

**משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר  
לקרן המדען הראשי**

<b>קוד זיהוי</b>	<b>א. נושא המחקר (בעברית)</b>
<b>20-13-0010</b> (15 - 0526 - 304)	שינויים דינמיים בתכונות של רשתות צל והשפעתם על משטרי ההשקיה והדישון: בננה בבית רשת כגידול מודל

<b>ג. כללי</b>		
<b>מוסד מחקר של החוקר הראשי</b>		
מינהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני		
<b>תאריכים</b>	<b>סוג הדו"ח</b>	
<b>תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון</b>	<b>שנת הדו"ח</b>	
שנה / חודש	<b>תקופת המחקר</b>	<b>שנת המחקר:</b> <b>שנת מחקר/</b> <b>סה"כ שנים</b>
	<b>עבורה מוגש הדו"ח</b>	
	התחלה	
שנה / חודש	סיום	
06 / 2016	שנה / חודש	שנה / חודש
	04 / 2016	05 / 2015

<b>ב. צוות החוקרים</b>		
<b>שם פרטי</b>	<b>שם משפחה</b>	<b>חוקר ראשי</b>
שבתאי	כהן	
<b>חוקרים משניים</b>		
1	טנאי	
2	גלפז	
3	ישראלי	
4	זילבר	
5		
6		
7		

<b>ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח</b>		
<b>שם מקור המימון</b>	<b>קוד מקור מימון</b>	<b>סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים</b>
קרן המדען הראשי	020382	130000

<b>ה. תקציר</b> שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתיבת דיווחים
<p><u>הצגת הבעיה:</u> רוב גידול הבננות בארץ עבר לבתי רשת, כאשר מקובל בעמק הירדן להפחית באופן קבוע כ- 25% ממנות ההשקיה המקובלות בשטח פתוח ובגליל המערבי ובחוף הכרמל כ 10%. היחס בין התאדות בתוך ומחוץ יורד במשך העונה ובמקביל יש ירידה ביחס בין קרינת שמש פנים-חוץ הנובע בעיקר מהצטברות אבק על הרשת. אנו מניחים שאם ניקח בחשבון שינויים אלה ניתן לשפר את יעילות השימוש במים.</p> <p><u>מטרות המחקר:</u> פיתוח משטרי השקיה ודישון לצמחים בבתי רשת, שייקחו בחשבון שינויים דינמיים במיקרואקלים הנובעים משינויים בתכונות הרשת ומתחשבים גם בשינויים אפשריים בדרישות ההזנה של הצמח לאורך העונה ובהשפעת ההצללה. כמו כן למדוד התנהגות מוליכות הפיוניות והנוף במשטרי הצללה.</p> <p><u>שיטות עבודה:</u> הניסוי מדרום לכינרת ב-3 שטחים, אחד מכוסה ברשת 10% המקובלת בבננות, השני ברשת 20% והשלישי ללא רשת (ביקורת). הבנייה הסתיימה ביוני 2015, התקנת חיישנים ביולי ושתילה באוגוסט. השקיה לפי המקובל עד אמצע מרץ 2016 ולאחר מכן שני טיפולים: (1) לפי טבלאות (2) לפי הת-דיות מחושבת פנמן-מונטית על בסיס נתונים שנמדדים בכל חלקה. בנוסף, בוצעו הכנות להתקנת מערכות זרימה בגזעולים ופרישת רשתות לאיסוף, אפיון וכימות אבק.</p> <p><u>תוצאות עיקריות לתקופת הדוח הנידון:</u> הניסוי נבנה ומתבצע לשביעות רצוננו. עד מרץ התפתחו הבדלים קלים אך מובהקים בצמיחה מתחת לרשתות. מתחילת הפעלת טיפולי השקיה לפני שלושה חודשים הנתונים המטאורולוגים זורמים באינטרנט. מתפתחים הבדלים במנות ההשקיה המהווים הפרשים של עד 32%.</p> <p><u>מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:</u> אין מניעה מלהמשיך את הניסוי. מדידות פיסיולוגיות נוספות נדחו להמשך העונה הנוכחית כדי שיבוצעו בתקופת שיא ההשקיה. יבולים ראשונים ידווחו שנה הבאה.</p>

**ו. אישורים**

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן

חוקר ראשי	מנהל המחלקה	מנהל המכון (פקולטה)	אמרכלות (רשות המחקר)	רשות המחקר	תאריך (שנה) (חודש) (יום)
-----------	-------------	---------------------	----------------------	------------	--------------------------

דו"ח שנתי (שנה א') לתכנית מחקר מספר **20-13-0010** (304-0526-15)  
 שינויים דינמיים בתכונות של רשתות צל והשפעתם על משטרי ההשקיה והדישון: בננה  
 בבית רשת כגידול מודל

Influence of dynamic changes in shade screen properties on irrigation and  
 fertilization: Screenhouse bananas as a model

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

שבתאי כהן, יוסף טנאי: המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי

נבות גלפז: צמח נסיונות ומו"פ צפון

יאיר ישראלי, אבנר זילבר: מו"פ צפון

**Shabtai Cohen, Josef Tanny**, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences,  
 ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250. [tanai@volcani.agri.gov.il](mailto:tanai@volcani.agri.gov.il);  
[vwshep@volcani.agri.gov.il](mailto:vwshep@volcani.agri.gov.il)

**Navot Galpaz, Yair Israeli, Avner Zilber**, Northern R&D. Email: [yairi@zemach.co.il](mailto:yairi@zemach.co.il);  
[avnsil@agri.gov.il](mailto:avnsil@agri.gov.il); [navot.galpaz@mail.huji.ac.il](mailto:navot.galpaz@mail.huji.ac.il)

