

דו"ח שנתי (שנה א') לתכנית מחקר מספר **20-03-0025** (304-0602-18)
שנת המחקר: 1 מתוך 2 שנים

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

בבית רשת כגידול מודל – המשך מימון

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

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

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

נבות גלפז, עידן אלינגולד: צמח נסיונות ומו"פ צפון

יאיר ישראלי: 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;
vwshep@volcani.agri.gov.il

Navot Galpaz, Yair Israeli, Idan Elingold, Northern R&D. Email: yairi@zemach.co.il ;
navot.galpaz@mail.huji.ac.il ; idanelingold@hotmail.com

מאי 2019

אייר תשע"ט

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, אינדירה פאודל, ואבישי לונדנר

עמוד**תוכן עניינים**

1	תקציר
2	מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח
2	פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח
10	דיון
11	נספח

תקציר

הצגת הבעיה: בבתי רשת בננות בעמק הירדן מקובל להפחית באופן קבוע כ- 25% ממנות ההשקיה בשטח פתוח ובגליל המערבי ובחוף הכרמל 10%. יחס התאדות בתוך ומחוץ לרשת יורד במשך עונת הקיץ בגלל הצטברות אבק על הרשת שמוריד את העבירות של הרשת לקרינת שמש ואת הדרישה האטמוספירית להתאדות בהתאם לקרינה ולכן הורדה קבועה איננה מדויקת.

מטרות המחקר: פיתוח משטרי השקיה ודישון לבתי רשת לפי שינויים דינמיים במיקרואקלים בתוך בית הרשת. מטרת המחקר מהשנה השנייה ואילך לעקוב אחרי פרמטרי פריחה והנבה במבנים ומשטרי השקיה השונים. פרוייקט המשך (הנוכחי) מיועד להשלים מחזור גידול שלם של המטע (5 שנים).

שיטות עבודה: הניסוי ב-3 שטחים: כיסוי רשת 10%, רשת 20% וללא רשת (ביקורת). דו"ח זה כולל תוצאות יבול ופרמטרי גידול לשנה האחרונה. השקיה 1) לפי טבלאות כמקובל (טיפול ביקורת-מישקי) ו-2) לפי הת-דיות מחושבת לפי מודל פנמן-מונטית' (להלן "פנמן") על בסיס נתונים שנמדדים בכל חלקה. מדידות יבול, פריחה ומאפייניהם, הרכב מינרלים בעלים, מליחות קרקע, זרימה בגזעולים. בשנה הרביעית וחמישית (פרוייקט המשך) לא נמדדו טמפרטורת נוף ופוטוסינתזה. לאומת זאת, הוקמה מבנה נוסף למדידת תכונות קרינתיות של רשתות שונות ופותח מודל לקרינה ואקלים בבית רשת כדי לספק פלטפורמה להעברת נתוני ייחוס להשקיה לחקלאים.

תוצאות עיקריות לתקופת הדוח הנידון: בתוך בית הרשת החיסכון במים בהשקיה לפי פנמן היה משמעותי אך קטן יותר משנה קודמת בגלל הגשמים המאוחרים (ביוני) ששטפו את הרשת. מנת ההשקיה הגדולה ניתנה בטיפול משיקי ופנמן שטח פתוח (2387 ו-2091 בהתאמה, חסכון של 11%). בבית רשת 10% ניתנו 1763 ו-1623 מ"מ, חסכון של 8% בלבד; בבית רשת 20% 1667 ו-1401, חסכון של 16%. לא נצפתה המלחה משמעותית וירידה ביבולים בטיפול פנמן. מדידות זרימה בגזעולים לא מצאו הבדל בין המשקי לפנמן בצריכה, אך נראה שצריכת המים בלי רשת נמוכה מזה שבתוך בית הרשת בסוף הקיץ ובסתיו.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:

משטרי ההשקיה החסכנים ממשיכים לחסוך השקיה מבלי לפגוע ביבול והשנה לא נמצאו סימנים להמלחה או לירידה ביבול בטיפול "פנמן" מתחת לרשת. ההבדלים באקלים מתחת לרשתות שונים משנה לשנה, כפי שראינו לדוגמא בעבירות הרשתות לקרינה. מתוארים מהלכים להיערך למתן נתונים דינאמיים של התאדות ייחוס פנמן לחקלאים בתום הניסוי.

מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח

גידול בננות הוא בבתי רשת בעיקר כדי לצמצם את צריכת המים ולשפר את היבול. מקובל להשתמש ברשת לבנה "שקופה" (10%-13% צל) ובעמק הירדן להפחית כ- 25% ממנות ההשקיה המקובלות בשטח פתוח על בסיס עבודות קודמות שלנו. בגליל המערבי ובחוף הכרמל הפחתת ההשקיה תחת הרשת קטנה יותר (עד 10%). המלצות אלו תקפות לכל עונת הגידול ואין מתחשבות בשינויים עונתיים בתכונות הרשת. מנת המים המומלצת להשקיה כוללת תוספת של 40% לצורך הדחת מלחים שנחיצותה הוכחה בניסויים קודמים. למרות שמנות המים הניתנות בטפטוף בעמה"י הצטמצמו מ- 3600 מ"מ לשנה בשנות ה- 80 ל- 2200 מ"מ בשטח פתוח ו- 1750 בבית רשת (1850 מ"מ אם נביא בחשבון תוספות שרב והשקיה בתקופות יבשות בחורף) עדיין קיים פוטנציאל לחסכון ע"י התאמת המנה לשינויים היומיים במזג האוויר המשפיעים על התצרוכת.

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 בגלל הצטברות אבק על הרשת.

