

משרד החקלאות –דף שער לדו"ח מדעי לתוכניות מחקר

לקרן המדען הראשי

קוד זיהוי	א. נושא המחקר (בעברית)
91-104-20	בחינת רשתות בעלות תכונות פיזיקליות ייחודיות, כאמצעי להעלאת היבול, חסכון במים, והגנה מנזקי רוח וקרה בבננה

ג. כללי		
מוסד מחקר של החוקר הראשי		
מיגל- מו"פ צפון		
תאריכים		
סוג הדו"ח	תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון	
שנתי	תקופת המחקר עברה מוגש הדו"ח	
	התחלה	סיום
	שנה חודש	שנה חודש
	1 / 20	12 / 22

ב. צוות החוקרים		
שם משפחה	שם פרטי	
חוקר ראשי	גלפז	נבות
חוקרים משניים		
1	גל אור	

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח		
שם מקור המימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים
קרן המדען הראשי	200,000	

הצגת הבעיה: מטעי הבננה בישראל מכוסים ברשת קריסטל לנו ארוגה לבנה, 10% הצללה, בעיקר בזכות חוזק מכני משופר. מטרת התכנית היא בחינת רשתות בעלות תכונות פיזיקליות ייחודיות ושונות מאלה של הרשת המשקית, כאמצעי ליצירת מיקרו-אקלים מותאם יותר לגידול הבננה בישראל, לצורך שיפור היבול, חסכון במנות ההשקיה, והגנה מפני נזקי עקות סביבתיות, בדגש על טמפ' קיצונית, ורוח.

שיטות העבודה: נשתלו שתי חלקות לצורך המחקר: 1. חלקה לבחינת רשתות פנינה באחוזי הצללה 20% ו-30%. 2. חלקה לבחינת רשתות רפלקטיביות ל-NIR, באחוזי הצללה 22% ו-30%. המעקב בניסוי כולל את ההשפעה של הרשתות השונות על תכונות צימוח, פריחה ויבול. בנוסף, בחלקת רשתות הפנינה מוקמו תחנות מטאורולוגיות, לצורך חישוב ההתאדות היומית תחת כל רשת, ובחלקת הרשתות הרפלקטיביות ל-NIR מתבצע איסוף נתונים על טמפ' האויר, העלים, והגזעול, ורמת הקרינה הפוטוסינתטית.

תוצאות עיקריות לתקופת הדוח הנידון: ניסוי רשתות הפנינה (יבולים א'-ד'): נמצאה מגמה ברורה: יתרון לגידול תחת רשת פנינה 30%. הצמחים שגדלו תחת רשת זו גבוהים וחסונים ביחס לצמחים שגדלו תחת רשת הביקורת. נמצאה תוספת ממוצעת של 2.3 ק"ג לאשכול ביחס לרשת המשקית, בעוד שמשקל האשכול בטיפול רשת פנינה 20% היה נמוך ב-0.9 ק"ג ביחס לרשת המשקית. בערכי ההתאדות היומית המחושבת נמצאה פחיתה של 16% תחת רשת הפנינה 30% ביחס לרשת המשקית בחודשים השונים, בעיקר בזכות הפחתה משמעותית של רמת הקרינה ועוצמת הרוח. בנוסף, נמצאה הפחתה בשיעור 37% של מספר הקרעים בעלה תחת רשת זו, כתוצאה מהפחתת מהירות הרוח. ניסוי הרשתות הרפלקטיביות ל-NIR (יבולים א'-ב'): תועדה הפחתה של רמות הקרינה הפוטוסינתטית ושל טמפ' המקסימום באויר, בעלה ובגזעול, תחת רשתות ה-NIR. נמצאה שונות גדולה בתוצאות הפרמטרים השונים בין יבולים א' ל-ב', מכיוון שעצמת הצימוח ומשקל האשכול ביבול א' של שתילות אביב בעמק הירדן נמוכים יחסית ליבול ב'. נמצאו המגמות הבאות: הצמחים בטיפול רשתות ה-NIR היו גבוהים יותר ביחס לטיפול הרשת המשקית, אולם בהיקף הגזעול לא נמצא הבדל. לא נמצא הבדל במועד הפריחה ומועד הקטיפה הממוצע ברשתות ה-NIR, ביחס לרשת המשקית, למרות תוספת ההצללה ברשתות הראשונות. במשקל האשכול ביבול א' נמצאה פחיתה של 0.9 ק"ג ו-1.2 ק"ג ברשתות ה-NIR 22% וה-NIR 30% ביחס לרשת המשקית, אולם ביבול ב' נמצא היפוך מגמה ברשת ה-NIR 30%, עם תוספת של 1.5 ק"ג למשקל האשכול, בעוד שברשת ה-NIR 22% נמצאה פחיתה של 2.8 ק"ג.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות: רשת הפנינה 30% מסתמנת כרשת בעלת פוטנציאל גדול בהעלאת היבול וחסכון במנות ההשקיה בבננה, אולם נדרשים חיזוק המבנה, וחיזוק הרשת, עקב אפקט ה"מפרש" הנובע מצפיפות הרשת. בעקבות פרסום תוצאות המחקר, מאות דונמים של חלקות בננה חדשות כוסו ברשת פנינה 30%. בדומה לרשת הפנינה 20%, נראה שגם תחת רשת ה-NIR22% יש פחיתה במשקל האשכול. נדרשות עוד שתי שנות איסוף נתונים לביסוס התוצאות בניסוי רשתות ה-NIR. הפחתת טמפ' המקסימום ורמת הקרינה, מרמזת לפוטנציאל לחסכון משמעותי במנות ההשקיה ברשתות אלה, בדומה לרשת הפנינה 30%.

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

חוקר ראשי	מנהל המחלק	מנהל המכון	אמכלו	רשות	תאריך
	ה	(פקול	ת	המח	(שנה)
		טה)	(רשות	קר	(חודש)
			המחקר)		(יום)

דו"ח שנתי לתכנית מחקר מספר 91-103-20

שנת המחקר: 3 מתוך 3 שנים

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ע"י:

חוקר ראשי: נבות גלפז
יועצים: גל אור
מו"פ צפון
שה"מ

פרטי חוקר ראשי:

Navot galpaz, Migal, Northern R&D, Kiryat-Shmona. E-mail: navot.navotg@migal.org.il

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

חתימת החוקר _____ תאריך: _____

עמוד

תוכן העניינים

1.....	דף שער
2.....	תקציר
3.....	אישורים
4.....	תקציר מדעי
5.....	מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח
5.....	מטרות המחקר
6.....	פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח
14.....	דיון ותשובות לשאלות מנחות
15.....	רשימת ספרות

הצגת הבעיה: מטעי הבננה בישראל מכוסים ברשת קריסטל לנו ארוגה לבנה, 10% הצללה, בעיקר בזכות חוזק מכני משופר. מטרת התכנית היא בחינת רשתות בעלות תכונות פיזיקליות ייחודיות ושונות מאלה של הרשת המשקית, כאמצעי ליצירת מיקרו-אקלים מותאם יותר לגידול הבננה בישראל, לצורך שיפור היבול, חסכון במנות ההשקיה, והגנה מפני נזקי עקות סביבתיות, בדגש על טמפ' קיצונית, ורוח.

