

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

<b>קוד זיהוי</b>	<b>א. נושא המחקר (בעברית)</b>
10 - 1498 - 870	<b>בחינת שילובים של תדירות השקיה ומנת מים לייעול ממשק ההשקיה במים מליחים בגידול פלפל</b>

<b>ג. כללי</b>		
<b>מוסד מחקר של החוקר הראשי</b>		
שירות שדה, שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר		
<b>סוג הדו"ח</b>	<b>תאריכים</b>	
<b>מסכם</b>	<b>תקופת המחקר</b>	
	<b>עבורה מוגש הדו"ח</b>	
	התחלה	סיום
	שנה / חודש	שנה / חודש
	09 / 10	05 / 11
	שנה / חודש	שנה / חודש
	07 / 11	

<b>ב. צוות החוקרים</b>		
<b>שם פרטי</b>	<b>שם משפחה</b>	
שלמה	קרמר	<b>חוקר ראשי</b>
<b>חוקרים משניים</b>		
אלון	בן-גל	1
אלישע	קניג	2
רבקה	אופנברך	3
עמי	מדואל	4
		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 מדען משרד החקלאות		60,000

**ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתיבת דיווחים**

בעונה הנוכחית נבחנו שלשה ממשקי השקיה שהושקו במים בעלי מוליכות חשמלית 1.3 דסמטר והופעלו על פי חיווי מטנסיומטר רציף, ובהם נקבעה מראש מנת המים הניתנת עם קבלת החווי 0.2, 1, 4 מ"מ. תדירות ההשקיה בפועל הייתה התוצאה של השילוב בין ערך הסף להפעלת ההשקיה ומנת המים הניתנת עם קבלת החיווי. בחירת ערך בו פוטנציאל המים יחסית נמוך, בשילוב עם מנת מים של 4 מ"מ יצרה תדירות השקיה מרווחת של פעם ביום. קביעת ערך סף דומה אך עם מנת מים של 1 מ"מ יצרה תדירות השקיה של 3-5 פעמים ביום. קביעת ערך סף בו פוטנציאל המים גבוה ומנת מים של 0.2 מ"מ הביאה לתדירות השקיה של כ-25 פעמים ביום. בטיפול נוסף שהושקה במים בעלי מוליכות חשמלית של 3.4 דסמטר ניתנה מנת השקיה של 1 מ"מ עם קבלת חיווי. מנת המים היומית ותדירות השקיה היו דומים לטיפול המקביל של המים הטובים. מנת המים היומית בכל הטיפולים הלכה וקטנה עם התקצרות היום והתקררות האויר. עקב כך בטיפולים בהם מנת המים היומית פחתה מ-2 מ"מ החל תהליך של הצטברות מלחים בבית השרשים, אשר גרם ככל הנראה להקטנת גודל הפרי ולפחיתה ביבול הפירות. מסוף החורף מנת המים ותדירות ההשקיה שבו ועלו בכל הטיפולים עם ההתחממות והתארכות היום. המעקב אחר התארכות הצמחים העלה כי בטיפולי מליחות מים של 1.3 דסמטר קצב הצימוח היה מהיר יותר בתחילת העונה לעומת הטיפול שהושקה במים מליחים. מספר הפרקים והפירות היה דומה בשתי איכויות המים. תוצאות אלו ממחישות מחדש את הצורך במתן מנות השקיה הגבוהות מהצריכה בפועל גם בתקופת החורף וגם כאשר מליחות המים הינה 1.3 דסמטר. כמויות אלו נחוצות על מנת לשמור על רמת מליחות נמוכה יחסית ויציבה באזור נפח בית השרשים הפעיל. תהליכים אלו מתרחשים בכל הגידולים המושקים במים מליחים. ממשק ההשקיה היעיל ביותר בשתי איכויות המים היה מתן מנה של 1 מ"מ עם קבלת חיווי להשקיה מהטנסיומטר.

**1. 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)
-----------	-------------	---------------------	----------------------	------------	--------------------------

## סיכום עם שאלות מנחות

### מטרות המחקר

בחינת מספר אופני ניהול השקיה על פי חיווי מטנסיומטר של מים בעלי מוליכות חשמלית של 1.3 דסמומטר ומים בעלי מוליכות חשמלית של 3.4 דסמומטר, על מנת להגדיר מימשק עבודה מתאים הן מבחינת יעילות ההשקיה והן מבחינת שטיפת מלחים באיכויות המים השונות, אשר יהיה ישים על ידי המגדלים.

### עיקרי הניסויים והתוצאות

עם הפעלת הטיפולים נוצרו חמישה מימשי השקיה, הנובעים מהשילוב של ערך הסף להפעלת ההשקיה ומנת המים אשר ניתנה כאשר התקבל החיווי. מנת השקיה של 4 מ"מ מים ויותר הביאה לתדירות יומית בחודשים החמים ופעם ביומיים שלשה בחורף. במימשק זה בחורף עלה ריכוז המלחים בבית השרשים למרות הצריכה הנמוכה גם באיכות המים הטובה. מתן מנות מים של 1 מ"מ הביאה לתדירות השקיה של 3-6 פעמים ביום תוך שמירה על רמת מלחים יציבה בבית השרשים. מתן מנות השקיה של 0.2 מ"מ עם קבלת חיווי יצר התאמה טובה לצריכת המים של הצמחים במהלך העונה אך עקב צימצום כמות המים בחורף עלה ריכוז המלחים בבית השרשים במידה רבה ופגע בכושר היצור של הצמחים הן במים הטובים והן במים המליחים.

המעקב אחר רמת המוליכות החשמלית וריכוז החנקן החנקתי בתמיסת הקרקע באמצעות משאב אוטומטי נימצא יעיל ונוח מאד.

הצמחים שהושקו במים בעלי מוליכות חשמלית של 1.3 דסמומטר צמחו מהר יותר לגובה מאשר הצמחים שהושקו במים המליחים.

היבולים הגבוהים ביותר התקבלו בשני הטיפולים בהם ניתנה מנת השקיה של 1 מ"מ עם קבלת חיווי מטנסיומטר.

### מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?

ניהול ההשקיה על פי חיווי מטנסיומטר אפשרי. כאשר משקים עם מים מליחים ואף עם מים בעלי מוליכות חשמלית של 1.3 דסמומטר, חשוב מאד לנטר את מצב המליחות בבית השרשים על מנת לזהות תהליכי הצטברות מלחים ולהגיב בהתאם.