יוני 2016

סיון תשע"ו

**הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים.**

**הממצאים אינם מהווים המלצות לחקלאים.**

חתימת החוקר:

ניסויי השדה, עיבוד הנתונים והכנת הדו"ח נעשו בעזרתם של:

ויקטור לוקיינוב, דניאל חדד, אורי אחימן, ואינדירה פאודל

**עמוד**

**תוכן עניינים**

2	.....	תקציר
2	.....	מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח
4	.....	פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח
9	.....	דיון
11	.....	סיכום עם שאלות מנחות

## תקציר

הצגת הבעיה: רוב גידול הבננות בארץ עבר לבתי רשת, כאשר מקובל בעמק הירדן להפחית באופן קבוע כ- 25% ממנות ההשקיה המקובלות בשטח פתוח ובגליל המערבי ובחוף הכרמל כ 10%. היחס בין התאדות בתוך ומחוץ יורד במשך העונה ובמקביל יש ירידה ביחס בין קרינת שמש פנים-חוץ הנובע בעיקר מהצטברות אבק על הרשת. אנו מניחים שאם ניקח בחשבון שינויים אלה ניתן לשפר את יעילות השימוש במים.

מטרות המחקר: פיתוח משטרי השקיה ודישון לצמחים בבתי רשת, שייקחו בחשבון שינויים דינמיים במיקרואקלים הנובעים משינויים בתכונות הרשת ומתחשבים גם בשינויים אפשריים בדרישות ההזנה של הצמח לאורך העונה ובהשפעת ההצללה. כמו כן למדוד התנהגות מוליכות הפיוניות והנוף במשטרי הצללה.

שיטות עבודה: הניסוי מדרום לכינרת ב-3 שטחים, אחד מכוסה ברשת 10% המקובלת בבננות, השני ברשת 20% והשלישי ללא רשת (ביקורת). הבנייה הסתיימה ביוני 2015, התקנת חיישנים ביולי ושתילה באוגוסט. השקיה לפי המקובל עד אמצע מרץ 2016 ולאחר מכן שני טיפולים: (1) לפי טבלאות (2) לפי הת-דיות מחושבת פנמן-מונטית על בסיס נתונים שנמדדים בכל חלקה. בנוסף, בוצעו הכנות להתקנת מערכות זרימה בגזעולים ופרישת רשתות לאיסוף, אפיון וכימות אבק.

תוצאות עיקריות לתקופת הדוח הנידון: הניסוי נבנה ומתבצע לשביעות רצונו. עד מרץ התפתחו הבדלים קלים אך מובהקים בצמיחה מתחת לרשתות. מתחילת הפעלת טיפולי השקיה לפני שלושה חודשים הנתונים המטאורולוגים זורמים באינטרנט. מתפתחים הבדלים במנות ההשקיה המהווים הפרשים של עד 32%.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות: אין מניעה מלהמשיך את הניסוי. מדידות פיסולוגיות נוספות נדחו להמשך העונה הנוכחית כדי שיבוצעו בתקופת שיא ההשקיה. יבולים ראשונים ידווחו שנה הבאה.

## מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח

כיום יש בארץ ובעולם ידע רב על דרישות ההשקיה של גידולים חשופים, אשר מתבססת על

התאדות פוטנציאלית מנתונים מטאורולוגיים או גיגית, מותאמים למצב הגידול בעזרת מקדמים אמפיריים לשטח פתוח והיזון חוזר מטנסיומטרים בקרקע או ליזימטרים במצע מנותק. לעומת זאת

הידע על השקיה של גידולים מכוסים מועט, ומוגבל למספר גידולים באזורים ספציפיים (Möller, (Moratiel & Martínez-Cob, 2012) Tanny, Li, & Cohen, 2004; Haijun et al., 2015).

דרישות ההשקיה של גידולים חקלאיים נקבעות לפי מספר גורמים: סוג הגידול, המיקרואקלים,

סוג הקרקע ואיכות המים. הגידול תחת רשת משנה את המיקרואקלים של הצמחים, ומספר מחקרים קודמים הראו שינויים אלה וכן את האפשרות של הגדלת יעילות השימוש במים תחת רשתות (Tanny, )

(2013). במחקר שערכנו בגידול בננה בבתי רשת בעמק הירדן (טנאי וחובריו, דו"ח מסכם 0285-304,

2009) מצאנו כי ניתן להפחית את ההשקיה בכ – 30%, בהשוואה לגידול חשוף, וזאת ללא פגיעה

משמעותית ביבול, ועם שיפור באיכות. ממצאי מחקר זה משמשים היום כהנחיות השקיה למגדלים באזור. מחקר אחר שביצענו במטע תפוח מכוסה ברשת (דו"ח מסכם למדען הראשי מס' 304-0326, 2011) הראה שבמנת ההשקיה המרבית הייתה הפחתה של כ 10-15% בקצב זרימת המים בגזע של עצים מכוסים לעומת עצים חשופים, ללא הבדל ביבול. במחקר שביצענו בכרם ענבי מאכל מכוסה ברשת בבקעת הירדן (Pirkner, Dicken, & Tanny, 2014), נמדדה האוופוטנספירציה של כלל הגידול, והתוצאות הושוּו עם מספר מודלים ממשפחת פנמן-מונטית. המודל שהיה בהתאמה הטובה ביותר עם המדידות, הוצג כמודל המומלץ לחיזוי האוופוטנספירציה בתנאים שנבדקו. כמו כן נבנה מערך קשרים בין תנאי אקלים פנימיים וחיצוניים המאפשר יישום של המודל לפי תנאים חיצוניים מדודים בתחנה מטאורולוגית תקנית, הזמינה לחקלאים.