שיטות העבודה: נשתלו שתי חלקות לצורך המחקר: 1. חלקה לבחינת רשתות פנינה באחוזי הצללה 20% ו-30%. 2. חלקה לבחינת רשתות רפלקטיביות ל-NIR, באחוזי הצללה 22% ו-30%. המעקב בניסוי כולל את ההשפעה של הרשתות השונות על תכונות צימוח, פריחה ויבול. בנוסף, בחלקת רשתות הפנינה מוקמו תחנות מטאורולוגיות, לצורך חישוב ההתאדות היומית תחת כל רשת, ובחלקת הרשתות הרפלקטיביות ל-NIR מתבצע איסוף נתונים על טמפ' האויר, העלים, והגזעול, ורמת הקרינה הפוטוסינתטית.

תוצאות עיקריות לתקופת הדוח הנידון: ניסוי רשתות הפנינה (יבולים א'-ד'): נמצאה מגמה ברורה: יתרון לגידול תחת רשת פנינה 30%. הצמחים שגדלו תחת רשת זו גבוהים וחסונים ביחס לצמחים שגדלו תחת רשת הביקורת. נמצאה תוספת ממוצעת של 2.3 ק"ג לאשכול ביחס לרשת המשקית, בעוד שמשקל האשכול בטיפול רשת פנינה 20% היה נמוך ב-0.9 ק"ג ביחס לרשת המשקית. בערכי ההתאדות היומית המחושבת נמצאה פחיתה של 16% תחת רשת הפנינה 30% ביחס לרשת המשקית בחודשים השונים, בעיקר בזכות הפחתה משמעותית של רמת הקרינה ועוצמת הרוח. בנוסף, נמצאה הפחתה בשיעור 37% של מספר הקרעים בעלה תחת רשת זו, כתוצאה מהפחתת הרוח. ניסוי הרשתות הרפלקטיביות ל-NIR (יבולים א'-ב'): תועדה הפחתה של רמות הקרינה הפוטוסינתטית ושל טמפ' המקסימום באויר, בעלה ובגזעול, תחת רשתות ה-NIR. נמצאה שונות גדולה בתוצאות הפרמטרים השונים בין יבולים א' ל-ב', מכיוון שעצמת הצימוח ומשקל האשכול ביבול א' של שתילות אביב בעמק הירדן נמוכים יחסית ליבול ב'. נמצאו המגמות הבאות: הצמחים בטיפול רשתות ה-NIR היו גבוהים יותר ביחס לטיפול הרשת המשקית, אולם בהיקף הגזעול לא נמצא הבדל. לא נמצא הבדל במועד הפריחה ומועד הקטיפה הממוצע ברשתות ה-NIR, ביחס לרשת המשקית, למרות תוספת ההצללה ברשתות הראשונות. במשקל האשכול ביבול א' נמצאה פחיתה של 0.9 ק"ג ו-1.2 ק"ג ברשתות ה-22% NIR וה-30% NIR ביחס לרשת המשקית, אולם ביבול ב' נמצא היפוך מגמה ברשת ה-30% NIR, עם תוספת של 1.5 ק"ג למשקל האשכול, בעוד שברשת ה-22% NIR נמצאה פחיתה של 2.8 ק"ג.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות: רשת הפנינה 30% מסתמנת כרשת בעלת פוטנציאל גדול בהעלאת היבול וחסכון במנות ההשקיה בבננה, אולם נדרשים חיזוק המבנה, וחיזוק הרשת, עקב אפקט ה"מפרש" הנובע מצפיפות הרשת. בעקבות פרסום תוצאות המחקר, מאות דונמים של חלקות בננה חדשות כוסו ברשת פנינה 30%. בדומה לרשת הפנינה 20%, נראה שגם תחת רשת ה-22% NIR יש פחיתה במשקל האשכול. נדרשות עוד שתי שנות איסוף נתונים לביסוס התוצאות בניסוי רשתות ה-NIR. הפחתת טמפ' המקסימום והקרינה, מרמזת לפוטנציאל לחסכון משמעותי במנות ההשקיה ברשתות אלה, בדומה לרשת הפנינה 30%.

ענף הבנות הוא הגדול בענפי הפירות בארץ מבחינת היקפי הייצור, ומהווה מקור הכנסה ותעסוקה חשוב במגזר הקיבוצי והמושבי בחוף הכרמל, הגליל המערבי, ועמק הירדן. בשנת 2020 שווקו כ-200,000 טון בנות, בשווי של כ-400 מיליון ₪ בשער המטע (בחשיאן, 2020).

ענף הבנות בישראל עבר בתחילת המאה ה-21 לגידול תחת רשתות, במטרה לספק הגנה מפני תנאים אקלימיים מגבילים, בעיקר נזקי רוחות. כתוצאה מכך חלה עליה של כ-30% ביבול ליחידת שטח, שיפור בגודל ובאיכות הפרי, הקטנת הפחת, יכולת לפיזור הקטיפה לאורך רוב השנה, חסכון במים בשיעור של כ-25%, והאפשרות לגדל בחלקות חדשות, בעלות קרקע שולית וחשופות לרוח (ישראלי וחוב' 2009).

ענף הבנות התקבע תוך זמן קצר על שימוש ברשת קריסטל לנו ארוגה לבנה, בעלת 10% הצללה, בעיקר בזכות חוזק מכני משופר. בשנים האחרונות, אנחנו בוחנים רשתות בעלות תכונות פיזיקליות שונות מהרשת המשקית, כאמצעי ליצירת מיקרו-אקלים מותאם יותר, לצורך שיפור משמעותי של אלמנטים שונים של גידול הבנות בארץ, בעיקר בהעלאת יבול, חסכון במנות ההשקיה, והגנה מפני נזקי עקות סביבתיות (חום וקור, מרוח).

כך, שימוש ברשתות תרמיות בעלות 50% הצללה, מקנה הגנה טובה בפני נזקי קרה (גלפז וחוב', 2018, נספח 1), ובמחקר נוסף בתחום ההשקיה המדייקת, במהלכו נקבעה רמת ההתאדות היומית הממושבת (ע"פ נוסחת פנמן-מונטית'), מצאנו שתחת רשתות באחוז הצללה 20% ניתן לחסוך 15%-20% ממנת ההשקיה השנתית, ביחס לרשת הביקורת בעלת 10% הצללה (Cohen et al., 2019).

אור השמש המגיע אלינו מורכב מאור ישיר, ומאור דיפוזי (מפוזר), המתקבל משבירה של האור הישיר. בעוד האור הישיר מגיע ישירות מהשמש, האור הדיפוזי מתפזר, ומגיע מכיוונים שונים. קרינת אור ישיר נבלעת על ידי עלי הצמח באופן לא אחיד: העלים העליונים חשופים לשטף קרינה גבוה, שעלול לגרום נזק למערכת הפוטוסינתטית כשהוא עובר את סף הנזק, ואילו העלים הנמוכים יותר זוכים למנות קטנות של קרינה, ולא מנצלים את הפוטנציאל הפוטוסינתטי שלהם. לפיכך, אור שמורכב מאחוז גבוה של אור דיפוזי משפר את ביצועי הצמח, בזכות הקטנה של נזקי עודף קרינת אור בעלים העליונים, ושיפור היעילות הפוטוסינתטית של העלים התחתונים, שזוכים ליותר אור, בזכות חדירות משופרת של האור הדיפוזי. רשתות מסוג פנינה הן רשתות לבנות שמוטמע בהן התוסף טיטניום אוקסיד (TiO₂), המקנה לרשת את תכונת פיזור האור הייחודית לה (https://green-tek.com/shade_nets_chromatinet). אחוז האור הדיפוזי המועבר מרשתות הפנינה, ביחס לאור הישיר, הוא גבוה במיוחד, ובגידולים שונים דווח על יתרון לגידול תחת רשת זו (Shahak, 2014, Li and Yang, 2015). במחקר הנוכחי, נבחנות רשתות פנינה באחוזי הצללה 20% ו-30%.