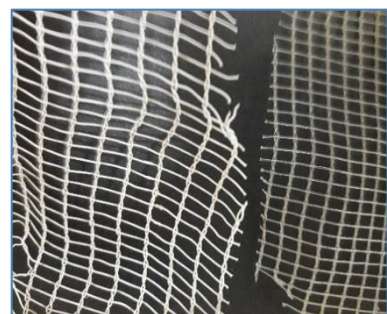
מטרות המחקר כפי שהופיעו בהצעה המקורית:

פיתוח משטרי השקיה ודישון לצמחים בבתי רשת, שייקחו בחשבון שינויים דינמיים במיקרו-אקלים הנובעים משינויים בתכונות הרשת והשפעות אחרות. בנוסף למטרה החקלאית, אנו מעוניינים ללמוד יותר על ההתנהגות של מוליכות הנוף (canopy) במשטרי הצללה ולצורך כך נוספו מדידות של צריכת מים של הצמחים. פרויקט זה הוא למעשה הארכה של שנתיים לפרויקט המקורי ע"מ לסיים מחזור גידול של בננות במשטרי השקיה דינאמיים.

פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות המחקר

מערך הניסוי וטיפול השקיה:

הניסוי, שפרטיו מתוארים בדו"חות של שנים קודמות (פרויקט 20-13-0010), מתבצע בחוות הבננות בצמח. הקורא מופנה לדוחות אלה לפרטים. הרשתות הם רשת קריסטל ארוגה 10% צל (הצללה נומינלית) ורשת פנינה-לנו ארוגה 20% צל (איור 1). לכל רשת מבנה אחד, כאשר מבנה שלישי בלי רשת (ראה נספח א' לגבי התאמה לתוכנית). כל מבנה מחולק לחלקות ע"מ לבחון השקיה דינאמית לפי פנמן עם השקיה "משקית" לפי טבלות כנהוג היום.



איור 1. רשת קריסטל ארוגה 10% צל מימין ורשת פנינה-לנו ארוגה 20% צל משמאל.

במרכז מבנה עמדה מטאורולוגית המספקת הנתונים לחישוב האופוטורנספירציה. המדידות כוללות טמפרטורה ולחות יחסית, קרינת שמש גלובלית ומהירות הרוח. כל החישובים תקינים למדידות אלה. חישוב נוסחת פנמן-מונטית' (להלן "פנמן") נעשה פעם ביום מעט אחר חצות הלילה בתוך אוגר הנתונים לפי נתונים יומיים

כפי שמתואר בחוברת FAO56 (Allen et al., 1998). נתוני התאדות ייחוס זמינים כל בוקר לאיש ההשקיה כך שההשקיה כל יום כוונה לפי נתון "פנמן" עבור היום הקודם. קיימת תחנה מטאורולוגית סמוכה של השרות המטאורולוגי בשטח פתוח של תחנת המחקר שבו התבצע הניסוי. תחנה זאת גם מספקת נתון יומי של התאדות ייחוס "פנמן".

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 20%, השקיה משקית לפי טבלה עם מקדם כל עשרת
- D. רשת 20%, 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

תוספות ב-2018:

התאמת המחקר להצעת מחקר ההמשך:

בהצעת מחקר ההמשך כתבנו שנמיר את החלקה בלי כיסוי לכיסוי רשת 30% כדי להגדיל את טווח הרשתות. נושא זה נידון בפרוייקט והוחלט שהדבר איננו ישים גם מבחינת מימון לכיסוי שטח בננות קיים וגם בגלל שהשטח כבר צמח 3 שנים בלי רשת ואין משמעות להמרה לרשת. מכתב בקשה לשינוי התוכנית ע"מ להמשיך עם התוכנית הקודמת (שבו החלקה השלישית בלי רשת) נשלחה למדען ולא קיבלנו תשובה עדיין. המכתב מצ"ב כנספח א.

הכנת תשתית למתן ייחוס דינאמיים להשקית בננות באזור:

אנו נערכים לתת לחקלאים נתונים דינאמיים של התאדות ייחוס מתחת לרשתות. אך שהפרוייקט לא הסתיים התוצאות מבטיחות ומצוקת המים רבה. לכן יש התעניינות רבה אצל המגדלים ליישם את התוצאות.

מניתוח נתונים בפרוייקט זה וממחקרים אחרים בנושא אקלים בית רשת ברור שהמשתנים החשובים שדורשים טיפול דינאמי הם עוצמת הרוח וקרינת שמש מתחת לרשת. לגבי טמפר' ולחות הטיפול יותר פשוט. גיבשנו שתי אפשרויות שבתהליך מימוש:

א. בנינו מבנה עם מספר רשתות ומתחת לכל רשת מד קרינת שמש. נתונים ממבנה זה ישולבו עם נתוני אקלים מתחנה מטאורולוגית סטנדרטית ב'צמח נסיונות' (של השרות המטאורולוגי) לצורך חישוב פנמן עם נתוני טמפרטורה ולחות מתואמים מהתחנה, ועוצמת רוח וקרינת שמש מתואמים לבית רשת. נצפו שינויים בעוצמת הרוח היחסית מתחת לרשת במשך העונה. אלה קטנים ונובעים כנראה משינויים במבנה הנוף במשך העונה. ניתן לחשב את הרוח מהרוח החיצוני ומקדם המשתנה לפי פונקצית סינוס לפי התאריך. בשנה הקרובה אנו מקווים להשלים את התמונה הזאת, למצוא את הפתרון הטכנולוגי למזג נתונים ומודלים לחישוב דינאמי של התאדות ייחוס פנמן ולחבר אותו לבסיס נתונים האגרומטאורולוגי של משרד החקלאות באתר www.meteo.co.il (באחריות מרק פרל).

ב. נותחו נתוני אקלים ע"מ למצוא חוקיות ולפתח מודל לקביעת קרינת שמש במשך העונה. נמצא שניתן לחזות את הורדת קרינת שמש ע"י הרשת בעזרת מודל הדורש את הפרמטרים הבאים: עבירות הרשת המקורית בלי אבק, ירידה בעבירות עם הזמן בגלל התיישנות הרשת, ירידה בעבירות עם הזמן בגלל הצטברות אבק, ועלייה בעבירות לכל מ"מ גשם יומי. את הפרמטרים לשתי הרשתות בפרויקט חישבנו מרגרסיה משלוש שנים של נתונים הנמדדים בפרויקט עם מתאם טוב מאוד.