במחקר שערכה קבוצת המחקר שלנו על תצרוכת המים של פלפל בבית רשת 50 מש נמדדה האוופוטנספירציה של כלל הגידול והטרנספירציה של הצמחים בשיטות קורלציית הערבולים וזרימת המים בגבעול, בהתאמה, עם התאמה טובה בין השיטות. פותח מודל פנמן-מונטית מותאם לבית הרשת והערכים המחושבים היו בהתאמה טובה עם המדידות (Möller et al., 2004). תצרוכת המים לגידול פלפל חשוף בתנאי אקלים חיצוני חושבה באופן תיאורטי. הממצאים הראו כי בגידול המכוסה האוופוטנספירציה הייתה נמוכה בכ – 50% בהשוואה לערך המחושב לגידול החשוף. בארץ חלה בעשור האחרון מהפכה ורוב גידול הבננות עבר לבתי רשת, בעיקר כדי לצמצם את צריכת המים של הגידול, בהסתמך על העבודות שלנו (שנסקרו לעיל) וניסיון בפועל בשטח, ולשפר את היבול. מקובל להשתמש ברשת לבנה "שקופה" (10%-13% צל) ובעמק הירדן להפחית כ- 25 או 30% ממנות ההשקיה המקובלות בשטח פתוח. אפילו עם החיסכון הנ"ל צריכת המים של בננות בבתי רשת בעמה"י גבוהה מאוד (כ-1650 מ"ק לדונם לשנה) ומדובר במים שפירים. מנה זאת מורכבת מכ-60 אחוז אוופוטנספירציה ו-40% מקדם שטיפה. בגליל המערבי ובחוף הכרמל הפחתת ההשקיה תחת הרשת קטנה יותר (עד 10%). המלצות אלו תקפות לכל עונת הגידול ואינן מתחשבות בשינויים עונתיים בתכונות הרשת. בדיקות שנעשו בשנים האחרונות הצביעו כי בתקופת החורף והאביב היחס בהתאדות מגיגית בין בית רשת לשטח פתוח (מחקרי בננות-מים מותפלים, צמח עמק הירדן) היה כ- 0.8-0.9 אולם הוא ירד לפחות מ – 0.5 בסוף הקיץ ובסתיו. היחס הממוצע בעונת ההשקיה העיקרית, מאי-נובמבר, עמד על כ – 0.6. תופעה דומה נמדדה גם ביחס עצמת הקרינה הגלובלית שירד בצורה קבועה לאורך העונה היבשה. סיבות אפשריות לתופעות אלה הן: (א) שינויים בתכונות האופטיות של הרשת כתוצאה מהצטברות אבק במהלך העונה; (ב) שינויים עונתיים במקדם ההפחתה של הרוח בבית הרשת כתוצאה מעלייה בחיכוך בעקבות שינויים בעצמת הרוח; (ג) שינויים עונתיים בזווית הקרינה. מכאן, הפחתה אחידה ממנת ההשקיה למטע בננות בבית רשת ביחס למטע דומה בשטח פתוח עלולה להביא להשקיית חסר ולפגיעה ביבול בראשית עונת הגידול (מרץ-מאי) ואילו בהמשך העונה (יולי ואילך) להשקיה בעודף העלולה להביא לנזק (עקב מחסור באוויר) ולא לבזבז מים משמעותי.

### מטרות המחקר כפי שהופיעו בהצעה המקורית:

פיתוח משטרי השקיה ודישון לצמחים בבתי רשת, שייקחו בחשבון שינויים דינמיים במיקרוקלים הנובעים משינויים בתכונות הרשת ומתחשבים גם בשינויים אפשריים בדרישות ההזנה של הצמח לאורך העונה ובהשפעת ההצללה. בנוסף למטרה החקלאית, עולים סימני שאלה לגבי ההתנהגות של מוליכות העלים (הפיוניות) והנוף (canopy) במשטרי הצללה כפי שצויין לעיל. לכן ברצוננו להוסיף סדרת מדידות שיפענחו את הנקודה הזאת והסיבות למהלך היומי התמוה של מוליכות הנוף בבננה.

המטרות העיקריות לשנה א': א. הקמת מערך הניסוי ב"צמח ניסיונות" כולל שתילת מטע בבנות חדש, הקמת בתי רשת מתאימים, מערך של חיישנים מטאורולוגיים לאיפיון ההבדלים באקלים בין שתי הרשתות והשטח הפתוח ברמה שנוכל לחשב הת-דיות פוטנציאלית לפי נוסחת פנמן-מונטית לכל אחד משלושת המצבים, מערכות ההשקיה מתאימות, ופרמטרי גידול לפיסיולוגיה לטיפולים. הפרוייקט דרש הטמעת פתרון טכנולוגי להזרמת נתוני הת-דיות באופן מיידי דרך האינטרנט.