סוג רשת נוסף שנבחן במסגרת התכנית הוא רשת לבנה עם תוסף סלקטיבי לאורכי גל ב-NIR. יריעות פלסטיק עם תוסף זה הביאו להפחתה של 6 מעלות צלסיוס והעלאת היבול בחממת עגבניות בקיץ (חנה שוורץ, חברת "כפרית תעשיות", עדות אישית), והן בעלות פוטנציאל להגנה מפני קרה בחורף. רשתות אלה, ברמות הצללה 20% ו-30%, ייוצרו לראשונה, לצורך המחקר המוצע, על ידי חברת "GINEGAR smart cover solutions", בסתיו 2019.

תכנית המחקר תתבצע בשתי חלקות ניסוי, בהן תבחנה הרשתות השונות. בחלקות יתבצע איסוף נתונים חקלאיים מלא: תכונות צימוח, פריחה, ויבול. בניסוי רשתות הפנינה ייעשה שימוש בתחנות מטאורולוגיות, לקביעת הדיות היומית המחושבת, לצורך חישוב מנת ההשקיה היומית תחת כל סוג רשת.

מטרות המחקר: מטרת התכנית היא בחינת הפוטנציאל של שני סוגי רשתות בעלות תכונות פיזיקליות ייחודיות:

רשתות פנינה, המעבירות אחוז גבוה של אור מפוזר, ורשתות סלקטיביות לאורכי גל ב-NIR, בשיפור הצימוח והיבול, הגנה מפני נזקי טמפ' קיצון (גבוהות ונמוכות), וחסכון במנות ההשקיה, באמצעות שינוי המיקרו-אקלים בתוך בית הרשת.

ניסוי רשתות הפנינה: החלקה, של קיבוץ חניתה, נשתלה בקיץ 2017. נפרשו 3 סוגי רשתות: 1) קריסטל 'לנו' 10% הצללה, ארובה, הרשת המשקית בישראל, 2) פנינה 'לנו' 20%, ארובה, חורים מלבניים, 3) פנינה 'לנו', 30% ארובה, חורים מרובעים + סרט.

כל רשת מופיעה בארבע חזרות במתכונת בלוקים באקראי, שטח כל חזרה 1.13 דונם. שטח הניסוי הכולל הוא כ-16 דונם. תחת כל סוג רשת הוצבה תחנה מטאורולוגית, בגובה 4 מטר. עלים הוסרו בעת הצורך, ע"מ למנוע הצללה על הרגשים בתחנה. הנתונים נאספים כל 10 דקות, ומשמשים לחישוב הדיות היומית במטע, תוך שימוש בנוסחת פנמן מונטית'. בחלקה נאספים נתונים על ההשפעה של הרשתות השונות על תכונות וגטטיביות (גובה הצמח והיקף הגזעול בגובה 1 מטר אחרי פריחה), מועד הפריחה והיבול, ומדדי יבול ואיכות פרי (מספר כפות, משקל אשכול, תכונות פרי בודד ויבול מצטבר לדונם).

המדידות שהתקבלו בתחנות המטאורולוגיות שהוצבו בחלקת הניסוי התגלו בשנה ב' של הניסוי כלא אמינות מספיק, עקב תקלות חוזרות ונשנות ברגשים, ולכן בדו"ח מוצגות תוצאות שנמדדו בניסוי אחר, שמתקיים בקיבוץ מסדה שבעמק הירדן. תחנות מטאורולוגיות מסוג ET0 Station, מתוצרת חברת ADCON TELEMETRY, אוסטריה, הוצבו באוגוסט 2020 בגובה 4 מ' תחת רשתות קריסטל 10% ופנינה 30%, ונתונים מטאורולוגיים מלאים נאספים בכל חמש דקות. נתוני הקרינה, טמפ' אויר, הלחות ומהירות הרוח מוכנסים לנוסחאת פנמן-מונטית', לצורך חישוב ערך הדיות היומית תחת כל סוג רשת. כביקורת לפעילות התחנות, נאספים נתונים שנאספו בתחנה מטאורולוגית הממוקמת בחוץ, בחוות המחקר בצמח.