ניהול השקיה תכופה מאד באמצעות טנסיומטר הן במים מליחים והן במים טובים אינו מתאים לחודשי החורף עקב עליה במליחות תמיסת הקרקע בבית השרשים.

הקטנת מנות המים היומיות בתקופת החורף בהתאם לירידה בצריכת הצמחים גוררת עליה במליחות תמיסת הקרקע בבית השרשים ופחיתה ביבול הפירות.

השקיה משלב מוקדם, שבועיים אחרי השתילה, פעם ביום במנה של 4 מ"מ מים לפחות תורמת לקבלת צמחים בריאים וחזקים גם בתנאי השקיה במים מליחים (3.5 דסמומטר)

גם כאשר משקים עם מים בעלי תכולת מלחים נמוכה יש חשיבות לניטור מצב המלחים בבית השרשים על מנת לממש את היכולת להקטין את מנת השטיפה מבלי לפגוע בכושר היצור של הצמחים.

תגובת הצמחים לעליה יחסית של המליחות בבית השרשים הביאה לתגובה דומה בשתי איכויות המים – הקטנת גודל הפרי.

**בעיות שונות לפתרון /או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות**

**המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתורה לביצוע תוכנית המחקר?**

יש מקום לבחון את האפשרות לניהול ההשקיה על פי רמת מליחות תמיסת הקרקע ובהתאם להגדיל או להקטין את מנת ההשקיה הניתנת עם קבלת חיזוי מהטנסיומטר.

מומלץ להמשיך ולבדוק את הקשר בין המדדים הצמחיים: גובה הצמח, מספר מיפרקים ומספר פירות לבין מימשק ההשקיה ומצב המליחות בבית השרשים.

**הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:** הדוחות של השנים הקודמות

1. קרמר ש., קניג א., בן-גל א., אופנבך ר., מדואל ע. 2009. בחינת שילובים של תדירות השקיה ומנת מים לייעול ממשק ההשקיה במים מליחים בגידול פלפל דו"ח התקדמות 2008-9. סיכום עונת מחקר ערבה תיכונה וצפונית 2008/9. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.

2. קרמר ש., קניג א., בן-גל א., אופנבך ר., מדואל ע. 2009. בחינת שילובים של תדירות השקיה ומנת מים לייעול ממשק ההשקיה במים מליחים בגידול פלפל דו"ח התקדמות 2008-9. סיכום עונת מחקר ערבה תיכונה וצפונית 2008/9. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.

**פירסום הדו"ח:** אני ממליץ לפרסם הדו"ח

ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)

דוח לתוכנית מחקר מספר : 870-1498-10

**בחינת שילובים של תדירות השקיה ומנת מים לייעול ממשק ההשקיה במים מליחים בגידול פלפל**

**דו"ח מסכם : 2008 – 2010**

Optimizing water application, frequency and quantity for peppers irrigated with  
saline water

מוגש לקרן מדען ראשי במשרד החקלאות

על ידי

שלמה קרמר	שירות שדה, שה"מ, מחוז הנגב, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
אלישע קניג	ממ"ר טכנולוגיה של השקיה, שירות שדה, שה"מ, מרכז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
אלון בן-גל	קרקע ומים, מרכז גילת, מינהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
רבקה אופנבך	ירקות, מו"פ ערבה תיכונה

Shlomo Kramer Field service, Extension service, Negev region, Ministry of Agriculture and Rural development. Gilat Center 85820. Email: [Shlomo@arava.co.il](mailto:Shlomo@arava.co.il)

Elisha Kenig Irrigation Technology, Extension service, Ministry of Agriculture and Rural development, P.O.B. 6 Bet-Dagan. Email: [elikenig@013.net](mailto:elikenig@013.net)

Alon Bengal Alon Ben-Gal, Ph.D, Environmental Physics and Irrigation, Gilat Research Center, Agricultural Research Organization, Mobile Post Negev 2 85280 Israel

[bengal@agri.gov.il](mailto:bengal@agri.gov.il)

**הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.  
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: /כן**

#### חתימת החוקר

רשימת פירסומים שנבעו מהמחקר :

1. קרמר ש., קניג א., בן-גל א., אופנבך ר., מדואל ע. 2009. בחינת שילובים של תדירות השקיה ומנת מים לייעול ממשק ההשקיה במים מליחים בגידול פלפל דו"ח התקדמות 2008-9. סיכום עונת מחקר ערבה תיכונה וצפונית 2008/9. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.
2. קרמר ש., קניג א., בן-גל א., אופנבך ר., מדואל ע. 2009. בחינת שילובים של תדירות השקיה ומנת מים לייעול ממשק ההשקיה במים מליחים בגידול פלפל דו"ח התקדמות 2008-9. סיכום עונת מחקר ערבה תיכונה וצפונית 2008/9. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.

## תקציר

בעונה הנוכחית נבחנו שלשה ממשקי השקיה שהושקו במים בעלי מוליכות חשמלית 1.3 דסמאטר והופעלו על פי חיווי מטנסיומטר רציף, ובהם נקבעה מראש מנת המים הניתנת עם קבלת החווי 0.2, 1, 4 מ"מ. תדירות ההשקיה בפועל הייתה התוצאה של השילוב בין ערך הסף להפעלת ההשקיה ומנת המים הניתנת עם קבלת החיווי. בחירת ערך בו פוטנציאל המים יחסית נמוך, בשילוב עם מנת מים של 4 מ"מ יצרה תדירות השקיה מרווחת של פעם ביום. קביעת ערך סף דומה אך עם מנת מים של 1 מ"מ יצרה תדירות השקיה של 3-5 פעמים ביום. קביעת ערך סף בו פוטנציאל המים גבוה ומנת מים של 0.2 מ"מ הביאה לתדירות השקיה של כ-25 פעמים ביום. בטיפול נוסף שהושקה במים בעלי מוליכות חשמלית של 3.4 דסמאטר ניתנה מנת השקיה של 1 מ"מ עם קבלת חיווי. מנת המים היומית ותדירות השקיה היו דומים לטיפול המקביל של המים הטובים. מנת המים היומית בכל הטיפולים הלכה וקטנה עם התקצרות היום והתקררות האויר. עקב כך בטיפולים בהם מנת המים היומית פחתה 2 מ"מ החל תהליך של הצטברות מלחים בבית השרשים, אשר גרם ככל הנראה להקטנת גודל הפרי ולפחיתה ביבול הפירות. מסוף החורף מנת המים ותדירות ההשקיה שבו ועלו בכל הטיפולים עם ההתחממות והתארכות היום. המעקב אחר התארכות הצמחים העלה כי בטיפולי מליחות מים של 1.3 דסמאטר קצב הצימוח היה מהיר יותר בתחילת העונה לעומת הטיפול שהושקה במים מליחים. מספר הפרקים והפירות היה דומה בשתי איכויות המים.