בשנה הבאה נעשה בדיקה מסודרת של הדרכים השונות שצינו פה לגבי איכות החיזוי של התאדות ייחוס (פנמן) שמתקבל מכל אפשרות. תמונות של המבנה עם 3 רשתות שבשימוש מגדלי בנות באזור עמק הירדן מובאות באיורים 2 ו-3. שימו לב שאנו מונעים החזרי קרינה מהקרקה ע"י הצבת רשת צל שחורה 80% מתחת למדי קרינה (באיור 3). הצורך בכך ברור מעבודות קודמות שלנו בנושא.



איור 3. המבנה שבאיור 2 לאחר התקנת מדי קרינת שמש ותוספת רשת שחורה 80% מתחת למדי קרינה למניעת החזרים מהקרקה.



איור 2. מבנה למדידת תכונות קרינתיות של 3 רשתות באתר צמח נסיונות. המדידות יהוו מודל לשינויים בתכונות הרשתות לאורך העונה.

תוספת מדי קרינה בניסוי כדי לברר שונות מרחבית בקרינת שמש מתחת לרשתות:

במהלך 2019 הוספו שני מדי קרינת שמש תיקניים בבית רשת 20% (בנוסף לזה שקיים כבר) ע"מ לבדוק את השונות המרחבית בעבירות קרינת שמש. התוצאות של מדי קרינה אלה היו קרובות למדי קרינה שהייתה מוצבת שם קודם. בניתוחים שנציג בשנה הבאה נביא בחשבון גם את השונות הזאת.

תוצאות

אקלים:

התחנות המטאורולוגיות שלנו בניסוי בצמח ממשיכים לעבוד ולספק נתוני התאדות ייחוס לשלושת החלקים של הניסוי – חוץ, רשת 10% ורשת 20% כמעט בלי הפסקה זאת השנה הרביעית. סקירות של נתונים אקלימיים שהתקבלו בשנים קודמות מובאות בדו"חות הקודמות.

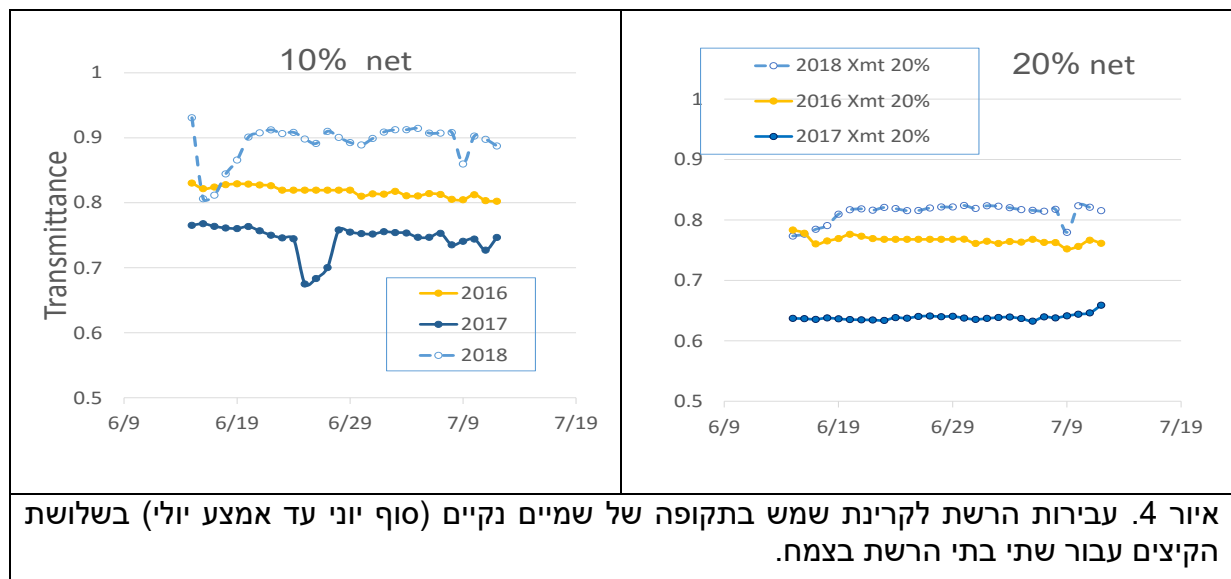
שנת 2017/18 הייתה בעלת אקלים נורמלי, ללא אירועי קרה או אירועי אקלים חריגים, אבל ניכרה בה השפעת השנה הקודמת (הקרה של פברואר 2017, שנמשכה עד 21/2/17). קרה מאוחרת משפיעה על השנה העוקבת, ומשקל האשכול בעמק הירדן ב-2017/18 היה נמוך בכמה קילוגרמים מהממוצע הרב שנתי. אירועי הקרה המאוחרים גרמו לפחת ונשירה בפריחות המוקדמות של שנת 2017, ולהתפתחות נמרצת של נצרים חליפים שפרחו מאוחר, חלקם במהלך סתיו וחורף 2017/18. היו גם גשמים מאוחר

בעונה. במיוחד, אירועי גשם של כ-30 מ"מ ב-26 לאפריל ו-10 מ"מ ב-13 ליוני 2018. אלה ניקו את הרשתות וגרמו לקרינת שמש יותר גבוהה מתחת לרשתות במשך הקיץ, כפי שיצויין להלן.

חורף 2018/2019 התאפיינה במזג אוויר מתון ללא אירועי קרה וריבוי גשמים כמו ביתר הארץ. אירוע גשם המשמעותי הראשון בסתיו היה 6 מ"מ ב-25 לאוקטובר 2018.