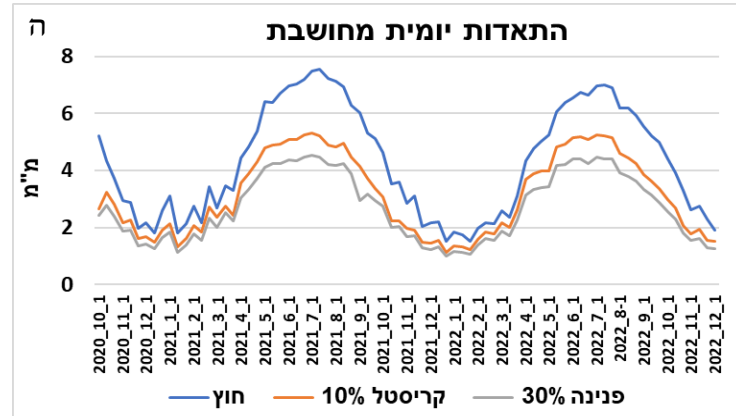
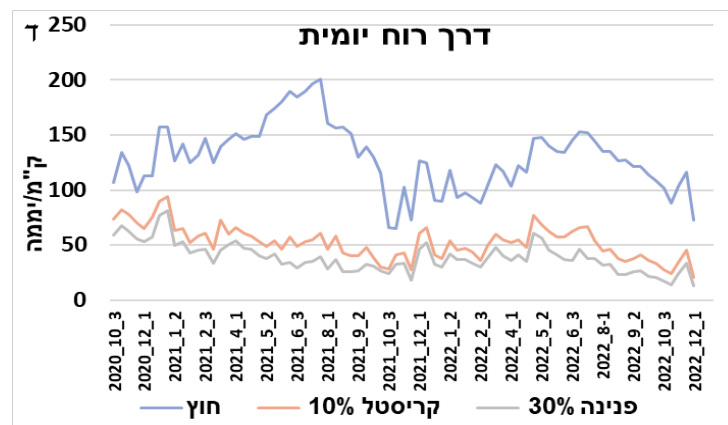
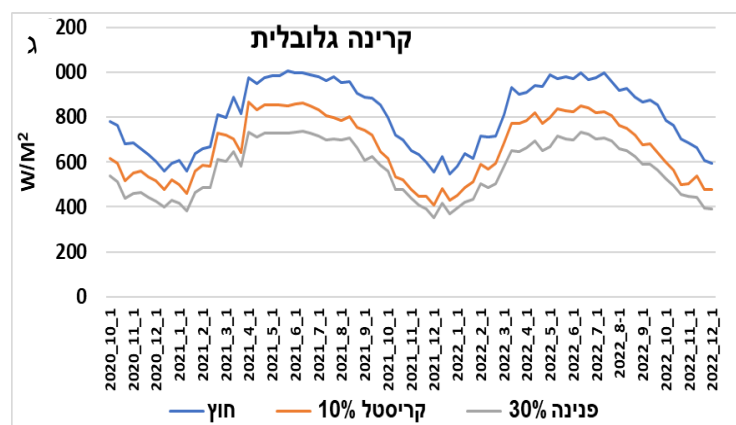
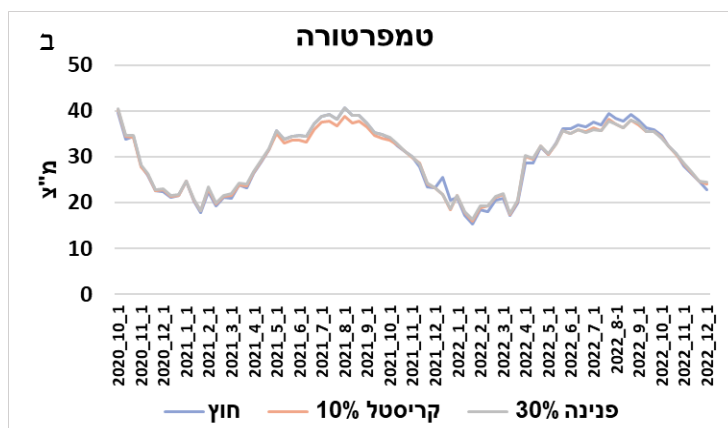
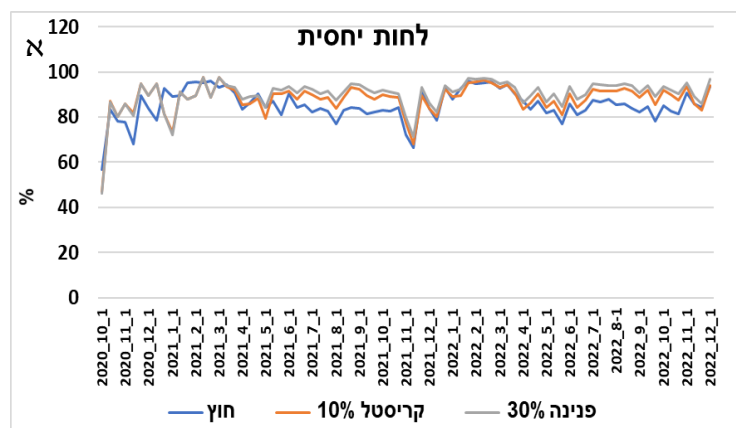
נתונים מטאורולוגיים: הנתונים המוצגים באיור 1, הינם ערכי מקסימום של קרינה גלובלית, לחות יחסית, טמפ', דרך רוח יומית (מתקבלת מהכפלת ממוצע מהירות רוח שעתית*24), וערך יומי של ההתאדות המחושבת (ET0). מהערכים היומיים חושב הממוצע המקסימלי בכל עשרת הנתונים נאספו בין התאריכים 1.10.2020-10.12.2022.

ערכי הלחות היחסית המקסימלית זהים תחת שני סוגי הרשתות לאורך כל התקופה, ואילו במדידה בשטח הפתוח נמצא שבחלק מהתקופה נמצא ההפחתה של רמת הלחות היחסית המקסימלית ביחס לרשתות, בין החודשים יוני-אוקטובר, בשתי שנות המדידה (2021 ו-2022, איור 1א').

בערכי הטמפ' המקסימלית לא נמצא הבדל בין סוגי הרשתות השונים, והחץ, לאורך כל התקופה (איור 1ב').

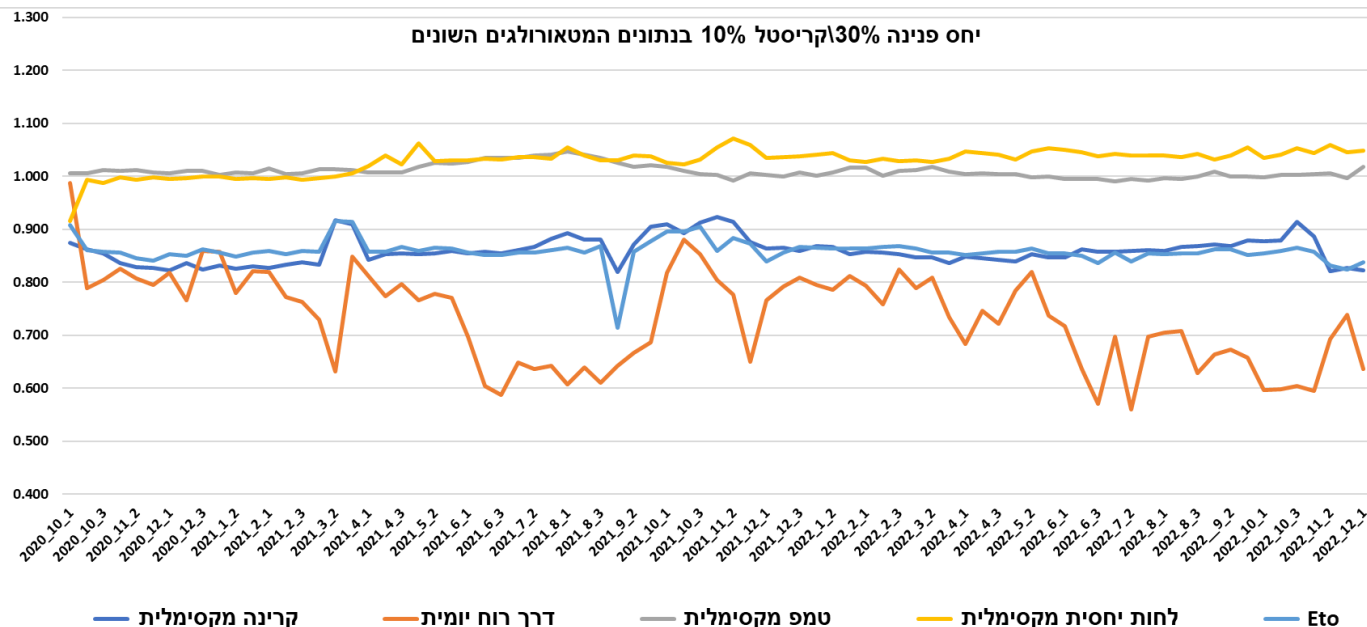
ברמת הקרינה הגלובלית, כמצופה, נמצאה הפחתה ממוצעת לאורך כל התקופה בשיעור של 27% תחת רשת הפנינה 30% הצללה, ביחס לרשת הקריסטל 10% הצללה (איור 3ג'). בערכי מהירות הרוח נמצאה ירידה משמעותית תחת רשת הפנינה 30%, ביחס לרשת הקריסטל 10%. טווח ההפחתה בכל התקופה היה 12%-43% (איור 3ד'), המרמז לשונות גדולה במהירות הרוח תחת שני סוגי הרשתות בימים השונים. בחודשים נובמבר-מאי, בהן הרשתות נשטפות מאבק, ממוצע ההפחתה היה כ-18%, ואילו בחודשים בהם הצטבר אבק על הרשתות, בין החודשים יוני-אוקטובר, ממוצע ההפחתה היב 34%.

בערכי ההתאדות המחושבת היומית הממוצעת נמצאה ירידה של 16% תחת רשת הפנינה 30% ביחס לרשת המשקית, קריסטל 10% (איור 1ה'), כשטווח הירידה בערך זה נע בין 9%-18%, בדקדות השונות.