תוצאות אלו ממחישות מחדש את הצורך במתן מנות השקיה הגבוהות מהצריכה בפועל גם בתקופת החורף וגם כאשר מליחות המים הינה 1.3 דסמאטר. כמויות אלו נחוצות על מנת לשמור על רמת מליחות נמוכה יחסית ויציבה באזור נפח בית השרשים הפעיל. תהליכים אלו מתרחשים בכל הגידולים המושקים במים מליחים. ממשק ההשקיה היעיל ביותר בשתי איכויות המים היה מתן מנה של 1 מ"מ עם קבלת חיווי להשקיה מהטנסיומטר.

## מבוא ותיאור הבעיה

גידול הפלפל בערבה הינו כיום הגידול המרכזי והיקפו כ- 18,000 דונם המהווים 60% מכלל שטחי הירקות. הגדלת היקף השטח המעובד על ידי כל חקלאי בד בבד עם קליטת משפחות חדשות מחריפה את מגבלת המים לכלל המגדלים. בשנים האחרונות חלה הרעה מתמשכת באיכות מי ההשקיה עקב עליה בריכוז המלחים במי הבארות. בכדי לייעל את ההשקיה והדישון בתנאים אלו, נידרש ניהול קפדני ומדויק של ממשק ההשקיה עקב האקלים היבש והצורך לשטוף באופן קבוע עודפי מלחים מבית השורשים.

מרבית חקלאי הערבה משקים ומדשנים על פי המלצות ההדרכה באזור (קרמר, צביאלי 2009) המבוססות על נתוני התאדות ממוצעת רב שנתית מגיגית ופונקציות צריכת NPK כלליות ביותר. נטיית המגדלים היא להשקות בעודף, בכדי להיות בטוחים שלצמח לא חסרים מים בשום מצב וכי עודפי המלחים מודחים הרחק מעבר לאזור בית השורשים הפעיל. לאורך זמן עשוי נוהג זה להאיץ זיהום אקוויפרים בחנקות, במלחים ובמזהמים אחרים הקשורים לפעילות החקלאית. הידרולוגים, העוקבים אחר התהליכים המתרחשים במאגרי מי התהום באזור הערבה, סבורים שתהליך המלחת אקוויפר הערבה נובע ממי השקיה המגיעים לעומק. מסקנה זו נובעת מן העלייה הברורה בריכוז החנקות במי הבארות ואף המצאות חומרים אורגנים, אשר מקורם בהתפרקות יריעות פוליאטילן. ניסויים, אשר בחנו את היתכנות יישום השקיה באמצעות חיווי מטנסיומטר, נערכו על ידי קרמר וחובריו (2007, 2008) במושב פארן. התוצאות לימדו כי השיטה אכן יכולה לתזמן את ההשקיה בשדה, כך שהצמחים יקבלו את מנת המים הנחוצה בהתאם להשפעת השינויים במזג האוויר. כמות המים היומית הממוצעת הלכה וקטנה בכל הטיפולים עם התקצרות היום והירידה בטמפרטורות. תדירות ההשקיה השתנתה, בהתאם לגודל מנת ההשקיה שניתנה בעת קבלת החיווי מהמכשיר בשדה. על פי התוצאות שהתקבלו, השתפרה יעילות ההשקיה בכל הטיפולים ללא פגיעה ברמת היבול.

בעת השקיה במים בעלי תכולת מלחים גבוהה יש חשיבות רבה לניטור מצב המליחות בחתך בית השרשים בנוסף למעקב אחר מצב המים בקרקע. זאת מישום שבאמצעות הטנסיומטר לא ניתן לזהות, האם הירידה בצריכת המים נובעת מעליית המליחות בבית השורשים, או עקב שינויים במזג האוויר או במצב הפיזיולוגי של הצמח. הניטור התבצע באמצעות שואבי תמיסת קרקע הנידגמים מדי שבוע ממספר עומקים ומיקומים. מטרת הניסוי הנוכחי היא לבחון את הקשר, בין איכות מי ההשקיה לבין שלשה אופני ניהול השקיה על פי חיווי מטנסיומטר, על מנת להגדיר מימשק עבודה מתאים הן מבחינת יעילות ההשקיה והן מבחינת הצורך בשטיפת מלחים בכל איכות מים, אשר יהיה ישים על ידי המגדלים.

## חומרים ושיטות

הניסוי נערך בחוות הניסויים "זהר" בכיכר סדום במבנה חממה אשר גגו יריעת פוליאטילן ובדפנות רשת נגד חרקים עם וילון פוליאטילן הניתן לגלילה. פלפל אדום מהזן סיליקה נישתל בשורת צמחים במרכז הערוגה בתאריך 10/09/10 לעומד של 3.6 צמחים למ"ר. המרחק בין הצמחים בתוך השורה 0.2 מטר והמרחק בין מרכזי הערוגות 1.36 מטר. הצמחים הודלו לסירוגין לימין ולשמאל הערוגה.

במרכז הערוגה נחפר תלם בצורת משולש שקדקודו בעומק 0.1 מטר ובסיסו בפני הקרקע ברוחב 0.2 מטר. מימדים אלו יוצרים נפח של 10 ליטר ל-1 מטר ערוגה. בתוך התלם פוזר חומר אורגני מיוצב בנפח שווה ערך ל-7 מ"קדונם. על החומר האורגני במרכז הערוגה הונחה שלוחת טיפטוף אחת, עם טפטפות כל 0.2 מטר. השתילים נישתלו סמוך לטפטפות. בכל חלקת ניסוי יש שתי ערוגות באורך 5 מטר, רוחבה 2.72 מטר ושטחה כ- 14 מ"ר, סה"כ 50 צמחים. אורך חלקת קטיף 4 מטר ובה 20 צמחים. הקטיף מתבצע משני צידי השביל שבין שתי הערוגות.

ההשקיה בוצעה ממיכל מרכזי עבור כל איכות מים ובו הוכנה תמיסת הדשן הסופית. למי ההשקיה הוסף חנקן בלבד שמקורו באמון חנקתי נוזלי.