קרינת שמש בקיץ 2018 בהשוואה לשנים קודמות:

ניתן לראות את ההבדלים בעבירות בתי הרשת לקרינת שמש בין ה-15 ליוני ל-13 ליוני, שהיא תקופה עם מעט עננות, עבור שלושת שנות הפרוייקט באיור 4. עבירות מציין את היחס בין קרינת שמש בבית רשת לזה שנמדד בחלקה בלי רשת ובתחנה של השרות המטאורולוגי (שנתנו נתונים דומים מאוד בקרינת שמש). האיור מראה באופן ברור שבשנת 2018 בקיץ הקרינה היתה גבוהה יותר, כנראה בגלל הגשם המאוחר ששטף את הרשת. ההבדל היה גדול יותר עבור רשת 10% מאשר עבור רשת 20%. ייתכן שקיימים הבדלים במבנה ובחומרי הרשת שגורמים להבדלים אלה. בכל מקרה הבדלים אלה בין הרשתות הובילו להבדלים בערכי פנמן וביחס בין התאדות ייחוס פנמן בין שתי הרשתות וביחסים בין השנים במנות השקיה, מכיוון שחישוב פנמן משתמש בערכים אלה.



השקיה:

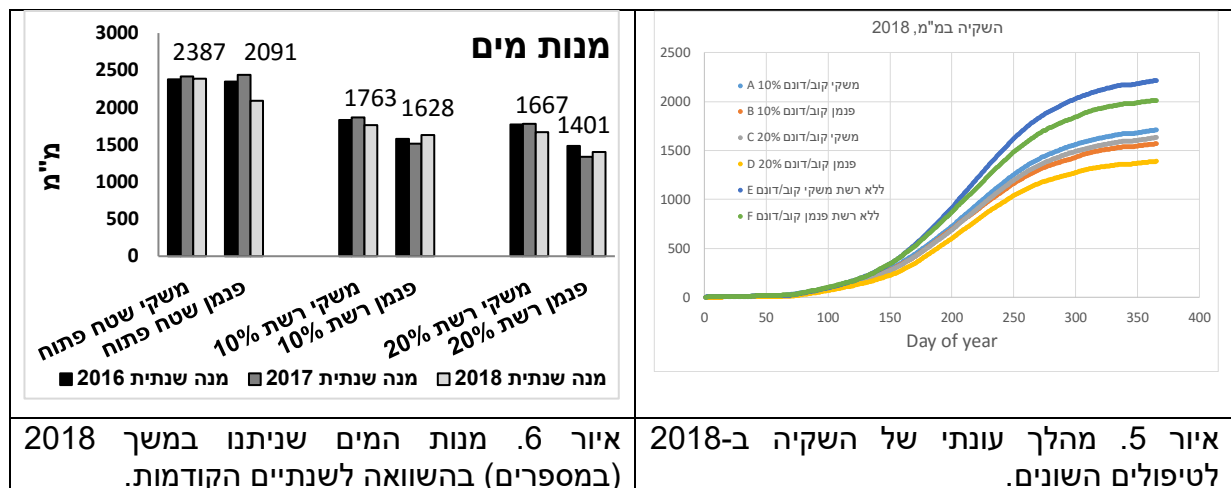
מנות ההשקיה ב-2018 מובאות בטבלה 1. המהלך העונתי של השקיה מצטברת מובאת באיור 5 וסה"כ צריכה שנתית בהשוואה לשנים קודמות באיור 6. בטיפול פנמן מתחת לרשתות המנות הכלליות היו גבוהות מאשר בשנים קודמות. הסיבה לכך היא שקרינת שמש היתה גבוהה יותר, דבר שהוביל לערכים גבוהים יותר של התאדות ייחוס (ראה לעיל).

טבלה 1: מנות המים בניסוי ב-2016, 2017 ו-2018

טיפול סביבה		שנה		בית רשת 10%		בית רשת 20%		מטע פתוח	
ציון הטיפול				A		C		E	
טיפול השקיה				משקי		פנמן		משקי	
				פנמן		פנמן		פנמן	

2216	2246	1367	1651	1447	1720	2016	מנה שנתית מ"מ
2368	2378	1299	1757	1484	1830	2017	
2200	2477	1433	1716	1692	1825	2018	
99	100	61	74	64	77	2016	מנה שנתית % מביקורת פתוח
99.5	100	55	74	62	77	2017	
89	100	58	69	68	74	2018	
1		17		16		2016	בכל סביבה, חסכון ב % בשימוש בפנמן לעומת המשקי
0.5		26		19		2017	
11		17		7		2018	

לסיכום- (1) בניגוד לשנים קודמות שבהם ההשקיה לפי "פנמן" בשטח הפתוח לא הובילה לחיסכון משמעותי השנה היא הביאה לחסכון במים של כ-11% בשטח הפתוח, אולי בגלל הטמפרטורות המתונות באביב וקיץ 2018 שהורידו את הפנמן; (2) השקיה לפי פנמן בתוך בתי הרשת הובילה לחיסכון של כ-8% מתחת לרשת 10% ו-16% מתחת לרשת 20%. עבור הרשת 10% זאת החיסכון הכי קטנה שהתקבלה בניסוי, ועבור 20% החיסכון דומה לזה שהתקבלה שנתיים קודם. כפי שראינו הגשם המאוחר ניקה את הרשתות, ובמיוחד זה של 10%, וזה גרם לערכים יותר גבוהים של קרינת שמש בקיץ ועלייה בערכי פנמן.



איור 6. מנות המים שניתנו במשך 2018 (במספרים) בהשוואה לשנתיים הקודמות.

איור 5. מהלך עונתי של השקיה ב-2018 לטיפולים השונים.