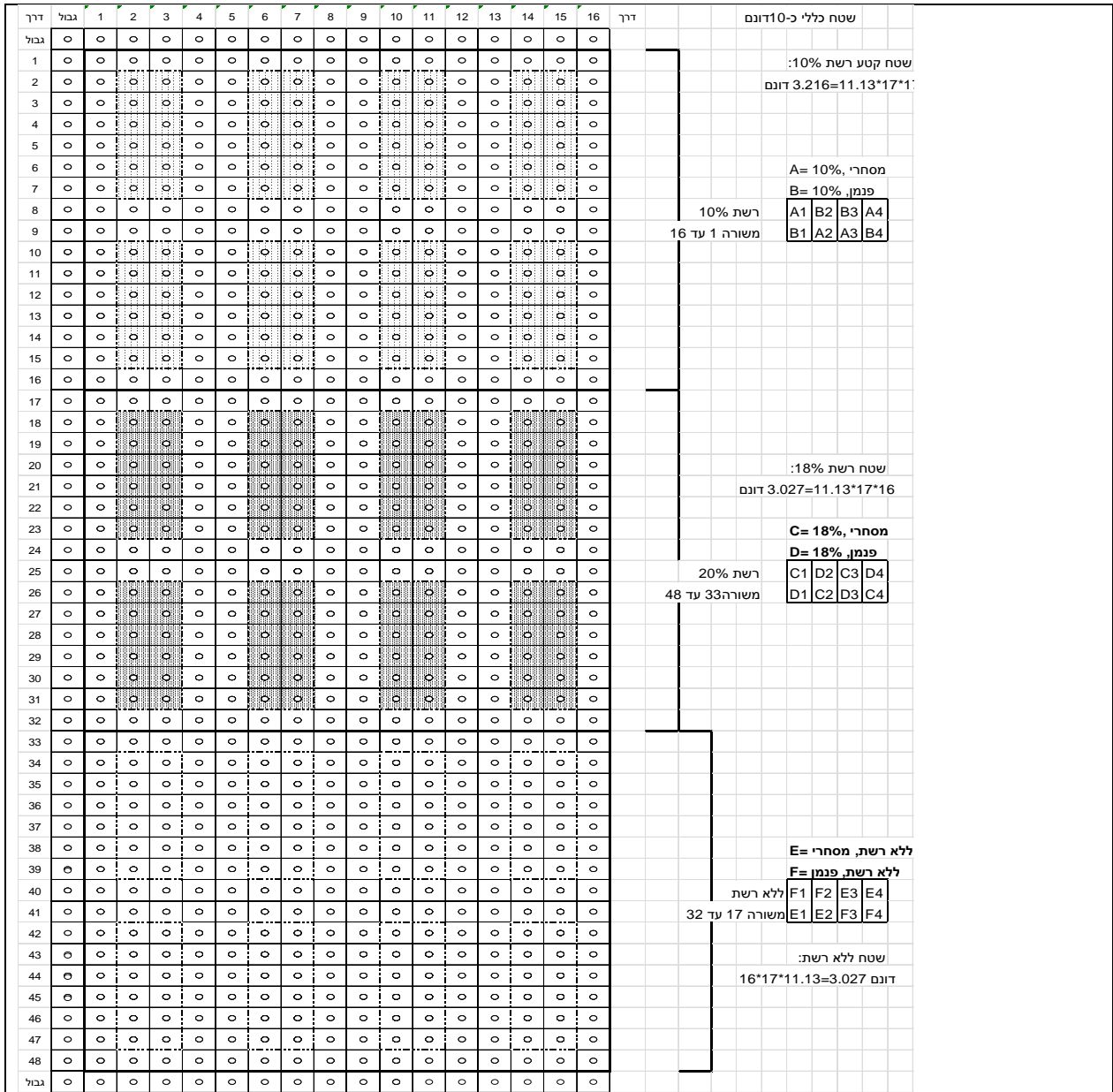
### פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח

#### מערך הניסוי וטיפולי ההשקיה:

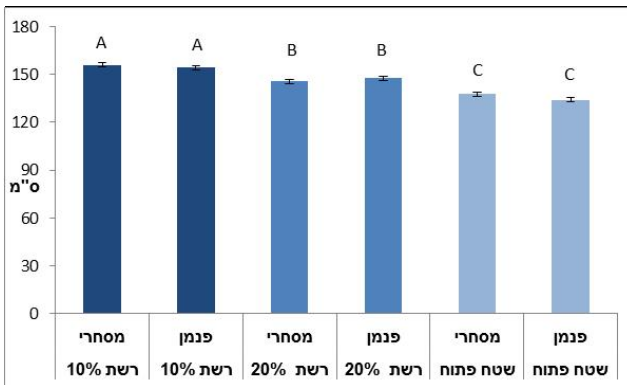
הניסוי בתחנת "צמח ניסיונות" מדרום לכינרת בשטח פתוח ובשני שטחים לידו כאשר אחד מהשניים מכוסה ברשת 10% המקובלת בבננות והשני מכוסה ברשת 20%. כל אחד מהשטחים הוא 3 דונם עם בתי בננות של 11.1 מ"מ כל אחד. כל שטח מחולק ל-8 חלקות בעלי 32 בתים כ"א. מפת השטח מובאת באיור 1. בניית המבנים וכיסוי ברשתות הסתיימו ביוני 2015, התקנת תחנות לניטור אקלימי רלוונטי בכל שטח בנפרד ביולי ושתילה באוגוסט 2015 (איור 2). ההשקיה בכל שטח הייתה לפי המקובל בבננות עד ה-16 למרץ 2016 ולאחר מכן ההשקיה בכל שטח ניתנה לפי טבלאות המקובלות לאותו מבנה וגם השקיה לפי הת-דיות מחושבת לפי נוסחת פנמן-מונטית על בסיס נתונים שנמדדים בשטח. הכוונת ההשקיה נערכה לפי הת-דיות פנמן של היום הקודם. בנוסף, בוצעו הכנות להתקנת מערכות מדידת זרימה בגזעולים ופריסת רשתות לאיסוף, איפיון וכימות אבק.

