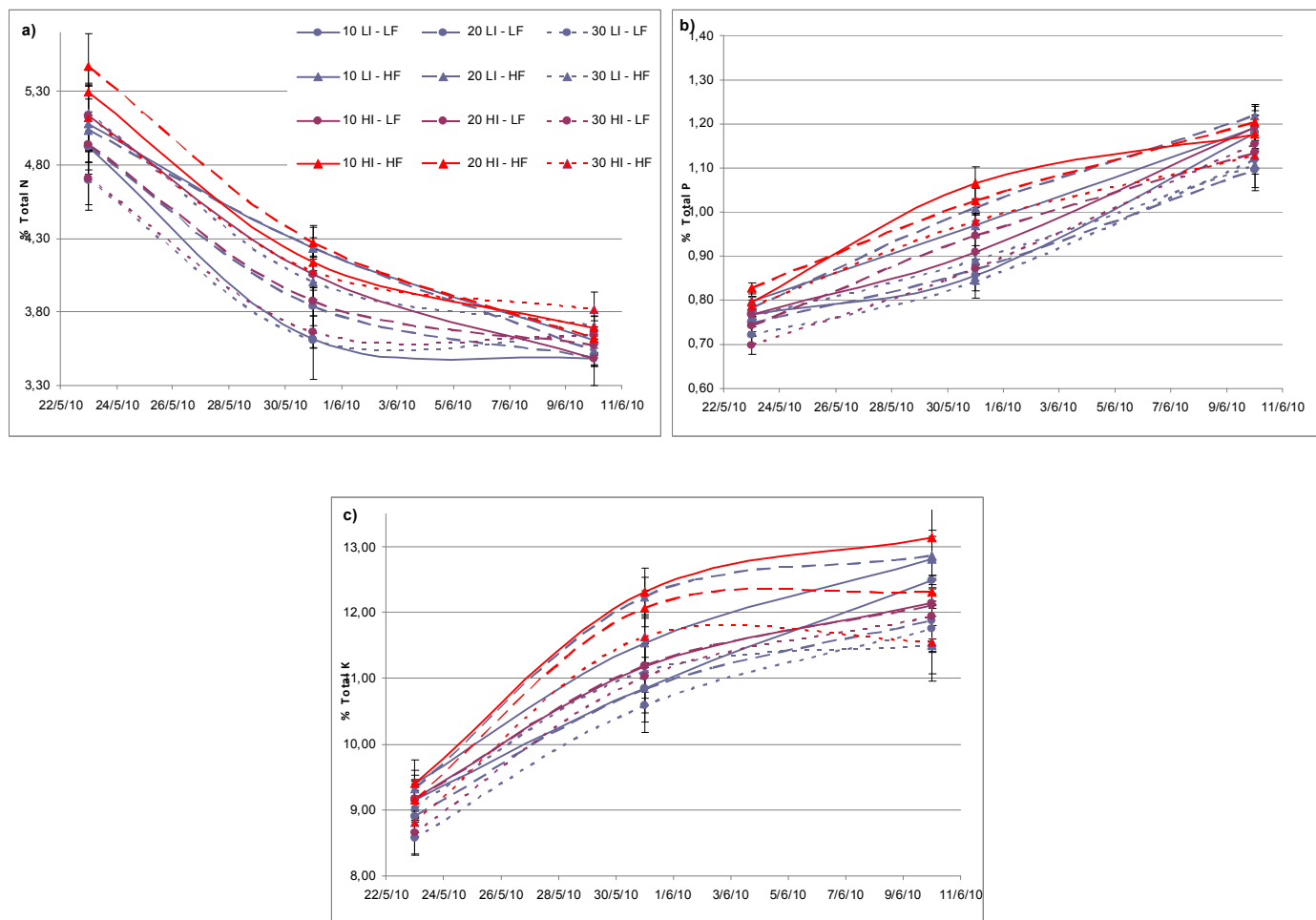
1. בר-יוסף, ב., אימס, פ., לבקוביץ, א., 1995. אגרוטכניקה לגידול ירקות ופרחים במצעים מנותקים, השפעת נפח, גיאומטריה וסוג המצע על התפתחות הצמח. דו"ח שנתי מוגש למדען הראשי של משרד החקלאות.
2. בר-יוסף, ב., קינן, מ., לבקוביץ, א., סוריאנו, ש., מרקוביץ, ט., 1996. תגובת מלון חממה לדישון לנפח, לגיאומטריה ולסוג 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-NO<sub>3</sub> 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