מעקב הורטיקולטורי ובדיקות קרקע ועלים

בחלקה מתבצע מעקב אחר מועד הפריחה, התכונות בפריחה (גובה, היקף הגזעול ומספר הכפות באשכול), מועד הקטיף, משקל והיקף אצבע מייצגת בקטיף ומשקל האשכול. כמו כן, נערך מעקב אחר הרכב הקרקע (כדי ללמוד על תהליכי המלחה אפשריים) בסתיו, במדגם שנלקח במרחק 40 ס"מ מהבית ו 10 ס"מ מטפטפת, לעומק 20-30 ס"מ, מדגם לכל חזרה ו 4 מנטלים למדגם. לבדיקת עלים נדגם טרף עלה 3 במרכז העלה מ-5 צמחים מייצגים לכל חזרה, מאמהות בפריחה בקיץ מכל הטיפולים והחזרות.

השפעת השקייה לפי "פנמן" על רמת המלחים בקרקע ועל ריכוז יסודות בעלים

החיסכון במנת המים בבית הרשת לא הביא לשינויים מובהקים ברמת המלחים בקרקע ב-2018 (טבלה 2). ערכי EC היו נמוכים ו-SAR לא הגיע לרמה מדאגה. תוצאות אלה מעודדות, לאחר שבדו"ח הקודם דיווחנו על תוצאות לא מובהקות של מגמה של המלחה.

טבלה 2: השפעת השקיה לפי לוח משקי ולפי "פנמן" בתוך בתי הרשת על מליחות הקרקע בסתיו 2018. הבדלים בין הטיפולים לא היו מובהקים.

	EC, dS/m	Cl meq/l	Na meq/l	pH	Ca+Mg meq/l	SAR
רשת						
10%	1.28	5.36	6.40	8.08	7.50	3.30
20%	1.26	5.74	6.90	8.09	7.65	3.54
אופי השקיה						
משקי	1.27	5.34	6.55	8.09	7.41	3.40
פנמן	1.27	5.75	6.75	8.08	7.74	3.44

בעלים שנדגמו מאמהות בפריחה בקיץ לא נמצאו הבדלים מובהקים או ערכים גבוהים של אלמנטים הקשורים להמלחה (טבלה 3). תוצאות אלה מתאימות לאלה של בדיקות הקרקע שהובאו לעיל. נמצאו דווקא ערך נמוך של זרחן בטיפול פנמן 20% וערך חריג של נטרן בטיפול המשקי 20%. ערכי הזרחן סבירים עבור בננות ואין סיבה לדאגה מהערך הנמוך היחסי באחד מהם. לגבי הערך הגבוה של נטרן, אנו מניחים שמדובר בטעות מדידה.

טבלה 3: ריכוז יסודות המזון בעלים, דיגום 2018 (% מחומר יבש, הנתרן בח"מ. נדגם טרף עלה 3 במרכזו משני צידי העורק המרכזי). הבדלים מובהקים נמצאו עבור זרחן ונטרן והבדלים אלה מצויינים.

טיפול	N, %	P, %	K, %	Cl, %	Na, PPM
משקי 10%	2.35	0.179 a	3.74	1.63	249 b
פנמן 10%	2.52	0.179 a	3.36	1.77	249 b
משקי 20%	2.47	0.185 a	3.40	1.81	346 a
פנמן 20%	2.34	0.160 b	3.18	1.83	297ab

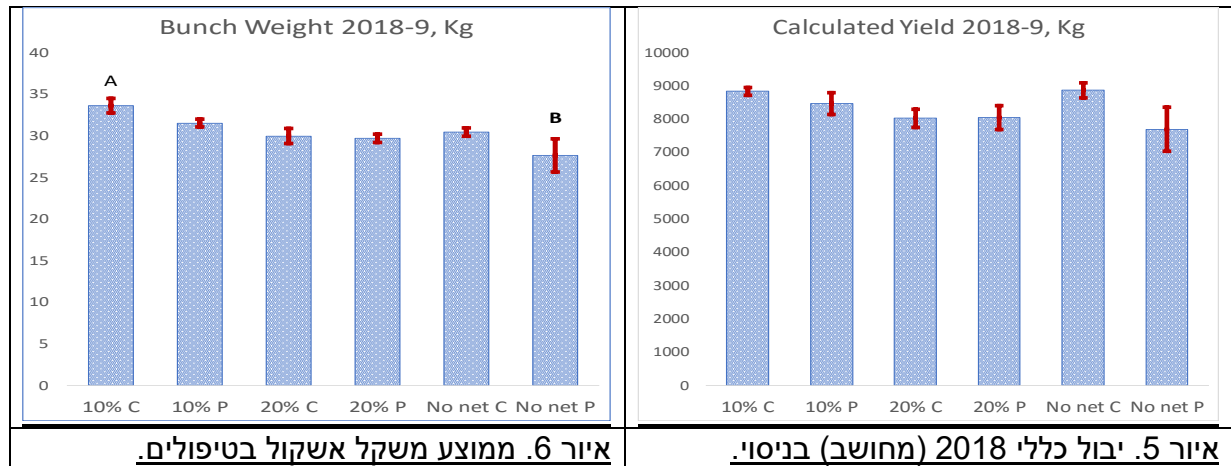
טבלה 4. השפעת הטיפולים על הפריחה, התכונות הוגטטיביות והיבול 2018/19: במקרים שיש הבדלים מובהקים בין טיפולים אלה מצויינים באותיות מודגשות ואותיות לועזיות מציינות את הקבוצות המובהקות.