#### טיפולים:

- A. רשת 10%, השקיה משקית לפי טבלה עם מקדם כל עשרת
- B. רשת 10%, השקיה לפי פנמן-מונטית תחת הרשת בהכוונה יום-יומית
- C. רשת 18%, השקיה משקית לפי טבלה עם מקדם כל עשרת
- D. רשת 18%, השקיה לפי פנמן-מונטית תחת הרשת בהכוונה יום-יומית
- E. ללא רשת, השקיה משקית לפי טבלה עם מקדם כל עשרת
- F. ללא רשת, השקיה לפי פנמן-מונטית בחלקת הביקורת בהכוונה יום-יומית

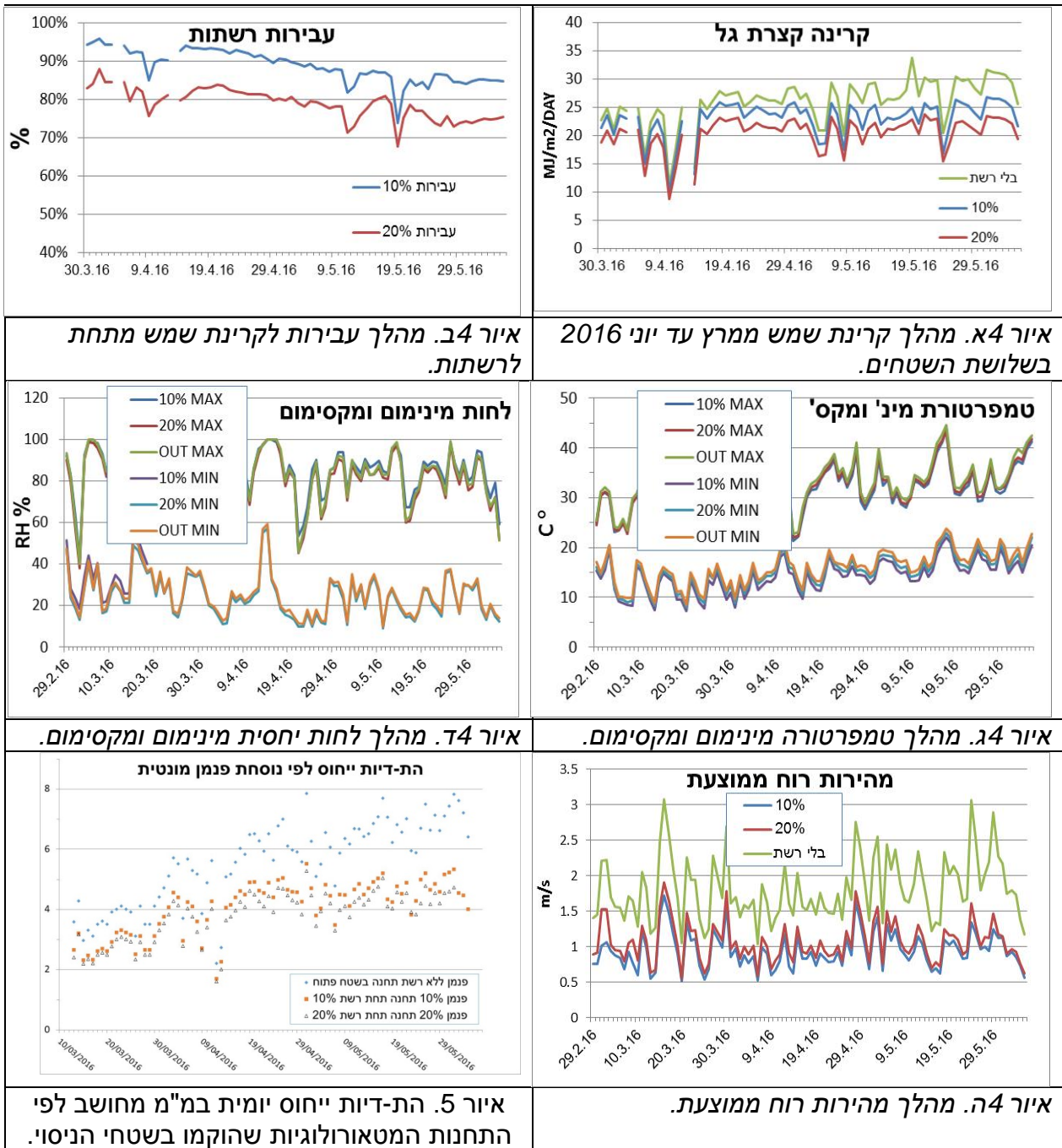


איור 1. מבנה הניסוי ב"צמח נסיונות". כל תא מציין בית של בנות.



איור 3. גובה צמחים בניסוי לפני פיצול השקיה, בפברואר 2016. אותיות מעל לעמודות מצינות הבדלים מובהקים ומיון לפי מבחן Tukey HSD.

איור 2: בית הרשת באמצע אוגוסט, 2015, לאחר השתילה. ניתן לראות את שתי הרשתות. תחנה מטאורולוגית אחת מוקפת בעיגול אדום.