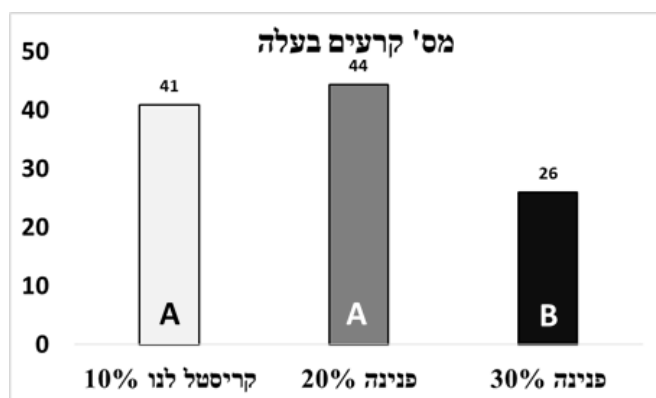
איור 1. נתונים מטאורולוגים תחת רשתות פנינה 30%, קריסטל 10%, וחץ. הנתונים המוצגים: ממוצע דקדה של: א. ערך מקסימלי של קרינה גלובלית; ב. ערך מקסימלי של לחות יחסית; ג. טמפרטורה מקסימלית; ד. דרך רוח יומית; ה. ערך התאדות מחושבת (ET0). הנתונים נאספו בטווח התאריכים 1.10.2020-10.12.2022.

יחס פנינה 30% קריסטל 10% בנתונים המטאורולוגיים השונים



איור 2. היחס בין הנתונים המטאורולוגיים השונים: רשתות פנינה 30%/קריסטל 10%.
 הנתונים התקבלו מחלוקת הערך בכל דקדה של כל אחד מהנתונים המטאורולוגיים היומיים תחת רשת הפנינה 30%, באלה שנאספו תחת רשת המשקית קריסטל 10%. הנתונים נאספו בטווח התאריכים 1.10.2020-10.12.2022.

מספר קרעים בעלים: לקראת סיום החורף בכלל, ולאחר האירוע המתמשך של רוחות חזקות (4-6.02.19) בפרט, נבחנה ההשערה לפיה רשתות הפנינה, הצפופות יותר מרשת הקריסטל לנו 10%, הקנו הגנה משופרת לצמחים מפני נזקי הרוח, ביחס לרשת המשקית. לצורך בחינת ההשערה, ספרנו את מספר הקרעים הכולל, משני צידי העורק המרכזי, בעלה מספר 2, בנצרים שגדלו תחת הרשתות השונות. בנצרים שגדלו תחת רשת קריסטל לנו 10% נמצאו 41 קרעים לעלה, בעוד שבצמחים שגדלו תחת רשתות פנינה 30% נמצאו 26 קרעים לעלה בלבד. נראה שרשת הפנינה 20% אינה מקנה עמידות משופרת לנזקי רוח, עם 44 קרעים לעלה (איור 3). הקרעים בעלי הבננה פוגעים בפיזיולוגיה של העלה והצמח כולו, ומפחיתים את מימוש הפוטנציאל הפוטוסינתטי, ולהערכתנו הפחתת פגיעה זו תחת רשת הפנינה 30% תורמת לכך שהצמחים הגדלים תחת רשת זו בריאים יותר ביחס לרשת המשקית.



איור 3. מספר קרעים בעלה תחת הרשתות השונות, לאחר אירוע הרוח החזקה שאירע ב-4-6.2.2019. נספרו כלל הקרעים, משני צידי העורק המרכזי, בעלה מספר 2, בנצרים מייצגים בגובה כ-1.5 מטר. מספר עלים נמדדים: 8 לחזרה, 32 לטיפול.

תוצאות צימוח, פריחה, ויבול

תוצאות יבולים א'-ד' בניסוי מצביעות על מגמה ברורה: יתרון לגידול תחת רשת פנינה 30%. התוצאות ליבול בודד במרבית הפרמטרים הנמדדים אינן מובהקות סטטיסטית, עקב שונות גדולה בין החזרות השונות בטיפול הביקורת, רשת קריסטל 10%. אם זאת, בחלק ניכר מהפרמטרים נמצאה מובהקות סטטיסטית בניתוח כל היבולים, עקב הגדלת המדגם.

הצמחים שגדלו תחת רשת פנינה 30% גבוהים וחסונים ביחס לצמחים שגדלו תחת רשת הביקורת, קריסטל 10%: גובה הצמח הממוצע ביבולים א'-ד' היה 309 ס"מ והיקף הגזעול 71.7 ס"מ, בהשוואה ל-298 ס"מ ו-69.8 ס"מ, בהתאמה (טבלה 1).

למרות ההבדלים ברמת ההצללה בין הרשתות השונות, לא נמצא עיכוב משמעותי במועד הפריחה או הקטיפ ברשתות הפנינה 30% ביחס לרשת המשקית, 3 ו-5 ימים, בהתאמה (טבלה 1). במספר הפרחים, נמצאה תוספת של 10 פרחים בממוצע רב-יבולי בטיפול הרשת המשקית, אולם להערכתנו הדבר לא נובע מנזקי הצללה, מכיוון שכבר ביבול הראשון, בו מספר הפרחים זהה למספר הצמחים השתולים, נמצא פער זה (טבלה 1).

במשקל האשכול בטיפול רשת פנינה 30% נרשמה תוספת של 2.3 ק"ג ביחס לרשת המשקית, בעוד שמשקל האשכולות בטיפול רשת פנינה 20% היה נמוך ב-1.2 ק"ג ביחס לרשת המשקית (טבלה 1).

במשקל ובהיקף האצבע נמצאה תוספת קלה בטיפול רשת הפנינה 30%, ביחס לטיפול הרשת המשקית (טבלה 1). בנתון היבול השקול בפועל, הנגזר מהכפלת מספר האשכולות הקטופים במשקל הממוצע של האשכולות הקטופים, נמצאה תוספת קלה של 186 ק"ג/דונם לשנה בטיפול רשת פנינה 30% ביחס לטיפול הרשת המשקית, בעוד שבטיפול רשת פנינה 20% חלה ירידה של 513 ק"ג ביחס לטיפול הרשת המשקית (טבלה 1).

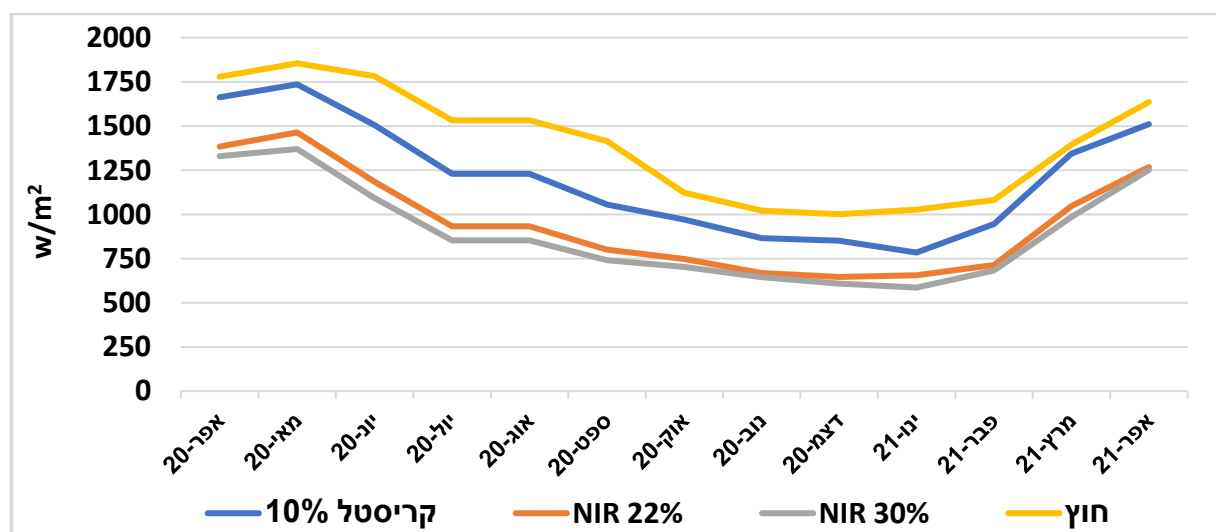
טבלה 1: תכונות צימוח, פריחה, ויבול, תחת הרשתות השונות, יבולים א'-ד'