בתוכנת החיישן ניתן להגדיר את שעות הפעילות של מערכת החיוויים לתחום הרצוי. בניסוי זה ניבחר חלון הפעילות בין השעות 07:00 ו-18:00. בטיפולים בהם במשך הלילה ערכי הקריאה בטנסיומטר עולים (מתח המים יורד) עקב הניקוז הטבעי ועוברים את ערך הסף שהוגדר להפעלה, מופעלת ההשקיה רק עם היפתח חלון הפעילות מחדש בשעה 07:00.

שיטת ההפעלה העיקרית הייתה על ידי קביעה מראש של מתח ההפעלה וכמות המים שתינתן עם קבלת החיווי. בטיפול אחד נבחנה גישה בה ניקבע ערך המתח לפתיחת המים בטנסיומטר בעומק 12 ס"מ וערך המתח לסגירת המים בטנסיומטר בעומק 30 ס"מ, מנת המים הייתה פועל יוצא של שני ערכים אלו. הטיפולים שניבחנו הם:

- A - מים מעורבבים 1.3 דסמטר, מתן מנת מים של 4 מ"מ בעת קבלת חיווי מהטנסיומטר בעומק 12 ס"מ.
- B - מים מליחים 3.4 דסמטר מתן מנת מים של 1 מ"מ בעת קבלת חיווי מהטנסיומטר בעומק 12 ס"מ.
- C - מים מעורבבים, מתן מנת מים של 0.2 מ"מ בעת קבלת חיווי מהטנסיומטר בעומק 12 ס"מ.
- D - מים מליחים פתיחת מים על פי חיווי מטנסיומטר רדוד בעומק 12 ס"מ וסגירתם על פי חיווי מטנסיומטר בעומק 30 ס"מ.
- E - מים מעורבבים מתן מנת מים של 1 מ"מ בעת קבלת חיווי מהטנסיומטר בעומק 12 ס"מ.

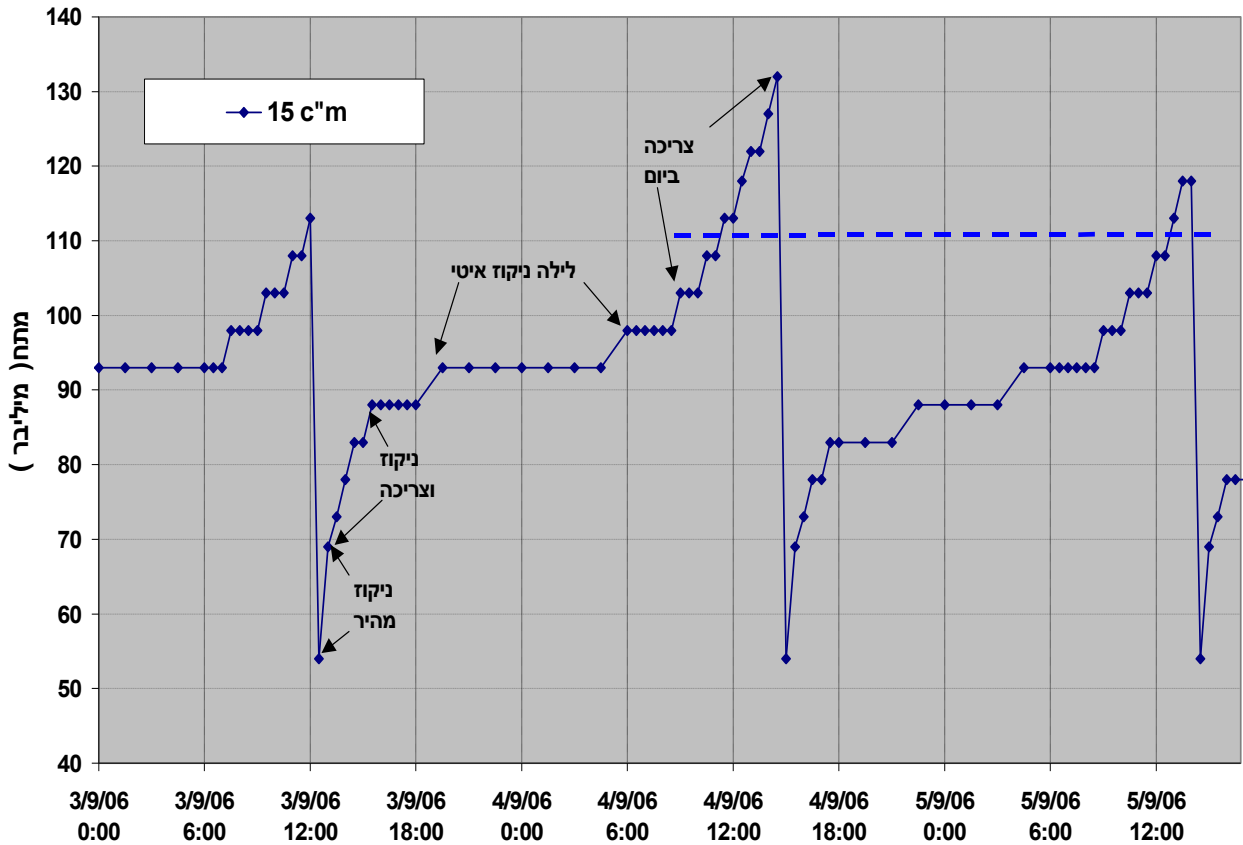
#### עקרונות לקביעת ערך הסף להפעלת ההשקיה

אופי הקריאות המתקבלות ממכשיר הטנסיומטר או כל חיישן לחות אחר, משתנה בכל פעם שמציבים את המכשיר בקרקע. רגישות רבה נימצאה למרחק מהטפטפת, לכן אין אפשרות לקבוע מראש ערך סף כללי באותה קרקע ואף לסוגי קרקעות שונים. עובדה זו מסבכת את תהליך הבחירה הנכונה בערך להפעלת ההשקיה. השינוי בתכולת המים בקרקע, המיוצג על ידי קריאות טנסיומטר המוצגות באיור 1, מאופיין בתגובה ברורה למתן השקיה – עליה חדה בפוטנציאל המים בקרקע. לאחר מכן בשעות היום מתקיימים שני תהליכים הגורמים לירידה בפוטנציאל המים בקרקע. האחד ניקוז טבעי והשני צריכת הצמחים. מיד לאחר ההשקיה תהליך ניקוז המים מהיר מאד ולכן יש פרק זמן קצר יחסית בו פוטנציאל המים קטן במהירות. לאחר מכן חלה ירידה בקצב הקטנת פוטנציאל המים ועיקר השינוי בכמות המים בקרקע נובע מצריכת הצמחים. ככל שחולף זמן רב יותר ממועד השקיה (בשעות היום) חלה עליה בקצב הקטנת פוטנציאל המים בקרקע. התהליך מיוצג על ידי השינוי בשיפוע הקו המתאר את קריאות מתח המים בקרקע על ידי הטנסיומטר.