### מדידות מיקרו-מטאורולוגיות

בשלושת השטחים הוצבו חיישנים מטאורולוגיים המאפשרים חישוב הת-דיות ייחוס לפי נוסחת פנמן-מונטית. הוצב מד רוח, חיישני טמפרטורה ולחות אוויר, מד קרינה נטו ומד קרינה גלובאלית. החיישנים הוצבו בגובה של כחצי מטר מתחת לרשת, כדי לאפשר מדידות רציפות בתקופת גידול הצמחים, שכבר ביוני 2016 (זמן כתיבת הדו"ח הזה) מתקרבים לגובה הרשת. החיישנים מדדו ברציפות מאמצע אוגוסט 2015 עד למועד כתיבת הדו"ח. נערכה מדידה כל שניה, וערכים ממוצעים של 15 דקות נרשמו

באוגר נתונים. בנוסף, קיימת תחנה מטאורולוגית סטנדרטית של השרות המטאורולוגי בתחנת המחקר ושתי גיגיות למדידת התאדות, אחת בחוץ ואחת בתוך בית רשת סמוך, בגובה 4 מ' שהוצבה שם לראשונה עבור פרוייקט קודם שלנו בתחנה לפני כ-10 שנים. התחנה של השרות המטאורולוגי שייכת לרשת תחנות המקושרות לאתר אינטרנט של היחידה האגרו-מטאורולוגית של אגף שימור קרקע של משרד החקלאות המנוהל ע"י מרק פרל וניתן לראות את הנתונים שלו בצורה מקוונת באתר [www.meteo.co.il](http://www.meteo.co.il). שלושת התחנות שלנו גם חוברו לרשת של משרד החקלאות ומופיעות כתחנות מחקר באתר הנ"ל.

הת-דיות ייחוס מחושבת באתר של משרד החקלאות לפי נוסחא יומית. אנחנו אימצנו את אותה נוסחא כאשר מדדי עננות גזרנו מחישובים על בסיס התחנה שלנו בשטח ללא רשת.

### **תוצאות עיקריות**

איור 3 מראה את הגובה של הצמחים לפני פיצול ההשקיה בין הטיפולים בפברואר 2016. ההשפעה של הרשתות על הצמיחה נראית באופן ברור ומובהק, כאשר הצמיחה הכי מהירה מתחת לרשת 10%, והכי איטית בשטח ללא רשת.

איורים 4 מציגים מהלכים של נתונים מטאורולוגיים בשלושת השטחים מסוף מרץ (כשבועיים אחרי תחילת פיצול טיפולי ההשקיה) ועד לתחילת חודש יוני 2016 וטבלה 1 מציגה ממוצעים, סטיות תקן ומגמות השינוי עם הזמן של פרמטרים רלוונטים. אירועי גשם אחרונים השנה בצמח היו ב- 14-16 מרץ (10 מ"מ), 17 מרץ (9 מ"מ) ו-12-13 אפריל (19 מ"מ). אלה ניקו את הרשתות, כפי שניתן לראות באיור 4, המציג את מהלך הקרינה הגלובאלית. עם העליה בקרינת שמש בתקופה לאחר הגשמים האחרונים חלה ירידה הדרגתית בעבירות הרשת (איור 4ב), כך שקרינת השמש מתחת לרשתות כמעט ולא השתנה, ככל הנראה עקב הצטברות אבק על הרשתות. איורים 4ג ו-4ד מראים את המהלך של טמפרטורות ולחות יחסית מינימום ומקסימום יומי. ביום וגם בלילה קצת יותר חם בחוץ מאשר מתחת לרשתות. ההבדל הכי גדול הוא בין מתחת לרשת 10% לבחוץ בלילה, שההפרש בממוצע הוא 1.8 מ"צ (טבלה 1). הבדלים בלחות בין הטיפולים מעורבים כאשר מתחת לרשת 10% הלחות גבוהה מבחוץ, ומתחת לרשת 20% הלחות נמוכה יותר. סטיית התקן בטבלה 1 מחושבת על בסיס הבדלים בין ימים ואיננו משקף נכון את ההבדלים במקום בתוך השטחים מכיוון שמדדנו במקום אחד בכל שטח. אבל ניתן להניח שהבדל זה נובע מהבדלים במיקום השטחים ולא מהרשת. נתוני רוח מובאים באיור 4 ובטבלה 1. הירידה הממוצעת ברוח היא 48% עבור הרשת 10% ו-41% עבור 20%. הת-דיות ייחוס לפי נוסחת פנמן מונטית מובאת באיור 5 ומנותחת בטבלה 1. ההשפעה של ההבדלים בקרינת שמש בטיפולים שולט בחישוב זה, כך שהירידה הממוצעת בהת-דיות מתחת ל-10% הוא 25% ומתחת ל-20% מסתכם ב-31%. ההפרש בין הרשתות הוא כ-6% בלבד מההת-דיות בחוץ, כנראה בגלל שההבדלים ברוח הם הפוכים מהצפוי.

טבלה 1 גם מנתחת את המגמות בנתונים הנ"ל בתקופה שבין מרץ ליוני 2016. להפרשים בלחות בין השטחים השונים בניסוי באחוזים השינוי בזמן קטן ולרוב איננו מובהק. לגבי הבדלים בטמפ' בין מתחת