	רשת 10% - NET		רשת 20% - NET		בלי רשת - NO NET			Cntrl - משקי	Pnmn פנמן -	Prob > F
	Cntrl- משקי	Pnmn פנמן -	Cntrl- משקי	Pnmn פנמן -	Cntrl- משקי	Pnmn פנמן -	Prob > F			
מספר פרחים לדונם number flower per dunam	263	269	269	271	291	278	0.48	274	273	0.83
תאריך פריחה flower date	אוג-21	אוג-08	אוג-06	אוג-05	אוג-10	אוג-15	0.04	אוג-12	אוג-09	0.41
	a	b	b	b	b	ab				

harvest percentage	אחוז קטיף עד ל- 21/3/19	55%	65%	62%	63%	60%	54%	0.50	59%	60%	0.73
number of bunch per dunam	מספר אשכולות ת לדונם	145	173	165	169	173	150	0.59	161	164	0.80
harvest date	תאריך קטיף ממוצע גובה	29-נוב	21-נוב	31-אוק	09-נוב	22-נוב	20-נוב	0.42	17-נוב	17-נוב	0.99
height of mother	בפריחה, ס"מ היקף גזעול 1 מ'	312	323	316	309	309	297	0.10	312	310	0.68
circum corm	ס"מ מספר	76	77	74	74	73	71	0.28	74	74	0.81
hand number	כפות באשכול	12.2	12.6	12.2	12.3	11.9	11.8	0.09	12.1	12.2	0.51
bunch weight	משקל אשכול קטיפים עיקריים , ק"ג	33.7 a	31.6 ab	30.0 ab	29.7 ab	30.5 ab	27.7 b	0.01	31.4	29.6	0.11
actual yield	יבול בפועל, לדונם, ק"ג יבול	4859	5315	4680	4748	5199	4289	0.59	4913	4784	0.72
calculated yield	מחושב לדונם, ק"ג	8838	8475	8029	8045	8871	7694	0.25	8579	8071	0.12
	אצבע מייצגת מכף 3: אורך חיצוני, ס"מ משקל, גר'	20.6	20.6	20.7	20.7	19.7	20.5	0.27	20.3	20.6	0.41
		167	168	174	165	163	165	0.74	168	166	0.67

טבלה 4 מציגה את תוצאות המעקבים שקשורים לפריחה ויבול. ברוב הפרמטרים, כולל מספר פרחים, מספר אשכולות, תאריך קטיף, גובה ויבולים (איור 5) לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים וגם לא נמצאו מגמות המעידות על ניחות של השקיה לפי פנמן. כן נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים עבור תאריך פריחה ממוצע, שבו הטיפול המישקי מתחת לרשת 10% פרח יותר מאוחר בכשבועיים מאשר הטיפולים האחרים, ובמשקל אשכול בקטיפים העיקריים שבו לאותו טיפול היו אשכולות יותר כבדים מאשר לטיפול פנמן בלי רשת (איור 6). יש לציין שתאריכי הפריחה כמעט זהים לאלה של השנה הקודמת. משקל אשכול ב-2017/18 היה יותר נמוך (ראה הערה בסקירה באקלימית), בין 24.1 ל-30.5 כאשר הערך הכי גבוה התקבל בטיפול משקי 10%, אבל ההבדלים לא היו מובהקים.

בכל ההשוואות האלה יש לשים לב שהניסוי לא בנוי לבדוק הבדלים בין בתי הרשת מכיוון שיש רק בית רשת אחד מכל סוג, אלא לבדוק את טיפולי פנמן מול משקי, שבטיפולים אלה היו חזרות מסודרות. בסיכום, המעקב ההורטיקולטורי מאשר שגם השנה טיפולי פנמן חסכו מים מבלי לגרום לפגיעה משמעותית ביבול ופרמטרים הורטיקולטורים אחרים.



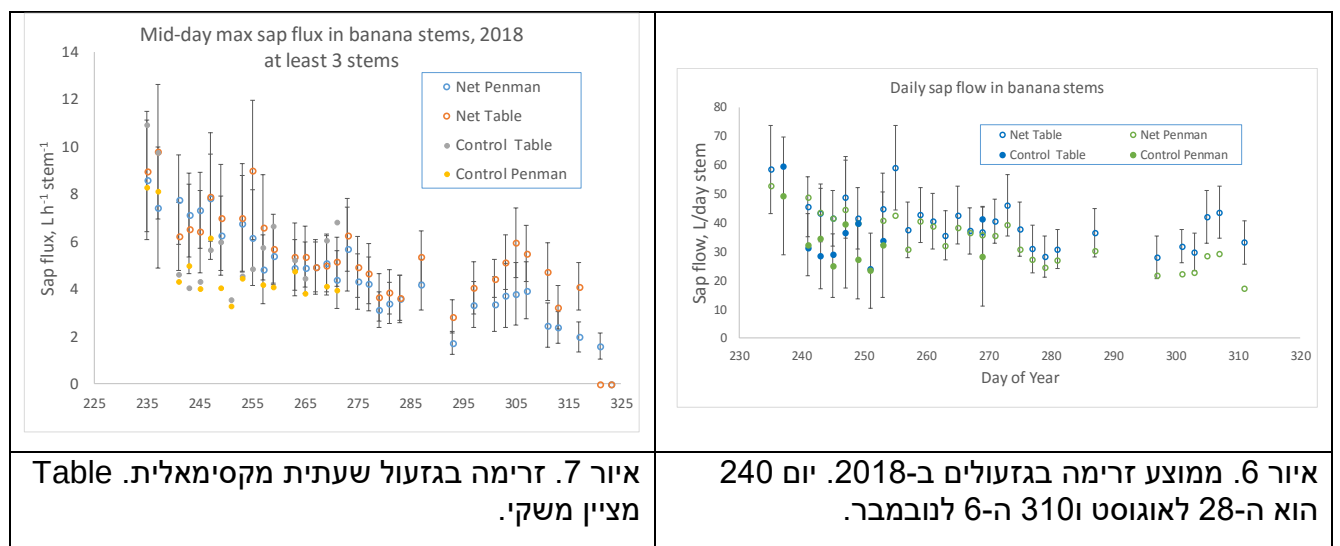
איור 6. ממוצע משקל אשכול בטיפולים.

איור 5. יבול כלי 2018 (מחושב) בניסוי.