בניסוי אשר נערך בעונת 2006/07 (קרמר וחובריו 2007) תהליך הבחירה של ערך הסף להפעלת ההשקיה החל כשבועיים לאחר השתילה, כאשר השתילים כבר מבוססים ומתחילים להתפתח בקצב מהיר. בתקופה זו הוגדר מרוח השקיה של פעם ביום (כאשר ההשקיה תינתן באמצע היום) לשם בחירת תחום המתחים המתאים להפעלת ההשקיה. המעקב אחר השינויים בפוטנציאל המים בקרקע במשך יומיים שלשה, הביא לבחירת הנקודה בה קצב השינוי נעשה מהיר יותר בקטע המוגדר "צריכה ביום" באיור 1.

על סמך מעקב אחר טנסיומטרים רבים המוצבים אצל חקלאים בערבה, הסתבר כי אומנם הערכים המוחלטים שונים אך אופי השינויים דומה מאד. אצל כולם ניתן היה לזהות את תחילת צריכת המים בבקר בשעה זהה וכן את הפסקת הפעילות של הצמחים לפנות ערב. לאור זאת בחרנו בניסוי זה להפעיל את מערכת ההשקיה על פי נתונים ממכשיר אחד בכל טיפול. מכשירים נוספים המוצבים בשטח משמשים לבקרה וגיבוי.





איור 1: מהלך השינוי בקריאות מתח המים בקרקע על ידי טנסיומטר המוצב בעומק 15 ס"מ סמוך לטפטפת.

טיפול ההשקיה הופעלו בתאריך 11/10/2010 כחודש לאחר השתילה. במהלך תקופת הגידול נערך מעקב אחר שני מאפיינים של התפתחות הצמח, האחד גובה הצמחים, אשר החל שלשה שבועות לאחר השתילה ונימדד מדי שבוע, והשני היה מבנה הצמח - מספר פרקים ופירות וניבדק מדי שבועיים. המדידות והספירות בוצעו בשני צמחים צמודים בכל חזרה.

המים המעורבבים הוכנו על ידי עירבוב של מים מותפלים ומים מליחים ביחס של 3:1 (ליטר מים מליחים לשלשה ליטר מים מותפלים). רמת המליחות של המים המעורבבים עם הדשן הייתה בתחום 1.2-1.4 דסמטר. המוליכות החשמלית של מי ההשקיה המליחים עם הדשן הייתה בתחום 3.5-3.7 ד"ס/מ. מי ההשקיה נידגמו פעמיים בשבוע ונבדקה בהם רמת המוליכות החשמלית וריכוז החנקן החנקתי. מעקב אחר המוליכות החשמלית של תמיסת הקרקע וריכוז החנקן בה, נעשה באמצעות מערכת של 8 משאבים בחזרה אחת בכל טיפול, אשר מוקמו בארבעה עומקים 5, 10, 15, 30 ס"מ ליד הטפטפת ובמרחק של כ-10 ס"מ מהטפטפת. יניקת התמיסה התבצעה פעם בשבוע לפנות ערב (מחוץ לחלון ההשקיה) באמצעות מערכת יניקה אוטומטית. למחרת בבקר נאספו הבקבוקים למעבדה לבדיקת המוליכות החשמלית וריכוז החנקן בתמיסה.

מאפיינים צמחיים: מדידות גובה הצמחים החלו בתאריך 30/09/10 ובוצעו מדי שבוע עד תאריך 07/04/11. נימדדו 2 צמחים צמודים בארבע חזרות בכל טיפול. באותם צמחים נספרו המפרקים ומספר הפירות מקוטר של 1 ס"מ ומעלה החל מתאריך 14/10/10 ועד תאריך 07/04/11.

בתאריך 16/11/10 בוצע דיגום קרקע לשלשה חתכים עומק 0-10 ס"מ, 11-20 ס"מ, 21-30 ס"מ, סמוך לטפטפת בעזרת מקדח נעיצה. ניבדקה תכולת הרטיבות, המוליכות החשמלית וריכוז הכלור במיצוי 1:1 ריכוז חנקן חנקתי, זרחן אשלגן על בסיס משקל קרקע יבשה.

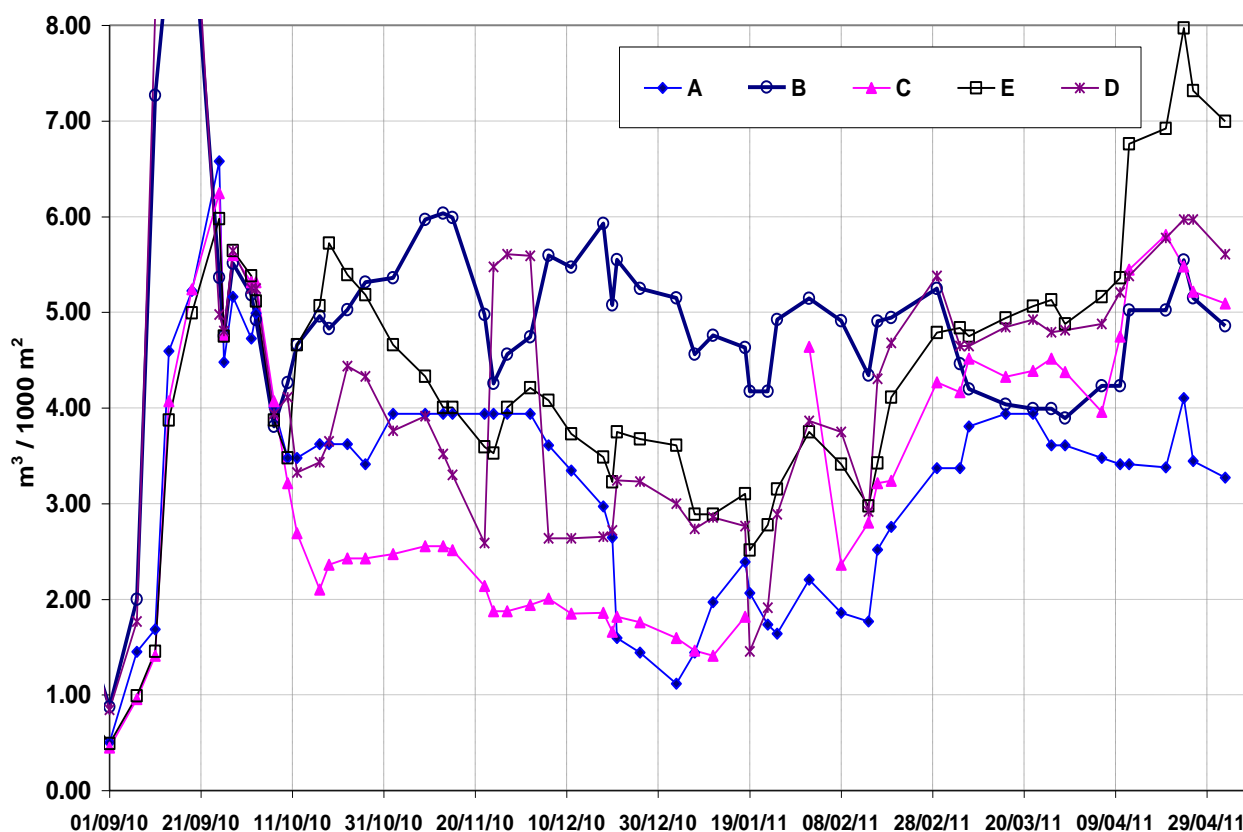
חישוף מערכת השרשים נערך בתאריך 25/01/2011. החשיפה בוצעה בין שני צמחים לכיוון השביל לעומק של כ-50 ס"מ. לאחר חפירת הבור נישטפו דפנותיו עם מים והחתך צולם.