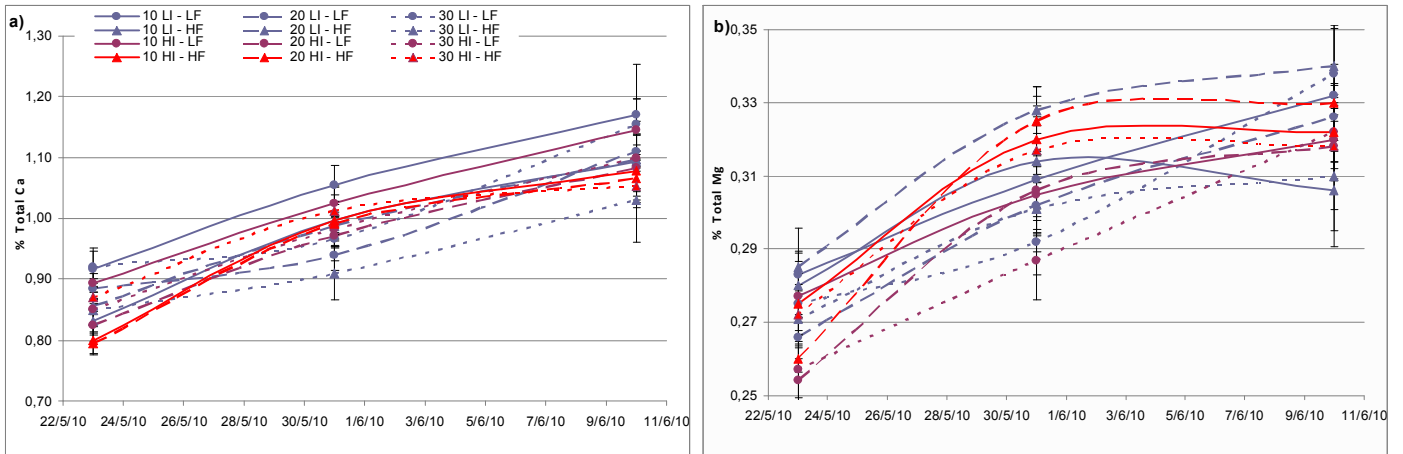
נספח



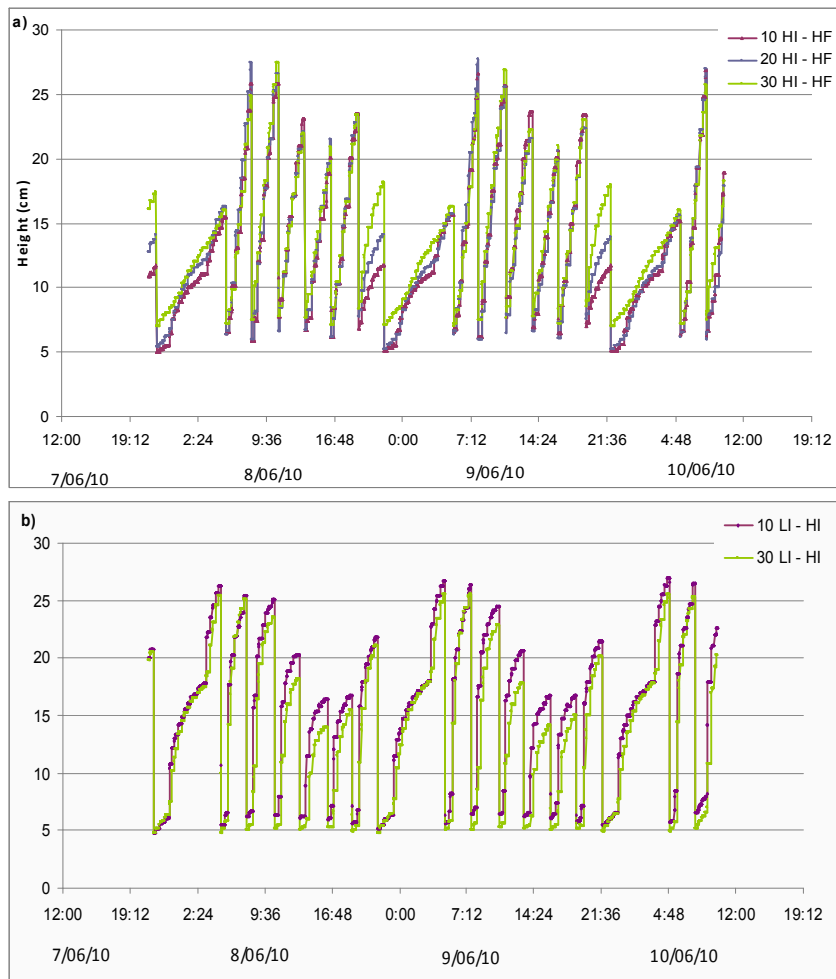
איור 1 – המארזים השונים ומיקום חיישני Acclima.