צריכת מים במדידות זרימה בגזעול:

זרימה בגזעולים נמדדה ב-2016 ו-2017, אך התוצאות לא השביעו את רצוננו (ראה בדוחות הקודמים). הוחלט לנסות פעם נוספת עם שיפורים בטכנולוגיה. המדידות ב-10 גזעולים מכל אחד מהטיפולים 20% משקי ופנמן ובלי רשת משקי ופנמן, כלומר כ-40 גזעולים. השתמשנו במעגלי חימום מסוג חדש המספקים חימום לכל חישן בנפרד. הטכנולוגיה הקודמת סיפק ל-2 או 3 חישנים ביחד, כך שכאשר אחד ניתק או נרטב, האחרים המחוברים איתו לא עבדו. עם זאת, כמו בשנים קודמות המרחק הרב בין החלקות בלי רשת לאוגר הנתונים גרם להפרעות במדידות ויש פחות מדידות מהחלקות האלה. בשלב מאוחר של הניסוי התפנה לנו אוגר נתונים שהוספנו בחלקה בלי רשת כדי להתגבר על בעיה זאת. כנראה בגלל הרטיבות הרבה בגזעולים קיימים קצרים חשמליים שמעמיסים על המצברים, כך שחלק מהזמן המערכות הפסיקו לעבוד לפני סוף היום בגלל ירידה במתח המצבר ולא יכולנו לחשב סה"כ יומי. ניתן בכל זאת להיעזר בנתונים מימים כאלה אם נסתכל רק על הערך המקסימאלי באמצע היום.

התוצאות מובאות באיורים 6 ו-7 (ערכי מקסימום של אמצע היום). הערכים סבירים וקרובים לערכים של השקיה. המתאם עם ההשקיה איננה מלאה, ובפועל כאשר מחשבים את הצריכה על בסיס שטח המטע זרימה בגזעולים יותר מההשקיה.



איור 7. זרימה בגזעול שעתית מקסימאלית. Table מציין משקי.

איור 6. ממוצע זרימה בגזעולים ב-2018. יום 240 הוא ה-28 לאוגוסט ו-310 ה-6 לנובמבר.

יכול להיות שסיבה להבדל בין זרימה בגזעול להשקיה היא בכיול של השיטה עבור בנות או שבחרנו בלי כוונה גזעולים יותר "חזקים" שצורכים יותר מים. בכל מקרה ניתן ללמוד מהמדידות שבעונה זאת (סוף אוגוסט עד נובמבר) הצמחים בחוץ צורכות פחות מים. אין הבדלים מובהקים בין פנמן למשקי. כלומר, אם יש הבדלים בצריכה בין הטיפולים הם נמוכים משגיאת התקן המוצג באיורים, שהיא כ-20%.

דיון

חישוב דינאמי (יומי) של מנות השקיה לפי נוסחת פנמן מונטית' סטנדרטית ממשיך להוביל לירידות משמעותיות במנות ההשקיה מתחת לרשתות, והשנה אפילו בחוץ (בכ-10%). תוצאות אלו נובעות מהשינויים הדינאמיים באקלים החלים מתחת לרשתות ובחוץ כאשר המהלך העונתי הממוצע בהתאדות ייחוס בחוץ ידוע וחזוי במקדמים המשקיים המקובלים היום. ההשפעה הכי חשובה של האקלים היא השינויים בקרינת שמש שחודרת למטע. בקיץ, עם צבירת אבק על הרשתות, יש ירידה של יותר מ-10% בקרינת שמש יחסית מתחת לרשת (כלומר בעבירות הרשת), הגורמת לירידה דומה בהתאדות ייחוס. הגשם מנקה את הרשתות ובחורף הירידה בקרינת שמש נמוכה מאוד וכנ"ל ההבדלים בהתאדות ייחוס בין הטיפול המשקי לטיפול הדינאמי. ממדידות של 3 שנים ברור שיש הבדלים גדולים בעבירות הרשת משנה לשנה. לקראת מתן נתונים לחקלאים פיתחנו מודל המתאר את העבירות לקרינה של הרשת. התאמת המדידות למודל מניב פרמטרים המתארים את ההתנהגות של כל רשת בגלל התיישנות החומר, היעילות של הגשם בשטיפת האבק והירידה בעבירות לקרינה בגלל הצטברות אבק.

מדידות צריכת המים של הצמחים בעזרת חיישני זרימה בגזעולים נעשו מתחת לרשת 20% וללא רשת עם שיפור בשיטת המדידה. תוצאות הראו שבסוף הקיץ והסתיו צמחים בחוץ צרכו פחות מים ולא נמצא הבדל בצריכת מים בין טיפול פנמן לטיפול משקי.

מבדיקות קרקע ובדיקות עלים לא נמצאו הבדלים בין טיפול משקי לטיפול פנמן בהמלחה. רמות המליחות השנה היו סבירות עבור בננה מושקה במי כינרת. כמו כן, לא היו הבדלים מובהקים בפרמטרים העיקרים של יבול ופריחה, במיוחד בין פנמן למישקי.

כדי להיערך למתן נתוני פנמן לבתי רשת לחקלאים החלה עבודה בשני כיוונים: מודל לחיזוי התנאים בתוך בית הרשת כפונקציה של נתונים חיצוניים של תחנת השרות המטאורולוגי, והשני הוא מדידות קרינה מתחת לרשתות שונות במבנה שנבנה במיוחד לכך, כאשר נתונים מהמבנה ישולבו עם נתוני אקלים מהתחנה של השרות המטאורולוגי.

רשימה מלאה של הפרסומים המדעיים:

Cohen S, Hadad D, Galpaz N, Israeli Y, Lukyanov V, Achiman O, Londener A, Elingold I, Tanny J. (2019). Exploiting dynamic changes in internal screenhouse climate to inform irrigation in bananas. Acta Horticulturae, in press

נספח א'. מכתב למדען עם בקשה לשינוי בתוכנית

באפריל 2019
לכבוד ד"ר אורית שמואלי
בקה מדעית
לשכת המדען הראשי של משרד החקלאות ופיתוח הכפר

הנדון: שינוי בתוכנית מחקר " שינויים דינמיים בתכונות של רשתות צל והשפעתם על משטרי ההשקיה: בנה

בבית רשת כגידול מודל - המשך מימון" מספר 20-03-0025

אורית שלום וברכה,

תחילת ביצוע הפרוייקט הנ"ל באפריל 2018. הפרוייקט הינו המשך למשך שנתיים של פרויקט קודם (20-03-0010) שנגמר במועד תחילת ביצוע הפרוייקט הנוכחי.