איסוף היבול החל בתאריך 27/12/10 (108 ימים לאחר השתילה). עד סיום העונה בתאריך 01/05/11 (233 ימים לאחר שתילה) בוצעו 15 קטיפים של פרי אדום מדי שבוע - 10 ימים. הפירות מוינו על ידי שקילת כל פרי בניפרד. בסיום הניסוי נקטפו כל הפירות שנותרו על השיחים.

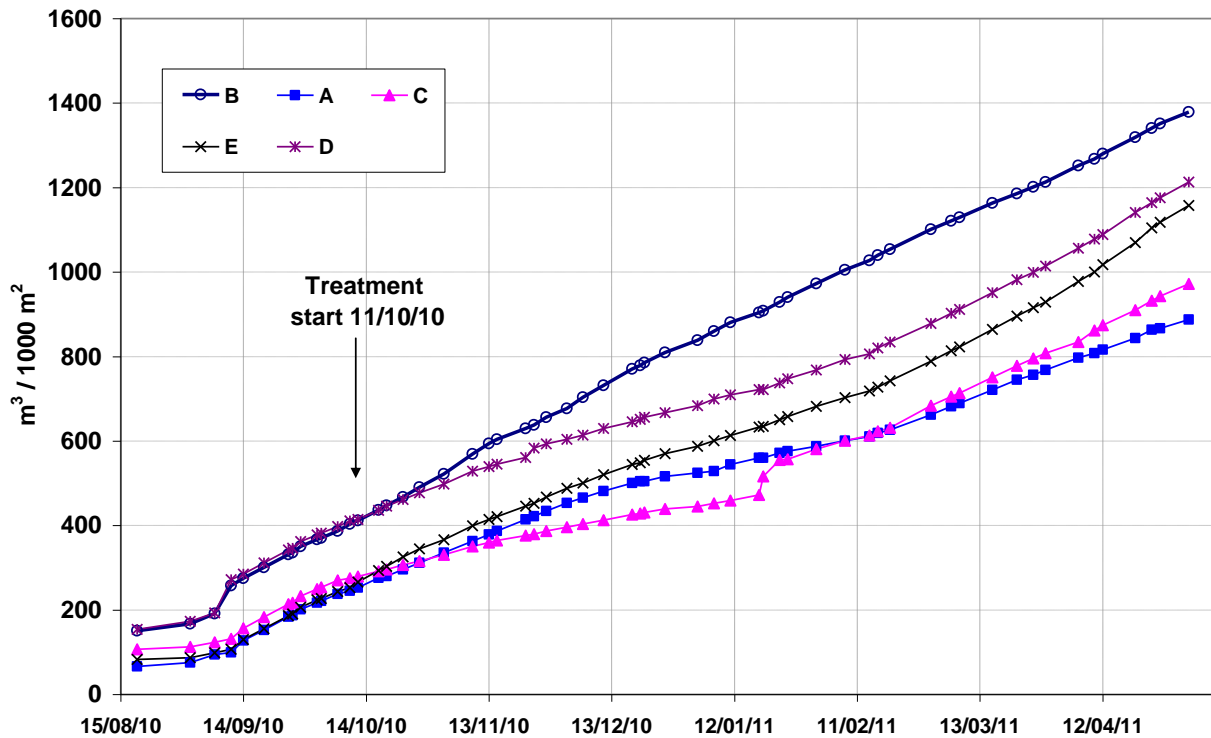
בתאריך 19/02/2011 ארעה הצפה במים של כשליש מהמבנה. אשר גרמה להמלחה קלה של חלק מהחלקות.

## תוצאות

מנות המים ותדירות ההשקיה – תדירות ההשקיה ניקבעה על ידי החיווי מהטנסיומטרים בהתאם לערכי הסף ומנות המים אשר הוגדרו לכל טיפול. השתנות מנות המים היומיות הממוצעות בכל הטיפולים מוצגת באיור 2. מהלך הצטברות כמות המים הכללית בכל טיפול מוצג באיור 3. תדירות ההשקיה האופיינית לטיפולים השונים החל מסוף חודש ספטמבר ובמהלך העונה מוצגת בפרק הדיון.



איור 2. תאור השתנות מנות המים היומיות, אשר ניתנו בטיפולים השונים, מסוף ספטמבר 2010 ועד סוף אפריל 2011.