שנה / יבול	קריסטל 10%	פנינה 20%	פנינה 30%	מובהקות
גובה בפריחה, ס"מ	2018-19, א'	278	280	295
	2019-20, ב'	271	264	278
	2020-21, ג'	325	321	336
	2021-22, ד'	317	318	330
	ממוצע 4 שנים	298B	296B	309A
היקף גזעול, ס"מ	2018-19, א'	67.4	66.9	69.2
	2019-20, ב'	64.6	62.3	66.2
	2020-21, ג'	76.6	75.3	78.1
	2021-22, ד'	70.6	70.0	73.4
	ממוצע 4 שנים	69.8	68.6	71.7
תאריך פריחה ממוצע	2018-19, א'	24/07/2018	24/07/2018	27/07/2018
	2019-20, ב'	30/08/2019	03/09/2019	01/09/2019
	2020-21, ג'	12/08/2020	17/08/2020	17/08/2020
	2021-22, ד'	10/08/2021	13/08/2021	12/08/2021
	ממוצע 4 שנים	11-אוג	14-אוג	14-אוג
מספר ימים מפריחה לקטיף	2018-19, א'	122	122	120
	2019-20, ב'	158	163	165
	2020-21, ג'	139	144	141
	2021-22, ד'	161	176	162
	ממוצע 4 שנים	145	151	147
תאריך קטיף ממוצע	2018-19, א'	20/11/2018	19/11/2018	19/11/2018
	2019-20, ב'	04/02/2020	11/02/2020	14/02/2020
	2020-21, ג'	26/12/2020	05/01/2021	02/01/2021
	2021-22, ד'	29/01/2022	22/02/2022	30/01/2022
	ממוצע 4 שנים	04-ינו	14-ינו	09-ינו
מספר פרחים לדונם	2018-19, א'	227	214	217
	2019-20, ב'	186	174	179
	2020-21, ג'	187	178	173
	2021-22, ד'	194	203	185
	ממוצע 4 שנים	198A	192AB	188B
מספר אשכולות קטופים לדונם	2018-19, א'	145	143	157
	2019-20, ב'	186	174	179
	2020-21, ג'	154	132	140
	2021-22, ד'	130	130	120
	ממוצע 4 שנים	154	145	149
מספר כפות	2018-19, א'	13.6	13.5	14.0
	2019-20, ב'	13.6	13.5	12.0A
	2020-21, ג'	13.6	13.5	12.7
	2021-22, ד'	12.3	12.4	12.6
	ממוצע 4 שנים	13.2	13.2	13.1
משקל אשכול כל הקטיפים, ק"ג	2018-19, א'	36.6	36.1	39.5
	2019-20, ב'	30.7	28.5	31.8
	2020-21, ג'	40.4	39.4	42.6
	2021-22, ד'	34.9	33.5	37.5
	ממוצע 4 שנים	35.6	34.4	37.9
יבול שקול בפועל לדונם, ק"ג	2018-19, א'	5989	5870	6451
	2019-20, ב'	4574AB	3870B	5117A
	2020-21, ג'	6213	5200	5964
	2021-22, ד'	4571	4355	4486
	ממוצע 4 שנים	5336B	4823A	5504A
יבול שקול בפועל לדונם, מצטבר, ק"ג	יבול א'-ד'	21347	19295	22018

מובהקות	פנינה 30%	פנינה 20%	קריסטל 10%	שנה / יבול	אצבע מייצגת מכף 3:
משקל, גרם				2018-19, א'	
ל.מ.	142	134	133		
ל.מ.	152	144	145	2019-20, ב'	
ל.מ.	163	157	156	2020-21, ג'	
ל.מ.	161	152	155	2021-22, ד'	
ממוצע 4 שנים	154	147	147		
0.032					
אורך חיצוני, ס"מ				2018-19, א'	
ל.מ.	20.5	20.0	19.8		
ל.מ.	21.2	20.8	20.9	2019-20, ב'	
ל.מ.	21.9	21.7	21.4	2020-21, ג'	
ל.מ.	22.1	21.3	21.3	2021-22, ד'	
ממוצע 4 שנים	21.4	21.0	20.8		
0.007					

ניסוי הרשתות הרפלקטיביות ל-NIR: החלקה, של קיבוץ תל-קציר, נשתלה באפריל 2020. נפרשו 3 סוגי רשתות: (1) הרשת המשקית, קריסטל 'לנו' 10% הצללה, (2) רשת רפלקטיבית ל-NIR, 22% הצללה, ארוגה, (3) רשת רפלקטיבית ל-NIR, 30% הצללה, ארוגה. הניסוי מתבצע במתכונת של תצפית, עם חזרה אחת, בשטח 2 דונם לחזרה, על כל סוג רשת. שטח הניסוי הכולל הינו 6 דונם. תחת כל סוג רשת, בגובה 2 מטר, הוצבו 2 הובואים למדידת טמפ' רציפה, ונמדדה, בימים נבחרים, טמפ' העלה והגזעול. רמת הקרינה הפוטוסינתטית (PAR) נמדדה אחת לחודש. בחלקה נאספים נתונים על ההשפעה של הרשתות השונות על תכונות וגטטיביות (גובה הצמח והיקף הגזעול בגובה 1 מטר אחרי פריחה), מועדי הפריחה והצימוח, ומדדי יבול ואיכות פרי (מספר כפות, משקל אשכול, תכונות פרי בודד ויבול מצטבר לדונם).

רמת הקרינה: כצפוי, נמצאה גרדיאנט בעוצמת הקרינה: חוץ < קריסטל 10% < הצללה < NIR 22% < NIR 30%. באופן מפתיע, ולא ניתן להסבר על ידי, ההפרש בעצמת הקרינה בין רשת ה-NIR 30% לרשת ה-NIR 22% קטן מהמצופה (8%).