בפרוייקט הראשון בחנו השקיה דינאמית בשלושה שטחים – אחד לא מכוסה ברשת, ושני שטחים מתחת לרשת, אחד 10% והשני 20%.

בהצעת המחקר (פרוייקט המשך) רשמנו בסעיף "מטרת המחקר וחיבותו":

"ברור היום שאין חזרה לגידול בננות בשטח פתוח ולכן המטע בשטח פתוח, שהניב תוצאות נחותות עם צריכת מים מוגדלת, מיותרת. ביקשנו להסב את השטח הפתוח לבית רשת בעלת רשת 30% ע"מ להגדיל את הטווח של הרשתות, ובתקווה שהרשת הצפופה תניב חיסכון נוסף במים."

בהמשך תוכנית המחקר רשמנו שהניסוי יהיה בשלושה בתי רשת, כאשר השטח הפתוח יעבור הסבה לרשת 30%. לא רשמנו בתוכנית פרטים על ההסבה משטח פתוח עם צמחים בגיל שלוש לבית רשת, אלא התייחסנו רק להמשך עבודה בשלושה בתי רשת, 10%, 20% ו-30%.

בישיבה שקיים צוות הפרוייקט בתחילת הניסוי לפני כשנה, דנו באפשרות להסב את השטח הפתוח לבית רשת 30%. אנשי המו"פ הסבו את תשומת לבנו לקושי הרב למהלך כזה, מכיוון שמדובר בשטח עם צמחים בוגרים בגובה 5 מ'. כמו כן, הם חשבו שבננות שגדלו בשטח פתוח וכוסו ברשת 30% אחרי 3 שנים לא יתנהגו כמו צמחים שנשתלו מתחת לרשת 30% מההתחלה. לכן, בנוסף לקושי הרב במימוש תוכנית ההסבה, הם בדעה שאין אפשרות להסיק מסקנות משטח עם היסטוריה מורכבת להשקיה בבית רשת רגיל של 30%. לכן, סיכמנו בפרוייקט להמשיך עם אותו מבנה קודם ולמצות את הגידול בשטח פתוח ושני בתי הרשת הקיימים (10% ו-20%) עד סוף מחזור הגידול בסוף ה-5 שנים.

שינוי נוסף מתייחס לפעילות שמטרתה הנגשת הידע שנצבר במחקר לטובת מגדלי בנה בעמק הירדן. אחת התובנות העיקריות של הפרוייקט שעיקר השינוי באקלים מתחת לרשתות הינו השינוי במשטר קרינת שמש, כאשר השינויים ברוח ניתנים לחיזוי באמצעות מודל פשוט או שימוש במקדם קבוע, והשינויים בלחות וטמפרטורה קטנים וניתנים להזנחה. לקראת מימוש ההמלצות של הפרוייקט שניתן לחסוך כמויות משמעותיות של מים ע"י ניהול דינאמי של ההשקיה, כלומר על בסיס ניטור או מידול השינויים הדינאמיים שחלים באקלים בתוך בית הרשת, החלטנו להוסיף מבנה מודל קטן יחסית למדידה קבועה של האקלים הקרינתי מתחת לרשתות שבשימוש בבתי רשת בננות בעמק הירדן. המבנה נמצא ליד התחנה המטאורולוגית של השרות המטאורולוגי בצמח ומחולק ל-3 חלקים, כאשר כל אחד במימדים

של 3 X 3 מ' ומכוסה ברשת רלוונטית לגידול בננות (10%, 20% ו-30%). בעבודות קודמות השתמשנו במימדים אלה למדידת תכונות של רשתות מסוגים שונים (Cohen et al., 2010; Moller et al., 2010; Cohen and Fuchs, 1999; Al-Helal and Abdel-Ghany, 2011; al., 2014). הרעיון הוא למדוד קרינת שמש מתחת לרשתות, למזג את הנתונים בזמן אמת עם נתונים מהתחנה המטאורולוגית הסמוכה של השרות המטאורולוגי בצמח, ולחשב התאדות ייחוס שתשולב מידי יום בטבלאות האגרומטאורולוגית באתר של משרד החקלאות עם גישה מהאפליקציה Agrometeo. בינתיים המבנה עם הרשתות נבנה והתחלנו בניטור קרינת שמש מתחת לשלושת הרשתות. כאמור, פעילות זו לא תוכננה בהצעת המחקר המקורית ומיועדת לשיפור העברת הידע מהמחקר אל החקלאים.

אנו מבקשים אישור לשינוי תוכנית המחקר כך שהטיפולים יהיו בשטח פתוח ובשני בתי רשת במקום בשלושה בתי רשת.

בברכה,

שבתאי כהן

ספרות:

Cohen, S., Möller, M., Pirkner, M. and Tanny, J. 2014. Measuring radiometric properties of screens used as crop covers. *Acta Horticulturae*, 1015:191-199

Al-Helal, IM, Abdel-Ghany AM, 2011. Measuring and evaluating solar radiative properties of plastic shading nets. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 95:677-683

Möller, M., Cohen, S., Pirkner, M., Israeli, Y., Tanny, J. (2010). Transmission of short-wave radiation by agricultural screens. *Biosystems Engineering* 107:317-327

Cohen, S. and M. Fuchs. (1999). Measuring and predicting radiometric properties of reflective shade nets and thermal screens. *Journal of Agricultural Engineering Research* 73:245-55.