איור 2: ריכוזי יסודות הזנה בצמח במהלך תקופת הגידול בניסוי II (a) %N (b) %P (c) %K



איור 3: ריכוזי יסודות הזנה בצמח במהלך תקופת הגידול בניסוי II (a) %Ca (b) %Mg



איור 4: גובה מי הנקז (ס"מ) במיכלי האיסוף בניסוי II בימים 27-28 משתילה (a) בטיפולי תדירות השקייה גבוהה (b) בטיפולי תדירות השקייה נמוכה

טבלה 1: השפעת הגיאומטריה של המארז, תדירות ההשקייה ורמת הדשן על המשקל הטרי במהלך עונת הגידול בניסוי II

Treatment	FW total	FW total	FW total
	(gr/plant)	(gr/plant)	(gr/plant)
	23.05.10	31.05.10	10.06.10
10 LI - LF	17.92	125.13	424.53
20 LI - LF	15.78	108.83	408.70
30 LI - LF	16.91	96.25	398.41
10 LI - HF	19.25	131.91	410.02
20 LI - HF	19.17	117.67	423.95
30 LI - HF	15.65	121.48	371.20
10 HI - LF	16.05	107.4	392.84
20 HI - LF	16.76	111.37	358.83
30 HI - LF	15.48	99.38	358.73
10 HI - HF	15.42	141.16	414.77
20 HI - HF	18.61	119.94	413.76
30 HI - HF	16.35	126.06	388.36
<i>Mean of height</i>			
10 cm	17.16	126.40	410.54
20 cm	17.58	114.45	403.52
30 cm	16.10	110.79	379.17
<i>Mean of irrigation level</i>			
High	16.45	117.55	387.88
Low	17.45	116.88	407.75
<i>Mean of fertilization level</i>			
High	17.41	126.37	405.20
Low	16.48	108.06	390.34
<i>Source of variation P&gt; F</i>			
Height	0.4733	0.015	0.0071
Irrigation frequency	0.3273	0.879	0.0155



Fertilization 0.3654 0.0001 0.0606

טבלה 2: השפעת הגיאומטריה של המארוז, תדירות ההשקיה ורמת הדשן על יכולת החסה ואיכותה בתום עונת הגידול בניסוי I

<b>Treatment</b>	<b>FW total (gr)</b>	<b>DW total (gr)</b>	<b>Roots length (cm)</b>	<b>Infected leaves (nber)</b>
10 LI - LF	371.20	11.1	15.80	3.00
20 LI - LF	354.33	10.1	12.10	6.20
30 LI - LF	336.13	10.1	12.00	9.80
10 LI - HF	392.47	11.5	14	4
20 LI - HF	343.00	9.8	13.20	6.40
30 LI - HF	353.40	10.8	12.20	9.40
10 HI - LF	344.53	9.3	13.90	3.00
20 HI - LF	355.53	10.0	11.8	9.8
30 HI - LF	336.40	9.9	11.80	12.40
10 HI - HF	376.47	10.1	14.40	3.80
20 HI - HF	358.07	9.5	12.60	7.60
30 HI - HF	341.33	9.7	11.5	11.6
<i>Mean of height</i>				
10 cm	371.17	10.52	14.53	3.45
20 cm	352.74	9.86	12.43	7.50
30 cm	341.82	10.14	11.88	10.80
<i>Mean of irrigation level</i>				
High	352.06	9.76	12.67	8.03
Low	358.42	10.58	13.22	6.47
<i>Mean of fertilization level</i>				
High	360.79	10.25	12.98	7.13
Low	349.69	10.10	12.90	7.37
<i>Source of variation P&gt;</i>				
<i>F</i>				
Height	0.0178	0.1582	<.0001	<.0001
Irrigation frequency	0.3384	0.0271	0.1739	0.1243
Fertilization	0.1105	0.5307	0.8352	0.7334