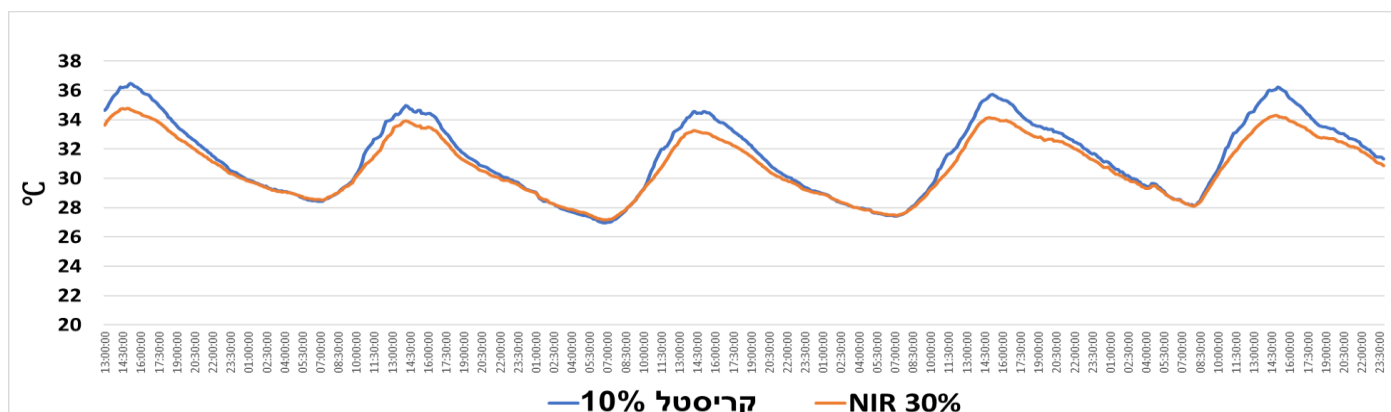
איור 3: רמת הקרינה הפוטוסינתטית (PAR). רמת הקרינה תחת כל אחד מסוגי הרשתות, ובחוץ, נמדדה אחת לחודש, בשעה 12, במשך שנה. התוצאות המוצגות, בכל מועד מדידה, מהוות ממוצע של 16 מדידות.

טמפרטורת האויר תחת הרשתות השונות: טמפ' האויר בגובה 2 מטר נמדדה לאורך כל חודשי השנה. בעוד שבטמפ' המינימום החודשים הממוצעת לא נמצא הבדל בין הרשתות השונות לאורך חודשי השנה (טבלה 2), בטמפ' המקסימום החודשית הממוצעת נמצאה הפחתה משמעותית ברשתות ה-NIR ביחס לרשת המשקית לאורך כל תקופת המדידה, והתקיים גרדיאנט: קריסטל $10\% < \text{NIR } 22\% < \text{NIR } 30\%$. בימים מסוימים בחודשים אלה נמצאה הפחתה של עד 3 מ"צ.

טבלה 2: טמפרטורת האויר בגובה 2 מ' תחת הרשתות השונות. מדידה רציפה של טמפ' האויר התבצעה בחודשים מאי 2020-מאי 2021. התוצאות המוצגות הן טמפ' מינימום ומקסימום חודשיות, והן ממוצע של שני הובואים. תחת כל סוג רשת.

	מקסימום			מינימום		
	NIR 30%	NIR 22%	קריסטל 10%	NIR 30%	NIR 22%	קריסטל 10%
מאי-20	36.5	36.3	37.4	19.3	19.3	19.3
יוני-20	37.5	37.5	38.7	21.2	21.2	21.3
יולי-20	39.7	39.7	41.2	24.5	24.5	24.4
אוג-20	37.6	38.1	40.1	25.3	25.3	25.4
ספט-20	35.8	36.7	37.9	25.4	25.2	25.4
אוק-20	33.1	33.3	34.6	22.3	22.2	22.3
נוב-20	25.2	25.2	26.0	16.9	16.7	17.0
דצמ-20	21.8	21.9	22.8	13.6	13.5	13.5
ינו-21	20.7	20.9	21.9	12.2	12.1	12.0
פבר-21	22.0	22.2	24.0	11.1	10.9	10.9
מרץ-21	24.7	24.5	26.4	11.5	11.4	11.3
אפר-21	32.8	33.1	34.9	15.2	15.0	15.1
מאי-21	36.3	36.8	38.8	19.3	19.1	19.3

טמפרטורת הגזעול תחת הרשתות השונות: טמפ' הגזעול נמדדה לאורך 5 ימים, בהם שררו בעמק הירדן טמפ' גבוהות במיוחד. בדומה לטמפ' האויר, גם בתוך הגזעול נמצאה הפחתה של כ-2 מעלות בטמפ' המקסימום בצמחים שגדלו תחת רשת הפנינה 30%, ביחס לצמחים שגדלו תחת רשת הקריסטל 10%, בעוד שבטמפ' המינימום לא נמצא הבדל בין הצמחים שגדלו תחת הרשתות השונות (איור 4).



איור 4: טמפרטורת הגזעול בגובה 1 מ' תחת רשתות קריסטל 10% ופנינה 30%. טמפ' הגזעול נמדדה בין התאריכים 5.9.2021-31.8.2021. חיישי טמפ' הוחדרו לעומק 20 ס"מ בתוך הגזעול. התוצאות המוצגות הן ממוצע של 4 גזעולים בכל סוג רשת.

תוצאות צימוח, פריחה, ויבול

נמצאה שונות גדולה בתוצאות הפרמטרים השונים בין יבולים א' ל-ב', מכיוון שהביצועים החקלאיים ליבול א' בעמק הירדן חלשים יחסית, בעוד שיבול ב' חזק, ולכן אין מובהקות סטטיסטית בממוצע שני היבולים באף אחד מהפרמטרים. נמצאו המגמות הבאות: הצמחים בטיפול רשתות ה- NIR היו גבוהים יותר ביחס לטיפול הרשת המשקית, אולם בהיקף הגזעול לא נמצא הבדל (טבלה 3). לא נמצא הבדל במועד הפריחה ומועד הקטיפה הממוצע (יבולים א'-ב') ברשתות ה-NIR, ביחס לרשת המשקית, למרות תוספת ההצללה ברשתות הראשונות. במשקל האשכול ביבול א' נמצאה פחיתה 0.9 ק"ג ו-1.2 ק"ג ברשתות ה-22% NIR וה-30% NIR ביחס לרשת המשקית, אולם ביבול ב' נמצא היפוך מגמה ברשת ה-30% NIR, עם תוספת של 1.5 ק"ג למשקל האשכול, בעוד שברשת ה-22% NIR נמצאה פחיתה של 2.8 ק"ג (טבלה 3).

טבלה 3: תכונות צימוח, פריחה, ויבול, תחת הרשתות השונות, יבולים א'-ב'