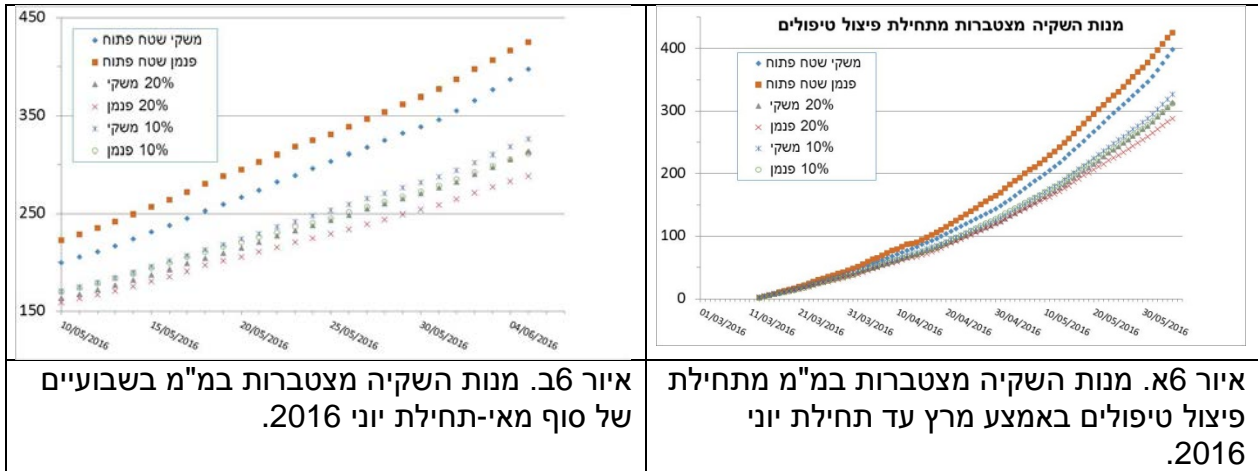


לרשתות לבחון ההבדלים גדלו עם הזמן באופן מובהק אבל בקצב קטן ממעלה אחת ל-3 חודשים. המגמה ביחס בין רוח מתחת לרשתות לבין הרוח בחוץ מעניין. מתחת לרשת 10% היחס גדל בכ-4% בשלושה חודשים כאשר מתחת לרשת 20% הוא קטן ב-10% באותה תקופה. המשמעות שבתום התקופה הרוח מתחת לשתי הרשתות די דומה, כפי שנראה באיור 4ה.

המגמה של גדילה בהת-דיות ייחוס בתקופה זאת צפויה והיחס בין מתחת לרשת לבחון עבור שתי הרשתות די דומה.

טבלה 1. סיכומים של נתונים מטאורולוגיים מתחילת מרץ עד יוני 2016. Diff 10%-out מציין ההפרש במעלות או אחוזים בין מדידות מתחת לרשת 10% למדידות בשטח בחוץ. השיפוע ו- $r^2$  הם עבור גרסיה עם הזמן, כך שהיחידות הם במעלה ליום, אחוז ליום או מ"מ ליום (במקרה של פנמן). שיפועים מובהקים מצויינים ע"י הדגשת מספר ה- $r^2$ . כל פרמטר נמדד ע"י חיישן אחד בכל שטח, כך שאי אפשר לקבוע מובהקות בין הטיפולים. עבירות לקרינה סוכמה לאחר אירועי הגשם באמצע מרץ.

הפרמטר	טיפול	Average	S.D.	Slope per day	$r^2$
RH max (%)	Diff 10%-out	1.6	2.2	<b>0.032</b>	0.16
RH max (%)	Diff 20%-out	-1.5	0.9	0.006	0.04
RH min (%)	Diff 10%-out	2.7	1.0	-0.002	0.00
RH min (%)	Diff 20%-out	-1.4	0.6	0.004	0.04
Rhmax (%)	Diff20%-10%	-3.1	2.0	<b>-0.025</b>	0.13
Rhmin (%)	Diff20%-10%	-4.1	0.7	<b>0.006</b>	0.06
Ta max (°C)	Diff 10%-out	-1.1	0.5	<b>-0.010</b>	0.33
Ta max (°C)	Diff 20%-out	-0.7	0.3	<b>-0.004</b>	0.11
Ta min (°C)	Diff 10%-out	-1.8	0.4	<b>-0.008</b>	0.42
Ta min (°C)	Diff 20%-out	-0.8	0.2	<b>-0.004</b>	0.24
Ta max (°C)	Diff20%-10%	0.4	0.4	<b>0.006</b>	0.20
Ta min (°C)	Diff20%-10%	1.0	0.2	<b>0.004</b>	0.30
Wind (m/s)	10%/out	0.52	0.04	<b>0.0004</b>	0.10
Wind (m/s)	20%/out	0.59	0.04	<b>-0.0010</b>	0.45
Transmittance from 19.3	10%	0.90	0.05	-0.002	0.75
Transmittance from 19.3	20%	0.80	0.04	-0.002	0.67
Penman (mm/day)	Out	5.5	1.4	<b>0.049</b>	0.70
Penman (mm/day)	10%	4.0	0.9	<b>0.030</b>	0.58
Penman (mm/day)	20%	3.7	0.8	<b>0.026</b>	0.56
Penman (mm/day)	10%/Out	0.75	0.04	<b>-0.001</b>	0.46
Penman (mm/day)	20%/Out	0.69	0.04	<b>-0.001</b>	0.61



כמויות השקיה מצטברות מזמן הפיצול בין הטיפולים באמצע מרץ מובאים באיורים 6א ו-6ב. המנה הכי גדולה ניתנה בטיפול פנמן שטח פתוח והכי נמוכה עבור פנמן מתחת לרשת 20%. ההפרש המצטבר ב-5 ליוני עמד על 138 מ"מ, המהווה 32% מהמנה הכי גבוהה.