טבלה 3: השפעת הגיאומטריה של המארז, תדירות ההשקיה ורמת הדשן על המשקל היבש של החסה, אורך השורשים ואיכותה בתום עונת הגידול בניסוי II

<b>Treatment</b>	<b>DW total (gr/plant)</b>	<b>Roots length (cm)</b>	<b>Infected leaves (nber/plant)</b>
10 LI - LF	12.92	25.56	15.40
20 LI - LF	12.08	23.24	20.40
30 LI - LF	12.82	26.20	23.20
10 LI - HF	13.28	23.36	25.60
20 LI - HF	12.53	27.80	25.40
30 LI - HF	12.44	22.92	27.80
10 HI - LF	11.30	24.58	18.60
20 HI - LF	10.95	27.24	24.40
30 HI - LF	10.89	24.62	26.20
10 HI - HF	11.63	23.18	22.20
20 HI - HF	13.43	25.26	26.80
30 HI - HF	13.36	23.32	28.60
<i>Mean of height</i>			
10 cm	12.28	24.17	20.45
20 cm	12.25	25.78	24.26
30 cm	12.38	24.27	26.45
<i>Mean of irrigation level</i>			
High	11.93	24.70	24.47
Low	12.69	24.74	22.93
<i>Mean of fertilization level</i>			
High	12.80	24.19	26.14
Low	11.83	25.24	21.37
<i>Source of variation P&gt; F</i>			
Height	0.9793	0.449	0.0004
Irrigation frequency	0.1147	0.9049	0.2178
Fertilization	0.0484	0.4484	0.0002

טבלה 4: השפעת הגיאומטריה של המארז, תדירות ההשקיה ורמת הדשן על רמת יסודות ההזנה בצמח השלם בתום עונת הגידול בניסוי I

Treatments	N	P	K	Ca	Mg
%					
<i>Total</i>					
10 LI - LF	3.45	1.17	15.29	1.44	0.46
20 LI - LF	3.61	1.15	14.69	1.31	0.44
30 LI - LF	3.41	1.12	14.03	1.49	0.45
10 LI - HF	3.81	1.07	14.13	1.32	0.42
20 LI - HF	3.63	1.20	14.59	1.24	0.43
30 LI - HF	3.71	1.12	13.43	1.37	0.44
10 HI - LF	3.28	1.26	14.39	1.48	0.47
20 HI - LF	3.46	1.14	13.78	1.27	0.44
30 HI - LF	3.67	1.16	12.83	1.19	0.39
10 HI - HF	3.49	1.21	14.88	1.63	0.44
20 HI - HF	3.60	1.24	13.53	1.27	0.43
30 HI - HF	3.57	1.18	13.24	1.26	0.44
<i>Mean of height</i>					
10 cm	3.52	1.17	14.71	1.49	0.45
20 cm	3.58	1.18	14.21	1.26	0.43
30 cm	3.59	1.15	13.38	1.33	0.43
<i>Mean of irrigation level</i>					
High	3.52	1.20	13.75	1.36	0.44
Low	3.60	1.14	14.36	1.36	0.44
<i>Mean of fertilization level</i>					
High	3.64	1.17	13.92	1.35	0.43
Low	3.49	1.16	14.23	1.37	0.44
<i>Source of variation P&gt;</i>					
<i>F</i>					
Height	0.766	0.5401	0.0417	0.0214	0.2981
Irrigation frequency	0.3587	0.0502	0.198	0.9444	0.8937

Fertilization	0.1313	0.8509	0.4686	0.8307	0.4454
---------------	--------	--------	--------	--------	--------

טבלה 5: השפעת הגיאומטריה של המארוז, תדירות ההשקיה ורמת הדשן על רמת יסודות ההזנה בצמח השלם בתום עונת הגידול בניסוי II