מובהקות	NIR 30%	NIR 22%	קריסטל 10%	שנה / יבול	
ל.מ.	270	262	264	א' 2020/21	גובה בפריחה, ס"מ
0.0002	318A	293B	295B	ב' 2021/22	
0.03	294	278	280	ממוצע	
ל.מ.	60.3	60.4	59.6	א' 2020/21	היקף גזעול 1 מ', ס"מ
0.0001	72.7A	67.6B	66.5B	ב' 2021/22	
ל.מ.	66.5	64A	63.1	ממוצע	
ל.מ.	07/04/2021	05/04/2021	06/04/2021	א' 2020/21	תאריך פריחה ממוצע
ל.מ.	08/08/2021	12/08/2021	05/08/2021	ב' 2021/22	
ל.מ.	03-יולי	01-יולי	03-יולי	ממוצע	
ל.מ.	28/09/2020	26/09/2020	30/09/2020	א' 2020/21	תאריך קטיפה ממוצע
ל.מ.	21/11/2021	25/11/2021	25/11/2021	ב' 2021/22	
ל.מ.	29-ספטמבר	03-אוקטובר	30-ספטמבר	ממוצע	
ל.מ.	10.1	9.89	9.94	א' 2020/21	מספר כפות
ל.מ.	11.9	11.2	11.7	ב' 2021/22	
ל.מ.	11.0	10.5	10.8	ממוצע	
ל.מ.	25.9	26.2	27.1	א' 2020/21	משקל אשכול כל הקטיפים, ק"ג
0.026	34.1A	29.8B	32.6AB	ב' 2021/22	
ל.מ.	30.0	28.0	29.9	ממוצע	
					אצבע מייצגת מכף 3:
0.002	175B	179B	196A	א' 2020/21	משקל, גרם
ל.מ.	192	187	192	ב' 2021/22	
ל.מ.	183.5	186.9	193.8	ממוצע	
ל.מ.	20.1	19.9	20.3	א' 2020/21	אורך חיצוני, ס"מ
0.0402	21.4A	20.2B	21.1AB	ב' 2021/22	
ל.מ.	20.8	20.1	20.7	ממוצע	
0.0018	12.3B	12.5B	12.8A	א' 2020/21	היקף אצבע, ס"מ
ל.מ.	11.9	12.0	12.1	ב' 2021/22	
ל.מ.	12.1	12.2	12.1	ממוצע	

מטרת המחקר היא בחינת רשתות בעלות תכונות פיזיקליות ייחודיות, במטרה ליצור מיקרו אקלים משופר בחלקה, לצורך העלאת היבול וחסכון במנות ההשקיה. במסגרת המחקר נבחנו שני סוגי רשתות: רשת פנינה, המעלה את אחוז האור המפוזר, ורשת רפלקטיבית ל-NIR, שהיא בעלת פוטנציאל לקירור המטע. שני סוגי הרשתות נבחנו בשני אחוזי הצללה: 20% (פנינה) או 22% (NIR), ו-30%.

רשתות פנינה: תוצאות יבול א'-ד' מרמזות, בכל הפרמטרים החקלאיים שמדדנו, ליתרון לרשת הפנינה 30% על פני הרשת המשקית, בעוד שלרשת הפנינה 20% אין יתרונות על רשת הביקורת. בטיפול הפנינה 30%, הצמחים היו גדולים יותר, סבלו פחות מנזקי רוח בחורף, ונמצאה תוספת למשקל האשכול בשיעור של 2.3 ק"ג. תוצאה חשובה נוספת היא הפחתה משמעותית מאד, של 16%, בהתאדות היומית המחושבת, בחודשים השונים, תחת רשת זו ביחס לרשת המשקית, נתון המרמז לאפשרות לחסכון משמעותי במנות ההשקיה, ושיפור יעילות השימוש במים.

רשתות רפלקטיביות ל-NIR: בדומה לרשתות הפנינה, למרות אחוזי ההצללה הגבוהים יותר, לא נמצא הבדל בזמן הפריחה והקטיפה ברשתות ה-NIR ביחס לרשת המשקית. בדומה לממצאים בניסוי רשתות הפנינה, ברשת ה-NIR22% נמצאה פחיתה במשקל האשכול ביחס לרשת המשקית, אולם בשונה מניסוי רשתות הפנינה, ברשת ה-NIR30% נמצאה מגמה מעורבת במשקל האשכול בשני היבולים, ובממוצע יבולים א'-ב' לא נמצאה תוספת למשקל האשכול ביחס לרשת המשקית. הפחתת טמפ' המקסימום באוויר, בעלה ובגזעול, תחת רשתות ה-NIR, עשויה להביא לשיפור בביצועים החקלאיים. להפחתה בטמפ' המקסימום בגזעול, שהוא האזור שבו מתרחשת ההתמיינות לפריחה והתפתחות התפרחת, עשויה להיות השפעה בעתיד על משקל האשכול ואיכות הפרי. בחלקת ניסוי רשתות ה-NIR לא חושבה התאדות יומית מחושבת, אולם הפחיתה המשמעותית באחוז ההצללה תחת רשתות אלה, מרמזת לפוטנציאל לחסכון משמעותי במנות ההשקיה, בדומה לזה שנמצא תחת רשת הפנינה 30%.

תשובות לשאלות מנחות:

ההתקדמות במחקר שחלה ממועד כתיבת הדו"ח האחרון: הושלם איסוף נתונים חקלאיים בחלקות המחקר: יבול ד' (רשתות פנינה), יבול ב' (רשתות NIR). הושלם איסוף נתונים מטאורולוגים וחישוב ערכי התאדות יומית במשך שנתיים, בחלקה חלופית של רשתות פנינה 30%, עקב תקלות חוזרות ברגשים בחלקת הניסוי בחניתה.

פעילויות שנעשו במו"פ במהלך תקופה (סיוורים, ביקורים, הרצאות, כינוסים, פיתוחים חדשים וכו'): ביוני 2021 ובאוקטובר 2022 התבצעו סיוורים בחלקות המחקר למגדלי הבננות. תוצאות המחקרים הוצגו למגדלי הבננות בימי עיון שנערכו ביולי 2021 ובאוקטובר 2022.

פרסומים: דיווח מפורט על תוצאות המחקרים מפורסם בספטמבר בכל שנה, בחוברת השנתית לסיכום המחקרים בתחום בננה, שמופצת בקרב המגדלים. סיכום תוצאות ניסוי רשתות הפנינה (יבולים א'-ג') פורסם במאי 2022 בעלון הנוטע, עמודים 24-29.

המלצות להמשך המחקר או שינוי במחקר: ניסוי רשתות הפנינה הסתיים, ובמקומו נשתל בקיץ 2020 ניסוי בעמק הירדן, בו נבחנת השקייה מדייקת (מבוססת התאדות יומית מחושבת) ברשתות הפנינה 30% והרשת המשקית קריסטל 10%, במטרה לבסס את הפוטנציאל שנמצא בניסוי רשתות הפנינה שדווח במחקר זה, לשיפור רמת היבול וחסכון מנת ההשקייה. בעקבות פרסום תוצאות המחקר, מאות דונמים של חלקות בננה חדשות כוסו ברשת פנינה 30% באזורי הגידול השונים. ניסוי רשתות ה-NIR יימשך שנתיים נוספות, במהלכן יתבצע איסוף נתונים חקלאיים מלא.

- בחשיאן א.** (2020). ענף הבננות: תמונת מצב 2020. 'עלון הנוטעי' **74**: 14-16.
- גלפז וחוב',** (2018): בחינת ראשונית של רשתות תרמיות להגנה מקרה. עלון הנוטעי **72**: 35-40.
- ישראלי י', חודי ג', ארזי א, נמרי נ, שפירא א, לוי י, טנאי י, כהן ש, שוורץ א .** חסכון במים במטע בננות בעמק הירדן באמצעות רשת צל (2009). עלון הנוטעי **63**: 20-21.
- Cohen S, Hadad D, Galpaz N, Israeli Y, Lukyanov V, Achiman, O, Londener A, Elingold I, Tanny Y** (2019): Exploiting dynamic changes in internal screenhouse climate to inform irrigation in bananas. Accepted, Acta Hort.
- Li T & Yang Q** (2015): Advantages of diffuse light for horticultural production and perspectives for further research. Frontiers in Plant Science, 6: 1-5.
- Shahak Y** (2014): Photosensitive Netting: an Overview of the Concept, R&D and Practical Implementation in Agriculture. Acta Hort. 1015, ISHS 2014: 155-162.