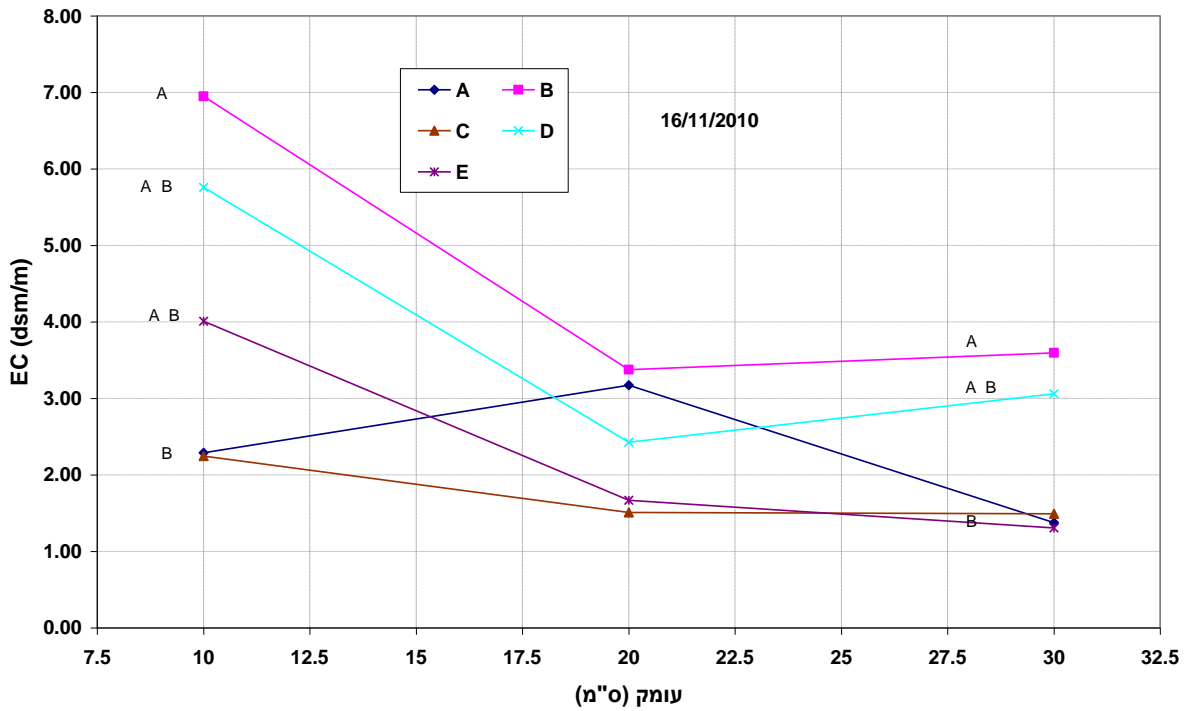


איור 3. תאור מהלך הצטברות כמות המים בטיפולים השונים מתחילת העונה עד סוף אפריל 2011.

תוצאות ריכוזי החנקן החנקתי הזרחן והאשלגן של בדיקות הקרקע סמוך לטפטפת מתאריך 16/11/2010 מוצגות בטבלה 1 הנתונים של החנקן החנקתי מחושבים לריכוז בתמיסת הקרקע. רמת המוליכות החשמלית המחושבת לתמיסת הקרקע מוצגת באיור 4. תכולת הרטיבות המיסקלית בשכבה העליונה הייתה בתחום 32-44% ללא הבדלים מובהקים בין הטיפולים. בעומקים 20 ס"מ ו-30 ס"מ תכולת הרטיבות המיסקלית הייתה דומה מאד בכל הטיפולים וערכה היה כ-20%.

בדיקות מי משאב - תאור רמות המליחות במהלך תקופת הניסוי בטיפול A מוצג באיור 5, בטיפול C באיור 6 ובטיפולים E, B באיור 7.

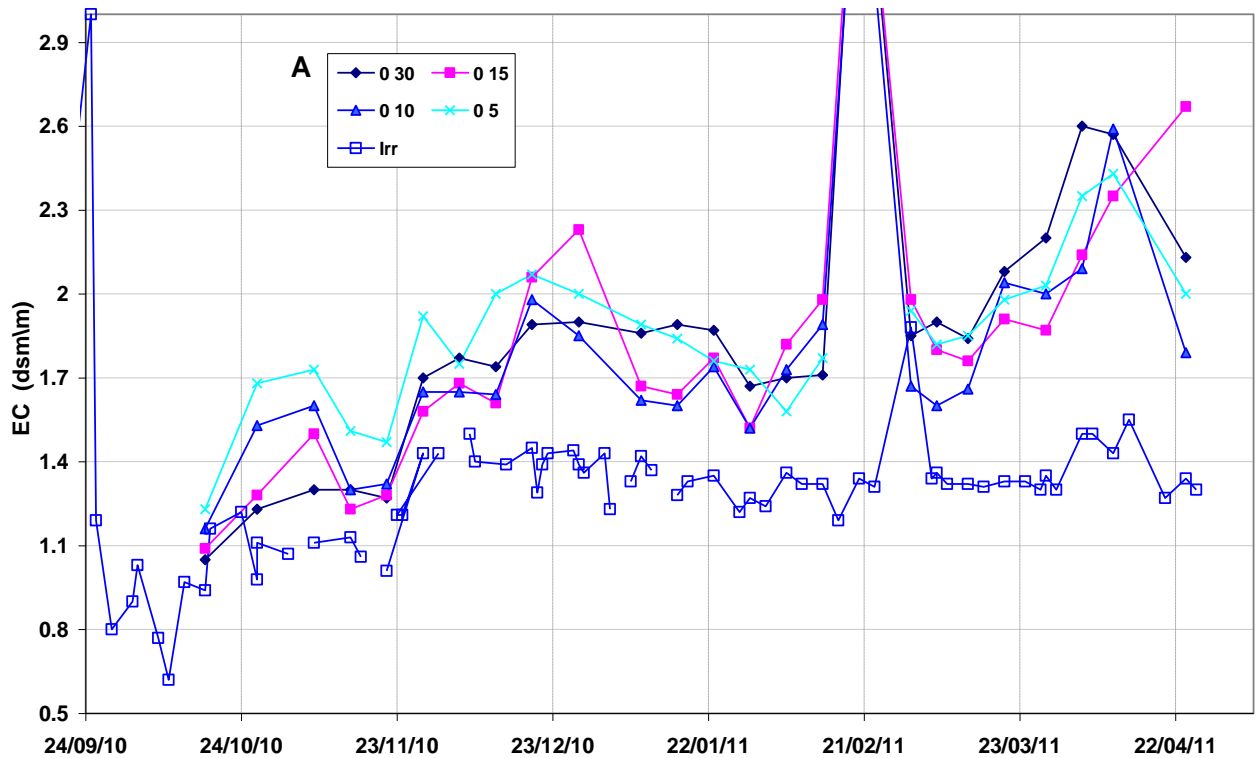
עד סיום העונה בתאריך 01/05/11 בוצעו 15 קטיפים. היבול המצטבר הכללי ומיניני גודל הפרי מוצגים בטבלה 3. מהלך הצטברות היבול הכללי בטיפולים השונים מוצג באיור 7. מהלך הצטברות יבול פירות במישקל גבוה מ-0.15 ק"ג מוצג באיור 8.