<b>Treatments</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
	%				
	<i>Total</i>				
10 LI - LF	3.482	1.2	12.48	1.17	0.33
20 LI - LF	3.488	1.1	11.88	1.11	0.33
30 LI - LF	3.642	1.1	11.76	1.15	0.34
10 LI - HF	3.604	1.19	12.818	1.094	0.306
20 LI - HF	3.54	1.218	12.86	1.10	0.34
30 LI - HF	3.704	1.1	11.50	1.03	0.31
10 HI - LF	3.478	1.2	12.15	1.15	0.32
20 HI - LF	3.57	1.136	12.116	1.084	0.318
30 HI - LF	3.64	1.2	11.94	1.10	0.32
10 HI - HF	3.692	1.176	13.13	1.08	0.32
20 HI - HF	3.622	1.2	12.31	1.07	0.33
30 HI - HF	3.818	1.128	11.55	1.054	0.318
	<i>Mean of height</i>				
10 cm	3.56	1.18	12.65	1.12	0.32
20 cm	3.56	1.16	12.29	1.09	0.33
30 cm	3.70	1.13	11.69	1.08	0.32
	<i>Mean of irrigation level</i>				
High	3.64	1.17	12.20	1.09	0.32
Low	3.58	1.15	12.22	1.11	0.33
	<i>Mean of fertilization level</i>				

High	3.66	1.17	12.36	1.07	0.32
Low	3.55	1.15	12.06	1.13	0.33
<i>Source of variation P&gt;</i>					
<i>F</i>					
Height	0.0794	0.1609	0.0073	0.5215	0.6219
Irrigation frequency	0.3044	0.5812	0.9413	0.4646	0.6229
Fertilization	0.0557	0.3277	0.2034	0.0533	0.5030

טבלה 6: הרכב כימי של דוגמאות נקזים וטפטפות במהלך ניסוי II

	16/05/2010						25/05/2010						31/05/2010					
	N-NH4 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	K mg/l	pH	EC mmho	N-NH4 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	K mg/l	pH	EC mmho	N-NH4 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	K mg/l	pH	EC mmho
<i>Dripper LF</i>	0.3	44.3	12.1			0.71	0.4	49.9	13.5	65	6.03	0.822	0.3	46.9	12.9	60	6.11	0.734
<i>Dripper HF</i>	4.3	42.4	12.8	64	7.20	0.74	7.2	93.6	28.4	145	6.16	1.288	5.9	88.0	27.1	130	5.81	1.17
<i>10 LI - LF</i>	0.0	51.8	12.2	65	7.50	1.02	0.3	48.0	13.2	75	7.51	0.956	0.1	23.1	10.2	45	7.68	0.748
<i>20 LI - LF</i>	0.0	53.0	12.9	67.5	7.60	1.02	0.5	47.8	14.3	80	7.41	0.986	0.1	26.8	10.8	45	7.58	0.76
<i>30 LI - LF</i>	0.2	53.9	12.8	67.5	7.75	1.08	0.3	48.6	14.8	80	7.63	0.984	0.1	28.1	11.7	50	7.76	0.812
<i>10 LI - HI</i>	0.2	55.8	14.8	87.5	7.55	1.04	0.3	98.9	24.8	137.5	7.16	1.428	0.1	80.1	20.4	115	7.37	1.255
<i>20 LI - HI</i>	0.2	54.8	12.5	70	7.76	1.06	0.2	91.4	25.6	140	7.33	1.417	0.1	82.0	22.6	125	7.48	1.282
<i>30 LI - HI</i>	0.0	63.4	16.3	110	7.64	1.20	0.2	99.1	25.2	140	7.21	1.447	0.1	84.4	20.3	125	7.44	1.317
<i>10 HI - LF</i>	0.1	50.0	11.8	60	7.60	0.97	0.2	43.8	12.8	75	7.56	0.935	0.1	21.7	9.92	42.5	7.8	0.736
<i>20 HI - LF</i>	0.1	53.8	13.5	80	7.61	1.10	0.2	44.4	14.2	80	7.74	0.945	0.1	26.0	11.9	50	7.89	0.805
<i>30 HI - LF</i>	0.3	53.8	12.8	75	7.67	1.11	0.2	45.6	15	82.5	7.68	0.958	0.1	25.8	12.3	55	7.91	0.812
<i>10 HI - HF</i>	0.2	56.6	14.6	90	7.54	1.07	0.2	94.0	24.4	145	7.12	1.416	0.1	80.3	20.2	125	7.5	1.301
<i>20 HI - HF</i>	0.1	59.0	15.1	95	7.54	1.11	0.2	89.7	25.2	145	7.17	1.419	0.1	87.6	22.7	130	7.39	1.352
<i>30 HI - HF</i>	0.0	62.9	16.9	122.5	7.60	1.26	0.2	97.1	25.8	157.5	7.3	1.501	0.1	86.7	21.3	150	7.6	1.405