## דין

בניית הניסוי התבצעה בצורה טובה והניסוי רץ בלי בעיות מיוחדות. כיוון ההשקיה בטיפול "פנמן" דורשים נתון הת-דיות ייחוס כל יום ובפועל מנת ההשקיה מבוססת על הת-דיות מהיום הקודם. הדרישה הנ"ל גרמה לנו להתקדם לטכנולוגיה של חישוב נתוני פנמן בתוך אוגר הנתונים שלנו ולהזרים את הנתונים המטאורולוגיים וגם נתוני פנמן דרך האינטרנט. לצורך זה התחברנו לחברה חיצונית שסיפקה מודם אינטרנטי וביצעה את החיבורים התקשורתיים. מצב של תלות בגורם חיצוני מהווה בעיה עבורנו מכיוון שקודם אנחנו שלטנו בכל המערכת ממדידת נתוני החיישנים המטאורולוגיים ועד לשליפתם לתוך המחשבים שלנו במעבדה. היום כל שינוי בתיכנות אוגר הנתונים דורש עבודה של החברה החיצונית. בעיה נוספת היא העדר אבטחת זרימה סדירה של הנתונים, כלומר יש צורך בתוכנית פעולה למצב שיש בעיית תקשורת או שאחד מהחיישנים נכשל או נשבר. למצב זה כבר קבענו יחסים בין נתוני החיישנים השונים (כלומר היחס בין טיפולי הרשת לנתונים החיצונים) כדי שכאשר אין נתון תקין מאחד מהחיישנים מתחת לרשת, ניתן להשתמש בנתון מבחץ וביחס שנמדד בשבוע לפני התקלה. בינתיים הפעולות האלה מתבצעות תוך כדי עבודה ובהמשך נצטרך לקבוע נוהל עבודה אחיד למצבים אלה.

במקרים מסויימים השוינו בין הנתונים שלנו מחלקת הבנות ללא רשת עם התחנה המטאורולוגית הסטנדרטית של השרות המטאורולוגי בצמח. נתוני פנמן מחושבים לפי שתי התחנות היו זהים על לעשירית מ"מ.

סט נתונים נוסף מהניסוי שעיינו בו היה בזמן סופת החול החרیגה ששיאה היה ב-8 בספטמבר 2015, כאשר החול שקע במשך יומיים-שלושה אח"כ. עבירות הרשת 10% ירדה מכ-90% בסוף אוגוסט עד

לכ-70% לקראת סוף ספטמבר. עבור רשת 20% הירידה היתה מכ-82% עד ל-72%. אחת המשמעויות היא שכאשר הרשתות מלאות אבק ההבדלים בעבירות הקרינה בין הרשתות מצטמצמים. מדידות פיסיולוגיות, כלומר מדידת זרימה בגזעולים ומדידות פוטוסינתזיה בשטח נדחו כדי שיבוצעו בתקופת שיא ההשקיה בחודשי הקיץ הקרובים. הכנו חיישנים למדידת זרימה וגם רשתות נוספות לכימות הצטברות אבק ברשתות ואנו מתכננים לעשות את המדידות האלה בהמשך הקיץ הנוכחי.

### **ביבליוגרפיה**

- Haijun L., Cohen S, Lemcoff JH, Israeli Y, Tanny J. (2015). Sap flow, canopy conductance and microclimate in a banana screenhouse. *Agricultural and Forest Meteorology* 201:165-175
- Möller, M., Tanny, J., Li, Y., & Cohen, S. (2004). Measuring and predicting evapotranspiration in an insect-proof screenhouse. *Agricultural and Forest Meteorology*, 127(1), 35–51.  
<http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.08.002>
- Moratiel, R., & Martínez-Cob, A. (2012). Evapotranspiration of grapevine trained to a gable trellis system under netting and black plastic mulching. *Irrigation Science*. <http://doi.org/10.1007/s00271-011-0275-3>
- Pirkner, M., Dicken, U., & Tanny, J. (2014). Penman-Monteith approaches for estimating crop evapotranspiration in screenhouses—a case study with table-grape. *International Journal of Biometeorology*, 58(5), 725–737. <http://doi.org/10.1007/s00484-013-0653-z>
- Tanny, J. (2013). Microclimate and evapotranspiration of crops covered by agricultural screens: A review. *Biosystems Engineering*, 114(1), 26–43.  
<http://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.10.008>

דו"ח שנתי (שנה א') לתכנית מחקר מספר 20-13-0010 (304-0526-15)

**שינויים דינמיים בתכונות של רשתות צל והשפעתם על משטרי ההשקיה והדישון :**

**בננה בבית רשת כגידול מודל**

### **סיכום עם שאלות מנחות**

1. מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.  
 המטרות העיקריות לשנה א': א. הקמת מערך הניסוי בחוות "צמח נסיונות" כולל הכשרת השטח, בניית בתי רשת, התקנת מערכות ההשקיה, גידול הבננות והצבת החיישנים. ב. הזרמת נתוני הניסוי דרך האינטרנט באופן סדיר יום-יומי. ג. הכנת והתקנת חיישני זרימה בגזעולים וביצוע מדידות פיסולוגיות בצמחים.  
 אלו ממטרות המחקר הושגו בעבודת המחקר הנוכחית? מטרות א' וב' לעיל הושגו במלואם. במטרה ג' הכנו את הציודים והחיישנים. התקנה ומדידה נדחו להמשך העונה הנוכחית לתקופת שיא ההשקיה.
2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח  
 לא היו מתוכננים ניסויים של ממש בתקופה זאת, אלא הקמת הניסוי והרצתו. נמדדו הבדלים בהתפתחות הצמחים מתחת לרשתות ונמצא שבשלב הראשון הצמחים תחת רשת 10% הכי גדולים ובחוץ הכי קטנים אך ההבדלים קטנים וייתכן שייעלמו בהמשך. עיקר הניסוי, שהחל בשלב שפיצלנו את ההשקיה במרץ, עוד לפנינו.
3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:  
 בינתיים הניסוי הולך טוב.
4. הבעיות שנתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה.  
 יש לקבוע נוהל קבוע לטיפול הניסוי (טיפול ההשקיה) כאשר חיישן אחד או יותר עושה בעיות או צריך החלפה, או כשיהיו בעיות תקשורת. הניסוי בנוי על זמינות של נתון חדש של הת-דיות כל יום.
5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח? לא
6. פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט).