

ייעול הדישון בפלפל בתנאי הגידול בבקעת הירדן

אפרים צפלבץ, זיוה גלעד, אוהד נוראל, אחיעם מאיר - מו"פ בקעת הירדן, תחנת צבי דויד סילברמן - משרד החקלאות, שה"מ.
ד"ר כרמית זיו, גינת רפאל - המכון לחקר תוצרת חקלאית, מנהל המחקר החקלאי.

תקציר

במחקר שנערך במהלך שלוש עונות (22/23-24/25) נבחנה האפשרות לייעל את הדישון בפלפל בתנאי הגידול בבקעת הירדן. בניסוי נבחנו 5 טיפולים עיקריים כל טיפול ב 4 חזרות בבלוקים באקראי. עד לשלב של התבססות הצמחים היה שימוש בדשן 7-3-7 מסדרת טוב ברמה של 0.5-1.0 ליטר לקוב, זהה בכל הטיפולים (עד 50 ימים מהשתילה). לאחר התבססות הצמחים התבצע הפיצול לטיפולים כדלהלן: 1. דישון מסחרי – שימוש בדשן 7-0-7 בריכוז 1.0-2.0 ליטר לקוב; 2. מחצית מכמות הדישון המסחרי; 3. 10 מ"ק/ד' קומפוסט אור שניתנו ביסוד (במהלך הכנת השטח); 4. ריסוס עלווי ב- 21-21-21 בריכוז 2%, 20 ריסוסים עד נגירה אחת לשבוע עד 10 ימים מפוזר על כל העונה. 5. דישון מופחת- טיפול זה נבחן רק בשנתיים האחרונות של הניסוי, בעונה השנייה טיפול זה קיבל דישון מסחרי במשך 70 יום ואז הדישון הופסק עד סוף העונה. בעונה האחרונה ניסינו לשמור על רמת ניטראט של 3000 מ"ג לק"ג בפטוטורות וכשהרמה עלתה מעל הערך הזה הפסקנו את הדישון וכשהרמה ירדה מתחת לערך הזה החזרנו את הדישון לרמה שהייתה בטיפול 2. ההשפעה של הטיפולים לא הייתה זהה כל השנים. בשנה הראשונה הטיפול של הקומפוסט והטיפול של הריסוס עלווה נתנו פרי יותר גדול באופן מובהק. בשנה השנייה הטיפול של הדישון המופחת היה הטיפול הטוב ביותר, בשנה השלישית הטיפול המסחרי היה הכי טוב. מהמעקב שאנחנו מנהלים נראה שבטיפול המסחרי יש מצב של עודף חנקן וניתן לייעל את הדישון החנקני. לגבי הזרחן כבר הוכחנו במחקרים קודמים שאחרי ההתבססות של הצמח אין צורך להמשיך בדישון זרחני. לגבי האשלגן נראה שבגידול פלפל בתנאי הבקעה, לא ניתן לוותר עליו ולא ניתן לספק את כל הדרישה רק באמצעות ריסוס עלווה.

רקע קצר ותיאור הבעיה

הפלפל הוא גידול הירקות המרכזי בבקעת הירדן, והיקפו בעונה הנוכחית כ- 3,000 דונם. הנחיות הדישון בגידול פלפל מבוססות על הקליטה השנתית הממוצעת לדונם פלפל בתנאי בקעת הירדן והיא עומדת על 40 יח' חנקן, 8 יח' תחמוצת זרחן ו- 60 יח' תחמוצת אשלגן. לפי המומלץ כיום, עלות הדישון השנתית של דונם פלפל יכולה להגיע ל- 2,000 ₪ (נכון לעלות הדשנים בשנת 2025). ענף הפלפל נמצא בבעיה כלכלית: מצד אחד, ירידה במחירי המכירה, ומצד שני, עלייה משמעותית בעלות התשומות, כאשר אחד המרכיבים העיקריים בעליית התשומות הוא מחירי הדשן. אי לכך, יש עניין בבחינת האפשרות לחסוך בדישון ללא פגיעה ביבול מבחינת כמותו, איכותו וחיי המדף שלו. מעבר להיבט הכלכלי, קיימת מודעות גוברת לנזקים הסביבתיים של דישון עודף, הכוללים זיהום מי תהום בניטראטים והמלחת קרקע. מחקרים מהשנים האחרונות (Zhang et al., 2015; Cassman et al., 2022) מצביעים על כך שיעילות השימוש בחנקן בגידולי ירקות בחממות ובתי רשת היא נמוכה במיוחד ועומדת על כ-14%-20% בלבד מהכמות המיושמת. המשמעות היא שחלק ניכר מהדשן אינו נקלט על ידי הצמח. מחקר שנערך בסין (2022) הראה כי הפחתה של 20%-40% ברמת הדישון בגידול פלפל לא פגעה ביבול, ואף תרמה לשיפור הצטברות יסודות הזנה (N, P, K) ברקמות הצמח על ידי עידוד מערכת השורשים (Li et al., 2022). מחקרים אחרים בישראל ובעולם הדגימו כי דישון חנקני עודף מעודד צימוח וגטטיבי מוגבר על חשבון איכות הפרי, מה שמוביל לפרי "רך" יותר עם חיי מדף קצרים יותר ורגישות מוגברת לריקבנות (Stefanelli et al., 2010; Yasuor et al., 2013). במאמר משנת 2025 (Lahlali, 2025) מודגש כי שילוב של קומפוסט ודישון מינרלי מופחת משפר את פוריות הקרקע לאורך זמן, אך יישום לא מבוקר של קומפוסט עלול להעלות את המוליכות החשמלית (EC) בקרקע לרמות רעילות, וזה יהיה נכון, במיוחד באזורים צחיחים כמו בקעת הירדן.

מטרת המחקר הנוכחי לבחון האם ניתן ליישם את עקרונות הדישון המופחת בתנאי בקעת הירדן, תוך שמירה על יבול כלכלי וחיי מודף מיטביים לייצוא.

מהלך המחקר ושיטות עבודה

הניסוי התבצע בתחנת צבי במו"פ בקעת הירדן, בחלקה המעובדת החל מעונת 21/22. ביוני 2021 פוזר על כל השטח קומפוסט ביסוד בכמות של 15 מ"ק לדונם. לאחר מכן התבצע בחלקה גידול מסחרי של דלעת. הניסוי התחיל בעונה 22/23. רמת יסודות ההזנה והמליחות בעונת 2022 לפני התחלת הניסוי מופיעה בטבלה מס' 1.

טבלה 1. רמת יסודות הזנה ומליחות ממוצעים בקרקע לפני התחלת הניסוי

אשלגן (מא"ק לליטר)	זרחן (מ"ג לק"ג)	חנקן מינרלי (מ"ג לק"ג)	מוליכות חשמלית (דציסימנס/מטר)	עומק (ס"מ)
0.4	119.3	147.1	1.1	0-20
0.4	85.8	141.9	1.1	20-40

מטבלה 1 ניתן ללמוד כי רמת המוליכות החשמלית בחלקה נמוכה ואין בעיה של עודפי מלחים מסיסים בחתך הקרקע. עוד עולה מהטבלה כי רמת החנקן והזרחן גבוהים, ורמת האשלגן נמוכה יחסית. יש להזכיר כי בדיקות אלה מייצגות את המצב הממוצע בחלקות פלפל בממשק הגידול של חקלאי בקעת הירדן (אומנם, בהרבה מיקרים רמת החנקן יותר נמוכה, אבל כידוע רמת החנקן בקרקע היא זמנית ומס' אירועי השקיה ללא דישון יכולים להוריד את רמת החנקן בצורה משמעותית). בכל השנים הזן היה קונפידרו (זרעים גדרה), השתילה בבית רשת 17 מש באמצע אוגוסט והגידול עד סוף מאי.

כל הטיפולים בניסוי קיבלו בשלב של התבססות הצמחים דישון זהה בהתאם לתוצאות בדיקות קרקע (או 6-3-9 או 7-3-7). לאחר התבססות הצמחים, 30-50 ימים משתילה, פוצלה החלקה ל- 4 טיפולים ב-4 חזרות.

פרוט הטיפולים:

1. דישון ב-6-0-9 או ב-7-0-7 בריכוז של 1.5-1 ליטר לקוב.
2. חצי מהדישון מסחרי.
3. 7.5 מ"ק/ד' קומפוסט אור שיושם לפני העונה (במהלך הכנת השטח).
4. ריסוס עלוותי 21-21-21 (משווק על ידי חיפה כימיקלים) בריכוז 2%; בוצעו 20 ריסוסים אחת לשבוע עד 10 ימים.
5. החל מהשנה השנייה הוספנו טיפול חמישי שנקרא: "דישון מופחת". טיפול זה קיבל בשנה השנייה 70 ימים של דשן ואז המשיך ללא דשן עד סוף העונה ובשנה השלישית הופסק הדשן כמו בכל הטיפולים האחרים ואז הוא הוחזר לסירוגין רק אם הרמה של הניטראט בפטוטורות ירדה מתחת ל- 3000 מ"ג לק"ג. כל טיפולים, מלבד טיפול 3, קיבלו בשנה השלישית של הניסוי 3 מ"ק לדי "קומפוסט אור" וזה לפי המקובל בחלקות מסחריות.

מדדים למעקב

1. פעם בשבועיים בוצעו בדיקות של רמת הניטראט בפטוטרות במכשיר HORIBA.
2. ביצוע בדיקות קרקע ועלים - נבדקו יסודות ההזנה (NPK) ויסודות המליחות לאחר חנטה של 3-4 פירות, ביציאה מהחורף, ובסיום הקטיפים.
3. מעקב בקטיפ לבחינת יבול - כמות והתפלגות האיכות במהלך העונה.
4. כושר איחסון - פרי באיכות ייצוא מ 2-3 קטיפים, הגיע למחלקה לאחסון, במכון וולקני, נשטף במי ברז, נשקל ונארז מחדש בארגזי ייצוא (20-25 פירות לארגז) ואוחסן בפרוטוקול המדמה משלוח ימי לאירופה (10-14 יום ב- 7 מ"צ, 90-95% לחות, ואז העברה ל- 3 ימים בחיי מדף 22 מ"צ). בתום האחסון הפרי נשקל בשנית ונבדק למגוון מדדים.
5. בסיום הקטיפ המסחרי נקטפו כל הפירות שנשארו על הצמחים, ונשקלו הפירות שנראה כי אם היה ממשיך הגידול, היו מגיעים לשיווק ברמה של פרי איכותי. בדו"ח הנוכחי מוצגים הנתונים של סעיף זה רק לגבי העונה הראשונה וזאת בגלל שרק בעונה זו היו הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

תוצאות

יבול ואיכות - בטבלה 2 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על היבול והאיכות בעונה 22/23

טבלה 2. השפעת הטיפולים על היבול והאיכות במהלך הקטיפ בעונה 22/23

משקל פרי (גר')	יבול (ק"ג/מ"ר)			הטיפולים
	סוג ב'	איכות יצוא	סה"כ יבול	
172 ב	1.12 א	8.2	9.3	דישון מסחרי
188 אב	0.74 ב	8.3	9.1	חצי דשן
202 א	0.81 אב	9.7	10.5	קומפוסט
206 א	0.57 ב	8.8	9.4	ריסוסי עלווה

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק במבחן student's tTest ברמה של 5%

מטבלה 2 ניתן ללמוד שלא היה הבדל מובהק בין הטיפולים ביבול הכללי וביבול ליצוא למרות המגמה הברורה של יבול יותר גבוה בטיפול שקיבל קומפוסט ביסוד. לעומת זאת לגבי פרי סוג ב', ניתן לראות שהרמה בטיפול של הדישון המסחרי הייתה גבוהה באופן מובהק מהרמה בטיפול שקיבל ריסוסי עלווה. כמו כן, ניתן לראות שמשקל הפרי הממוצע היה גבוה באופן מובהק בטיפול של הקומפוסט ובטיפול שקיבל ריסוסי עלווה ביחס למשקל הפרי בטיפול המסחרי.

בטבלה 3 מרוכזים הנתונים של הפרי המסחרי האיכותי שהיה על הצמחים ולא נקטף בשל הצורך לבצע הכנות לקראת העונה הבאה (2023/24).

טבלה 3. השפעת הטיפולים על הפוטנציאל ליבול נוסף בסיום העונה 22/23

משקל פרי ממוצע (גרם)	מספר פירות (למ"ר)	משקל פרי ירוק איכותי (ק"ג למ"ר)	הטיפולים
82.0	22.2	1.82 ב	דישון מסחרי
87.0	26.7	2.32 אב	חצי דשן
75.4	31.4	2.37 אב	קומפוסט ביסוד
84.8	30.3	2.57 א	ריסוסי עלווה

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק במבחן student's tTest ברמה של 5%

מטבלה 3 ניתן ללמוד שבטיפול ריסוסי העלווה היה פוטנציאל היבול הנוסף גבוה באופן מובהק מפוטנציאל היבול הנוסף בטיפול המסחרי. לעומת זאת, במספר הפירות למ"ר ובמשקל הפרי הממוצע לא נראה הבדל מובהק בין הטיפולים.

בטבלה 4 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על היבול והאיכות בעונה 23/24

טבלה 4. השפעת הטיפולים על היבול והאיכות בעונה 23/24

משקל פרי (גר')	יבול (ק"ג/מ"ר)			הטיפולים
	סוג ב'	איכות יצוא	סה"כ יבול	
237	0.54	10.6 אב	11.1 אב	דישון מסחרי
229	0.54	9.2 אבג	9.7 אבג	חצי דשן
232	0.42	7.7 ג	8.1 ג	קומפוסט ביסוד
234	0.54	8.9 בג	9.4 בג	ריסוסי עלווה
243	0.55	10.8 א	11.3 א	דישון מופחת

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק במבחן student's tTest ברמה של 5%

מטבלה 4 ניתן ללמוד שהיבול הכללי והיבול ליצוא הגבוהים ביותר התקבלו בטיפול שקיבל דישון מופחת, והיו גבוהים במובהק מטיפול הקומפוסט ומטיפול ריסוסי העלוה. גם נתוני היבול ליצוא דומים לנתוני היבול הכללי. ביבול סוג ב' ובמשקל הממוצע של הפרי לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים. הטיפול המסחרי היה גבוה במובהק ביבול הכללי וביבול ליצוא רק מטיפול הקומפוסט (בעונה הזו לא היה הבדל בין הטיפולים בפוטנציאל ליבול נוסף ולכן הנתונים אינם מובאים בדו"ח)

בטבלה מס' 5 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על היבול והאיכות בעונה 24/25.

טבלה 5. השפעת הטיפולים על היבול והאיכות בעונה 24/25

משקל פרי (גר')	יבול (ק"ג/מ"ר)			הטיפולים
	סוג ב'	איכות יצוא	סה"כ יבול	
243 א	0.22 א	13.37 א	13.6 א	דישון מסחרי
238 אב	0.20 א	10.7 ב	10.9 ב	חצי דשן
231 בג	0.23 א	10.2 בג	10.4 בג	קומפוסט ביסוד
230 בג	0.13 א	9.0 ג	9.1 ג	ריסוסי עלווה
227 ג	0.16 א	10.5 בג	10.7 בג	דישון מופחת

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק במבחן student's tTest ברמה של 5%

מטבלה 5 ניתן ללמוד שבעונה הנוכחית היבול הכללי והיבול באיכות יצוא בטיפול המסחרי היה גבוה באופן מובהק מהיבול הכללי והיבול ליצוא בכל הטיפולים האחרים. כמו כן היבול הכללי והיבול באיכות יצוא בטיפול של הריסוסי עלווה היה נמוך באופן מובהק מהיבול הכללי והיבול באיכות יצוא בטיפול המסחרי. לגבי משקל הפרי הממוצע, הפרי בכל הטיפולים בעונה הנוכחית היה יחסית גדול מאוד בכל הטיפולים. ניתן לראות שמשקל הפרי הממוצע בטיפול המסחרי היה גבוה באופן מובהק ממשקל הפרי הממוצע בכל הטיפולים האחרים מלבד מהטיפול שקיבל חצי מכמות דשן שבו משקל הפרי היה נמוך מהמשקל בטיפול שקיבל דישון מסחרי אבל ההבדל אינו מובהק. משקל הפרי בטיפול של הדישון המופחת היה נמוך באופן מובהק ממשקל הפרי בטיפול המסחרי וממשקל הפרי בטיפול שקיבל חצי מכמות הדשן (גם בעונה זו לא היה הבדל בין הטיפולים בפוטנציאל ליבול נוסף ולכן הנתונים אינם מובאים בדו"ח).

כּוּשֵׁר אַחֲסוֹן- בטבלה 6 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על כּוּשֵׁר האחסון הממוצע לעונות 23/24 ו- 24/25.

טבלה 6- השפעת הטיפולים על כּוּשֵׁר האחסון של הפלפל ממוצע לעונות 23/24 ו- 24/25.

הטיפול	שיעור פרי מצומק (%)	הערכת מוצקות (1-5)	הופעה כללית (1-5)	שיעור ריקבון פרי (%)	שיעור ריקבון עוקץ (%)	TSS (°Brix)	שיעור בעיות הבשלה פרי עם לחי (בהירה)	איבוד משקל (%) (התחלתי)
דישון מסחרי	22.9% A	2.6 B	2.6 A	3.9% A	25.2% A	8.3% A	20.7% A	5.5% AB
חצי דשן	13.7% A	2.6 B	2.6 A	3.2% A	21.3% A	8.3% A	26.0% A	5.5% AB
קומפוסט ביסוד	19.4% A	2.6 B	2.6 A	2.7% A	25.0% A	8.1% A	35.5% A	5.6% A
ריסוסי עלווה	18.8% A	2.6 B	2.6 A	4.8% A	21.6% A	8.3% A	23.3% A	5.6% A
דישון מופחת	21.1% A	2.7 A	2.6 A	6.2% A	20.7% A	8.1% A	26.7% A	5.1% B

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק במבחן student's tTest ברמה של 5%

מטבלה 6 ניתן ללמוד שבממוצע לא היה הבדל בין הטיפולים במדד ההופעה, בשיעור הפרי המצומק, בשיעור ריקבון פרי, בשיעור ריקבון עוקץ, בשיעור הפרי עם בעיות הבשלה וברמת הבריסק. לעומת זאת בהערכת המוצקות ובאיבוד המשקל ב % היה הפרי בטיפול של הדישון המופחת טוב יותר באופן מובהק מהפרי בטיפולים האחרים (באיבוד המשקל המובהקות היא רק ביחס לטיפול של הקומפוסט ביסוד ומהטיפול של הריסוסי עלווה).

בדיקות קרקע ועלים- בדו"ח זה אנחנו מביאים רק את התוצאות שנראה לנו שיכולות לתת הסבר ליבולים והאיכויות שהתקבלו במהלך השנים. בטבלה 7 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על הרמה של המוליכות החשמלית, הכלוריד ויסודות ההזנה בחתך הקרקע בשנה הראשונה של הניסוי.

טבלה 7-השפעת הטיפולים על הרמה של המוליכות החשמלית, הכלוריד ויסודות הזנה בחתך הקרקע בסיום הניסוי בעונה

22/23

הטיפולים	מוליכות (דצ"מ/מ')	כלוריד (מא"ק/ל')	חנקן מינראלי (מ"ג/ק"ג)	זרחן (מ"ג לק"ג)	אשלגן (מא"ק לליטר)
עומק 0-20 ס"מ					
דישון מסחרי	1.84 א	9.2	50.4	86.3 ב	2.0 א
חצי דשן	1.36 אב	7.6	24.2	96.6 אב	0.49 ב
קומפוסט ביסוד	1.25 אב	6.5	21.0	126 א	0.27 ב
ריסוסי עלווה	1.17 ב	5.8	44.6	84.0 ב	0.29 ב
עומק 20-40 ס"מ					
דישון מסחרי	2.21 א	12.2 א	45.5 א	57.8	2.0 א
חצי דשן	1.28 ב	8.3 אב	15.3 ב	42.8	0.34 ב
קומפוסט ביסוד	1.11 ב	6.6 ב	15.4 ב	45.7	0.27 ב
ריסוסי עלווה	1.10 ב	4.2 ב	13.6 ב	43.0	1.34 אב

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק במבחן student's tTest ברמה של 5%

מטבלה 7 ניתן ללמוד שבעומק 0-20 ס"מ המוליכות החשמלית בטיפול של הדישון המסחרי הייתה גבוהה באופן מובהק מהמוליכות החשמלית בטיפול שקיבל ריסוסי עלווה. בטיפולים של קומפוסט ביסוד וחצי מכמות הדישון הייתה

המוליכות החשמלית נמוכה באופן לא מובהק ביחס לטיפול של הדישון המסחרי, אך גבוהה שלא במובהק מטיפול ריסוסי העלווה. בעומק 20-40 ס"מ המוליכות החשמלית בטיפול המסחרי הייתה גבוהה באופן מובהק מהמוליכות החשמלית בכל הטיפולים האחרים.

לגבי **הכלוריד**, ניתן לראות שבעומק 0-20 ס"מ לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים, אך בעומק 20-40 ס"מ רמת הכלוריד בטיפול של הדישון המסחרי הייתה גבוהה באופן מובהק מהרמה בטיפול שקיבל קומפוסט ביסוד ומטיפול ריסוסי העלווה. **חנקן מינראלי** - ניתן לראות שבעומק 0-20 ס"מ לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים, לעומת זאת בעומק 20-40 ס"מ הרמה בטיפול המסחרי הייתה גבוהה באופן מובהק מהרמה בכל הטיפולים האחרים. בהתייחס להמלצות דישון ע"ס בדיקות קרקע הרמה בטיפול המסחרי הייתה גבוהה מהרמה המומלצת ב-2 העומקים שנדגמו, לעומת זאת הרמה בטיפול שקיבל חצי מהדישון המסחרי והרמה בטיפול של הקומפוסט הייתה נמוכה מהרמה המומלצת ב-2 העומקים שנבדקו והרמה בטיפול של הריסוסי עלווה הייתה טובה בעומק 0-20 ס"מ ונמוכה במקצת בעומק 20-40 ס"מ.

זרחן - מהתוצאות עולה כי בעומק 0-20 ס"מ הייתה רמת הזרחן בטיפול הקומפוסט גבוהה במובהק מרמתו בטיפול המסחרי ומרמתו בטיפול ריסוסי העלווה. בכל הטיפולים נמצאה רמה גבוהה מאוד של זרחן.

אשלגן - נראה כי גם בעומק 0-20 ס"מ וגם בעומק 20-40 ס"מ רמת האשלגן בטיפול המסחרי גבוהה באופן מובהק מהרמה בכל הטיפולים האחרים, מלבד מזו של הריסוסי העלווה שבעומק 20-40 ס"מ, הרמה שלו הייתה 1.34 מא"ק לליטר והיא עלתה מאוד ביחס לרמה בעומק העליון, לא מצאנו לכך כל הסבר הגיוני.

בסך הכול, ביחס להמלצות מסחריות מקובלות, הרמה של החנקן בטיפול המסחרי נמצאת בתחום, אך בכל החלקות האחרות הייתה הרמה נמוכה. רמתו של הזרחן בכל החלקות הייתה גבוהה, ורמתו של האשלגן בחלקה המסחרית הייתה עודפת, בעוד שבכל החלקות האחרות הייתה יחסית נמוכה.

בטבלה מס' 8 מרוכזים הנתונים של המוליכות החשמלית בחתך הקרקע בשנה השנייה (23/24) של הניסוי (הבדיקות בוצעו לפני השתילה). אנחנו מביאים את הנתונים של הבדיקות קרקע שבוצעו לפני השתילה בעונה השנייה כדאי להראות את הסיבה לפיגור של טיפול הקומפוסט וזאת למרות שניסינו להגיב על הנתונים החריגים שהתקבלו בבדיקות.

טבלה 8- רמת יסודות הזנה ומוליכות חשמלית בחתך הקרקע בטיפולים השונים לפני השתילה בעונה 23/24

טיפול	pH	מוליכות (דצ"מ/מ')	כלוריד (מא"ק/לי')	חנקן מינראלי (מ"ג/ק"ג)	זרחן (מ"ג/ק"ג)	אשלגן (מא"ק/לי')
עומק מדגם 0-20 ס"מ						
דישון מסחרי	7.85 א	1.90 ב	2.6 ב	36.9 ב	111 ב	0.69 אב
חצי דישון	7.75 א	1.65 ב	2.5 ב	37.3 ב	117 ב	0.47 בג
קומפוסט ביסוד	7.45 ב	2.75 א	3.6 א	124.0 א	218 א	0.82 א
ריסוסי עלווה	7.75 א	2.00 ב	2.5 ב	37.6 ב	121 ב	0.44 ג
דישון מופחת	7.58 אב	2.18 אב	2.7 ב	34.6 ב	124 ב	0.65 אבג
עומק מדגם 20-40 ס"מ						
דישון מסחרי	7.85 א	1.43 ב	2.6 ב	31.9 ב	59 ב	0.92 א
חצי דישון	7.85 א	1.45 ב	2.7 ב	27.4 ב	56 ב	0.35 ב
קומפוסט ביסוד	7.43 ג	3.28 א	4.8 א	117.3 א	135 א	0.83 א
ריסוסי עלווה	7.83 אב	1.63 ב	3.1 ב	27.8 ב	73 ב	0.35 ב
דישון מופחת	7.65 ב	1.60 ב	2.7 ב	24.9 ב	74 ב	0.61 אב

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק במבחן student's tTest ברמה של 5%

מטבלה 8 ניתן ללמוד: pH - ניתן לראות שה-pH בטיפול של הקומפוסט נמוך באופן מובהק מה-pH בכל הטיפולים האחרים בשני העומקים שנדגמו, מלבד הטיפול של הדישון המופחת, שלא נבדל באופן מובהק מאף אחד מהטיפולים בעומק העליון, אך נבדל במובהק משני הטיפולים של הדישון הכימי בעומק התחתון. בסך הכול ניתן לומר כי ההבדלים ברמת ה-pH הם מובהקים, אך בכל מקרה, הקרקע בכל הטיפולים נותרה בסיסית ולא היו לתוצאה זו השלכות מעשיות. מוליכות חשמלית - בטיפול הקומפוסט המוליכות החשמלית גבוהה יותר מהמוליכות החשמלית בכל הטיפולים האחרים בשני העומקים שנבדקו. יש לציין כי אחרי השתילה ניתנו בטיפול זה 3 מחזורים של 10 קוב לד' לשם שטיפה נוספת, מעבר להשקיות שקיבלו כל הטיפולים בניסוי. ומעבר למנה של 100 מ"ק לד' שנתנה אחרי היישום של הקומפוסט. כלוריד - הרמה בטיפול של הקומפוסט גבוהה יותר מהרמה בכל הטיפולים האחרים בשני העומקים שנבדקו.

חנקן מינראלי - ניתן לראות שהרמה בטיפול הקומפוסט גבוהה במובהק מהרמה בכל הטיפולים האחרים. בכל הטיפולים הרמה נחשבת כרמה טובה, בעוד שבטיפול הקומפוסט - רמה עודפת.

זרחן - הרמה בטיפול הקומפוסט גבוהה במובהק מהרמה בכל הטיפולים האחרים, ובכל הטיפולים נוצר מצב של עודף זרחן.

אשלגן - הרמה בטיפול הקומפוסט גבוה יותר מהרמה בכל הטיפולים האחרים. בשני העומקים המובהקות היא רק ביחס לטיפול החצי דישון ולטיפול ריסוסי העלווה. בכל מקרה, לפי תוצאות הבדיקות בכל הטיפולים, נדרש דישון באשלגן.

בטבלה 9 מרוכזים הנתונים של רמת יסודות הזנה וכלוריד בעלים של הפלפל בסיום העונה השנייה של הניסוי (23/24).

טבלה 9- השפעת הטיפולים על הרמה של יסודות ההזנה ויסודות המליחות בעלים בעונה 23/24

מנגן (מ"ג לק"ג)	אבץ (מ"ג לק"ג)	ברזל (מ"ג לק"ג)	כלוריד (%)	מגניום (%)	אשלגן (%)	זרחן (%)	חנקן (%)	הטיפול
בדיקות בינואר								
81 אב	61 ב	129 אב	0.76	0.81 ב	4.78 א	0.29	5.07	דישון מסחרי
80 אב	62 ב	117 ב	0.96	0.89 אב	4.52 אב	0.26	4.52	חצי דישון
70 ב	83 א	130 אב	0.73	0.98 א	4.41 ב	0.28	5.21	קומפוסט ביסוד
85 א	67 ב	144 א	0.83	0.99 א	4.33 ב	0.28	5.20	ריסוסי עלווה
90 א	62 ב	124 אב	0.76	0.90 אב	4.33 ב	0.28	4.93	דישון מופחת
בדיקות בסיום הניסוי								
75 אב	61 ג	256		0.68 ב	4.79 א	0.29 ב	5.59	דישון מסחרי
89 א	79 ב	293		0.87 א	4.26 ב	0.27 ב	5.09	חצי דישון
59 ב	111 א	285		0.99 א	3.78 בג	0.28 ב	5.25	קומפוסט ביסוד
80 אב	84 ב	263		0.85 א	3.55 ג	0.38 א	5.05	ריסוסי עלווה
84 א	74 בג	266		0.84 אב	3.96 בג	0.27 ב	4.23	דישון מופחת
40-100	30-60	80-200	0.5 >	0.4-0.8	4-6	0.3-0.7	4-5	ערכים רצויים

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק במבחן student's tTest ברמה של 5%

מטבלה 9 ניתן ללמוד שבאף אחד מהטיפולים בניסוי לא היה מחסור **בחנקן** במהלך הניסוי. לעומת זאת לגבי **הזרחן** ניתן לראות שבדיגום שהתבצע בינואר הרמה נמוכה בכל הטיפולים, ולעומת זאת בדיגום שהתבצע בסיום הניסוי הרמה בטיפול של הריסוסי עלווה הייתה בתחום הרצוי ובכל הטיפולים האחרים הרמה הייתה נמוכה. לגבי **האשלגן** ניתן לראות שבטיפול המסחרי הרמה הייתה גבוהה במובהק מרמתו בכל הטיפולים שלא קיבלו דישון דרך מערכת ההשקיה, גם בדיגום שבוצע בינואר וגם בדיגום שבוצע בסיום הניסוי. **מגניום** - רמת המגניום בכל הטיפולים הייתה יחסית גבוהה בשני מועדי הדיגום, וניתן לראות בהם כי הרמה בטיפול המסחרי נמוכה באופן מובהק מהרמה בטיפולים האחרים. **יסודות קורט** - הרמה בכל הטיפולים בשני המועדים נמצאת בתחום הרצוי. בדיגום של ינואר, הרמה של הברזל בטיפול ריסוסי העלווה הייתה גבוהה במובהק מהרמה בטיפול שקיבל חצי דשן. **אבץ** - ניתן לראות שבשני מועדי הדיגום הרמה בטיפול שקיבל קומפוסט ביסוד גבוהה מהרמה בכל הטיפולים האחרים. **מנגן** - ניתן לראות שהרמה בטיפול שקיבל קומפוסט ביסוד נמוכה במובהק מהרמה בטיפול שקיבל דישון מופחת בשני מועדי הדיגום, ומהטיפול של ריסוסי העלווה בדיגום שבוצע בינואר.

בטבלה 10 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפול על רמת יסודות ההזנה ויסודות המליחות בעלים בעונה השלישית (24/25) סיום הניסוי.

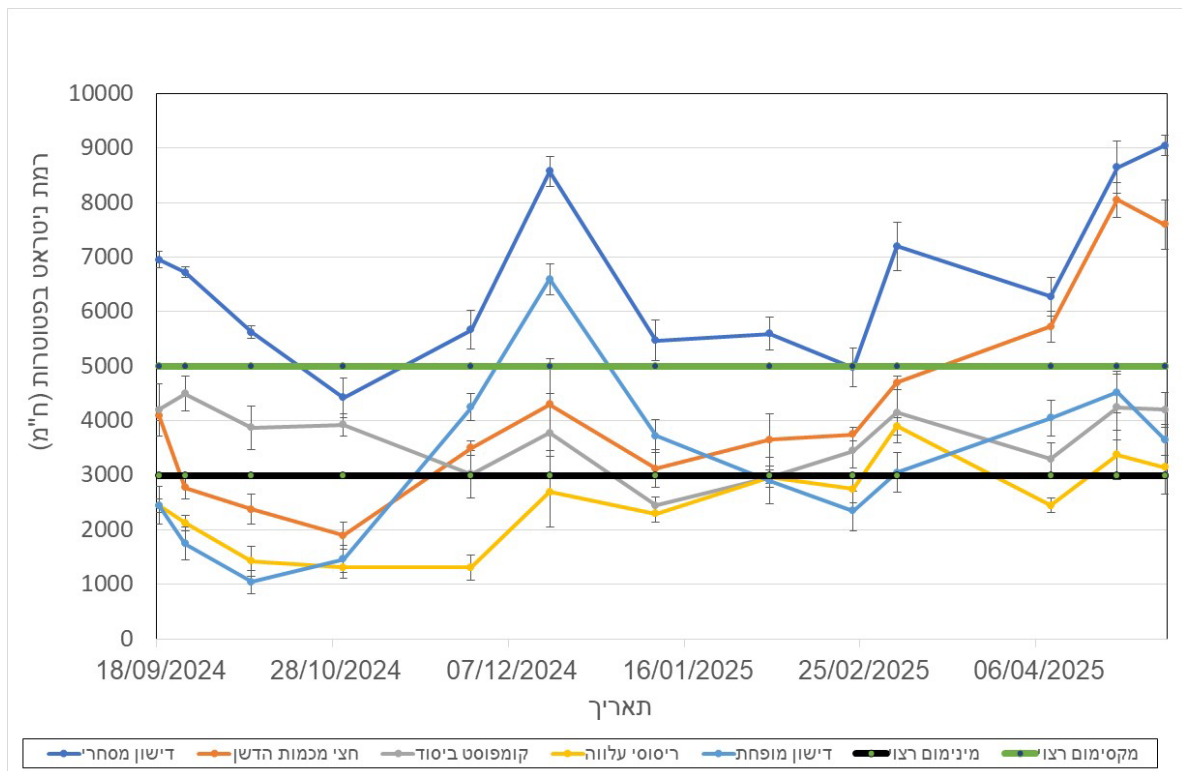
טבלה 10- השפעת הטיפול על הרמה של יסודות הזנה ומליחות בעלים של הפלפל בסיום הניסוי ב 24/25

הטיפול	חנקן (%)	זרחן (%)	אשלגן (%)	מגנזיום (%)	כלור (%)	ברזל (מ"ג/ק"ג)	אבץ (מ"ג/ק"ג)	מנגן (מ"ג/ק"ג)
דישון מסחרי	5.23 אב	0.30 ב	3.9 א	0.65 ב	0.51 א	135	60 ב	73.5 א
חצי דשן	5.67 א	0.34 אב	4.2 א	0.66 ב	0.55 א	125	60 ב	68 אב
קומפוסט ביסוד	4.63 בג	0.34 אב	3.3 ב	0.87 א	0.17 ב	145	78 א	56.7 ג
ריסוסי עלוה	4.60 ג	0.33 אב	3.5 ב	0.73 ב	0.18 ב	145	63 ב	59.6 ג
דישון מופחת	4.87 בג	0.35 א	3.4 ב	0.71 ב	0.18 ב	178	60 ב	65.8 בג

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק במבחן student's tTest ברמה של 5%

מטבלה 10 ניתן ללמוד שרמת החנקן בעלים של הפלפל בטיפול שקיבל חצי מכמות הדשן הייתה גבוהה באופן מובהק מהרמה של החנקן בעלים של הטיפול שקיבל קומפוסט ביסוד ומהרמה של החנקן בעלים של הטיפול שקיבל ריסוסי עלוה ומהרמה של החנקן בעלים של הטיפול שקיבל דישון מופחת. יש לציין שבסה"כ לפי הערכים המקובלים (מופיע בתחתית טבלה 7), אף טיפול לא נמצא במצב של מחסור בחנקן. זרחן ניתן לראות שהרמה בטיפול של הדישון המופחת הייתה גבוהה באופן מובהק מהרמה בטיפול של הדישון המסחרי. אשלגן ניתן לראות שהרמה בשני הטיפולים שקיבלו דישון כימי רצוף הייתה גבוהה באופן מובהק מהרמה בטיפולים האחרים. יש לציין שהרמה המומלצת היא מעל 4.0%, כך שלמעשה בכל הטיפולים מלבד הטיפול שקיבל חצי דשן היה מחסור מסוים באשלגן. מגנזיום ניתן לראות שהרמה בטיפול שקיבל קומפוסט ביסוד הייתה גבוהה באופן מובהק מהרמה בכל הטיפולים האחרים בסה"כ הרמה בכל הטיפולים יחסית גבוהה. כלור ניתן לראות שהרמה בכל הטיפולים שקיבלו דישון כימי (דישון מסחרי וחצי מדישון מסחרי) הייתה גבוהה באופן מובהק מהרמה בטיפולים שלא קיבלו את הדשן הזה. ברזל ניתן לראות שלא היה הבדל מובהק בין הטיפולים. אבץ ניתן לראות שהרמה בטיפול שקיבל קומפוסט ביסוד הייתה גבוהה מהרמה בכל הטיפולים האחרים. יש לציין שהרמה של האבץ בכל הטיפולים הייתה טובה. מנגן ניתן לראות שהרמה בטיפול המסחרי הייתה גבוהה באופן מובהק מהרמה בכל הטיפולים שלא קיבלו דישון מסחרי באופן רצוף, יש לציין שלמרות ההבדלים בין הטיפולים הרמה בכל הטיפולים הייתה בתחום הרצוי.

מעקב רמות חנקן תנקתי בפטוטרות במיצוי ישיך - בדו"ח זה אנחנו מביאים רק את התוצאות של המעקב אחרי הרמה של הניטראט בפטוטרות בעונה האחרונה של הניסוי. באיור מס' 1 מוצגת השפעת הטיפול על השתנות רמת NO₃ בפטוטרות מתחילת אוקטובר עד לסיום הניסוי בעונה 24/25.



איור 1: השפעת הטיפול על רמת הניטראט (NO_3^- ח"מ) במיצוי ישיר מפטוטרות כפי שנמדדה במכשיר אוריבה בעונה 24/25

מאיור 1 ניתן ללמוד שהרמה של הניטראט בפטוטרות בטיפול הדישון המסחרי (קו כחול) הייתה בכל המקרים גבוהה מערך המקסימום הרצוי (5000 ח"מ) וזאת מלבד הבדיקה ב 28/10/2024 שבה הרמה הייתה בתחום הרצוי. בטיפול של הדישון המופחת שבו ניסינו לעמוד על ערך של 3000 ח"מ הייתה בעיה שבאופן מעשי עד סוף נובמבר הרמה הייתה נמוכה מערך שהגדרנו. הטיפול של הריסוסי עלווה (קו צהוב) היה כנראה במחסור כמעט לכל אורך העונה. הטיפול שקיבל חצי מרמת הדשן בטיפול המסחרי היה רוב העונה בתחום הרצוי, מלבד בדיגום של ה 28/10 שבו הרמה הייתה נמוכה והחל מ 25/2 שבו הטיפול היה בעודף.

דיון

במחקר זה ניסינו למצוא ממשק הזנה חסכוני לפלפל בתנאי הגידול בבקעת הירדן, לפי דעתנו ממשק שניתן להמליץ עליו חייב לחזור על עצמו יותר משנה אחת. באופן מעשי במהלך השנים ההשפעה של הטיפולים לא הייתה זהה. בשנה הראשונה הטיפול של הקומפוסט ביסוד והטיפול שקיבל ריסוסי עלווה הביאו לפרי יותר גדול באופן מובהק מהפרי שהתקבל בטיפולים של הדישון הכימי (ברמה מסחרית וגם בחצי מהמנה המסחרית). נראה לנו שההסבר לתוצאות בשנה זו קשור להמלחה שהתקבלה בדישון הכימי. המלחה זו באה לידי ביטוי בקרקע ולא באה לידי ביטוי בבדיקות עלים. בשנה השנייה הטיפול של הקומפוסט והטיפול שקיבל ריסוסי עלווה היו פחות טובים, בעונה 23/24 נראה לנו שטיפול הקומפוסט נפגע בגלל מליחות התחלתית יותר גבוהה, למרות השטיפות שביצענו, הצמחים בטיפול זה פיגרו במהלך כל העונה. הפגיעה בטיפול שקיבל ריסוסי עלווה קשורה כנראה במחסור באשלגן ונראה שכנראה לא ניתן לספק את כל הדרישה של הצמח ע"י ריסוסי עלווה בלבד וזאת לעומת הרמה של החנקן שגם בטיפול של ריסוסי עלווה לא היה נמוך לפי הערכים המקובלים. בשנה השלישית הטיפול הטוב ביותר היה הטיפול המסחרי. מהמעקב אחרי השפעת הטיפולים על הרמה של יסודות ההזנה בקרקע ובעלים נראה שההסבר לתוצאות שתקבלו זה שהטיפולים שלא קיבלו דישון כימי דרך מערכת ההשקיה סבלו ממחסור מסוים באשלגן.

לגבי השאלה האם ניתן לבצע הכוונה של הדישון באמצעות בדיקת פטוטרוט? בשלב זה אפשר להגיד שאם לוקחים את ערך הסף 3000 מ"ג לק"ג כערך סף להפסקה או החזרה של הדישון התוצאות לא יהיו מספיק טובות. יש מקום להמשיך בטיפול זה שחוסך בדשן עם ערכי סף יותר גבוהים. לגבי האפשרות לתת רמה גבוהה של קומפוסט ביסוד ולוותר על דישון כימי בהמשך העונה, בשלב זה לא הצלחנו, יתכן שזה קשור למקור של הקומפוסט. יתכן שבקומפוסט בקר נקבל תוצאות אחרות. לגבי החשיבות של הזנה מסודרת באשלגן כמו שמתבצע בדישון הכימי הרצוף, יש לוודא את הדבר בניסוי מסודר לפני שמנסחים המלצות מסחריות. כל סימני השאלה שהתעוררו מהתוצאות שהתקבלו בניסוי זה יבחנו במחקר נוסף שאנחנו מתחילים בעונה הנוכחית 25/26.

ביבליוגרפיה

Cassman, K. G., & Dobermann, A. (2022). Nitrogen and the future of agriculture: 20 years on. *Ambio*, 51(1), 17-24. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01526-w>

Stefanelli, D., Goodwin, I., & Jones, R. (2010). Influence of nitrogen fertilization on fruit quality and vegetable growth: A review. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(2), 520–527.

Yasuor, H., et al. (2013). Nitrogen management in greenhouse pepper production: Effects on yield, fruit quality and environmental leaching. *Israeli Journal of Plant Sciences*, 61(1-4).

Zhang, X., et al. (2015). Managing nitrogen for sustainable development: From theory to practice in Chinese greenhouse vegetable systems. *Nature*, 528(7580), 51-59.

Li, Q., Li, H., Zhang, L., Zhang, S., & Chen, Y. (2022). Appropriate nitrogen reduction enhances plant growth, ethrel-induced fruit ripening, and nitrogen use efficiency of sweet pepper. *Frontiers in Plant Science*, 13, 906085. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.906085>

Lahlali, R., & Ben-Laouane, R. (2025). The Evolution of Date Palm Tolerance to Salinity Stress via Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Compost Application. *Sustainability*, 17(2), 849. doi.org