איור 4. רמת המוליכות החשמלית המחושבת בתמיסת הקרקע בשלשה עומקים סמוך לטפטפת, בדיקות קרקע מתאריך 19/11/2010. נקודות עם אותיות שונות נבדלות באופן מובהק במבחן טוקי-קרמר ברמת מובהקות 0.05.

טבלה 1. הריכוזים הממוצעים של החנקן החנקתי המחושב בתמיסת הקרקע וריכוזי הזרחן והאשלגן בקרקע, דיגום לשלשה עומקים סמוך לטפטפת בתאריך 16/11/2010. העומקים המסומנים באותיות שונות ניבדלים ברמת מובהקות של 0.1 בחנקן בעומק 10 ס"מ, וברמת מובהקות 0.05 בשאר המדדים במבחן טוקי-קרמר.

N-NO3			N-NO3			עומק ס"מ
זרחן	אשלגן	מ"גולטר	זרחן	אשלגן	מ"גולטר	
B			E			
81	38.5 א	263.4 א	103	30.3 אב	121.6 א ב	10
21	19.1	94.0 א	21	16.0	28.4 אב	20
9	15.9	91.5 א	12	19.2	11.9 ב	30
D			A			
66	38.5 אב	207 בא	125	28.8 אב	69.4 ב	10
19.3	20.7	47 אב	21	16.0	21.7 ב	20
8.3	24	63 אב	10	16.1	15.8 ב	30
			C			
			117	22.4 ב	55.3 ב	10
			19	14.5	23.8 ב	20
			8	17.7	10.8 ב	30



איור 5. ערכי המוליכות החשמלית בתמיסת מי משאב בארבעה עומקים סמוך לטפטפת בטיפול A

בדיקות עלים נערכו בתאריך 28/11/2010. נידגם העלה הפרוס החמישי מקדקוד הצמיחה. בעלים נבדקו אחוזי החנקן, הזרחן, האשלגן, הסיידן והכלור בחומר היבש לאחר עיכול רטוב. התוצאות מוצגות בטבלה 2.

טבלה 2. נתוני ריכוז יסודות ההזנה העיקריים בעלה מיצג מתאריך 28/11/2010. מספרים המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ברמת מובהקות של 0.05 במבחן טוקי-קרמר.

טיפול	% חנקן	% זרחן	% אשלגן	% סיידן	% כלור
<b>A</b>	4.45 bc	0.14 bc	1.65 b	0.34 ab	1.06
<b>B</b>	5.17 a	0.25 a	2.45 a	0.24 b	1.375
<b>C</b>	3.97 c	0.12 c	1.8 b	0.34 ab	1.175
<b>D</b>	4.3 bc	0.14 bc	2.52 a	0.25 a	1.195
<b>E</b>	4.8 ab	0.16 ab	1.42 b	0.35 a	1.13

קצב צמיחת הצמחים לגובה מתאריך 14/10/10 ועד אמצע נובמבר היה כ-1.7 ס"מ/יום בשלשת הטיפולים אשר הושקו במים מעורבבים. קצב זה היה מהיר יותר באופן מובהק ביחס לטיפולים שהושקו במים מליחים וגבהו בקצב של 1.25 ס"מ/יום. במועד זה היו כ-8.5 פירות לצמח וקצב הצמיחה לגובה נבלם כמעט לחלוטין בכל הטיפולים עד אמצע חודש פברואר, מועד בו שוב עלה קצב הצמיחה לגובה. הפער בגובה הצמחים בין הטיפולים המושקים במים מעורבבים לאלו המושקים במים מליחים נישמר לאורך כל העונה. במיספר המיפרקים לא נימצא הבדל בין

הטיפולים. התוספת המהירה במספר המיפרקים הייתה עד 06/12/10 0.16 מפרקים ליום. בהמשך העונה נימשך ייצור מיפרקים איטי אך קבוע של 0.04 מפרקים ליום. בסה"כ ניספרו 14 מיפרקים.

טבלה 3. היבול הכללי והיבול בשלוש קבוצות משקל הפרי בסיום הניסוי בתאריך 01/05/2011. מספרים המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ברמת מובהקות של 0.05 במבחן טוקי קרמר.

טיפול	כללי וירוק	כללי	טון 1000 מ"ר		
			קטן מ-100 גרם	100 - 150 גרם	גדול מ-150 גרם
A	6.7	5.2ג	1.2אב	1.9ג	2.1ב
B	8.8	6.8א	1.0ב	2.5אב	3.3א
C	6.8	5.4בג	1.65א	2.1אבג	1.6ב
D	6.9	5.3בג	1.2אב	2.0בג	2.1ב
E	8.8	6.5אב	1.4אב	2.6א	2.5אב

## דיון

תדירות השקיה ומליחות – השוואת תדירויות ההשקיה בין חמשת הטיפולים מלמדת כי עם הפעלת הטיפולים בתאריך 11/10/2011 נוצרו חמישה מימשיקי השקיה שונים, הנובעים מהשילוב של ערך הסף להפעלת ההשקיה ומנת המים הניתנת כאשר התקבל החיווי. בטיפול A בו ערך הסף ניקבע בתחום המתואר "צריכה ביום" באיור 1 ניתנה מנת השקיה של 4 מ"מ עם קבלת החיווי. תדירות ההשקיה הייתה פעם ביום עד תחילת ינואר. מאמצע ינואר תדירות ההשקיה הייתה פעם ביומיים. מצב זה הביא להקטנה משמעותית של מנת המים היומית (איור 2) לרמה של כ-2 מ"מ ליום ולעליה מהירה במליחות תמיסת הקרקע (איור 5), אשר התמתנה מעט בחודשי החורף אך שבה ועלתה מסוף חודש פברואר.

בטיפול B בו ניתנה מנת השקיה של 1 מ"מ בעת קבלת חיווי, ערך הסף להפעלת ההשקיה היה בתחום בו מתרחש ניקוז טבעי. בחירה זו נעשתה על בסיס הניסיון שהצטבר בניסויים קודמים (קרמר וחובריו 2007). בתחילת אוקטובר ניתנו בדרך כלל 5 פעימות השקיה ביום וכמות המים המצטברת הייתה 5 מ"מ לקראת סוף אוקטובר היו מספר ימים בהם ניתנו 6 פעימות השקיה והמנה היומית הגיע לרמה של 6 מ"מ (איור 2). רמת המוליכות החשמלית במי המשאב הייתה בתחום 4.5-5 ד"ס/מטר עד סוף נובמבר. במהלך החורף תדירות ההשקיה ירדה לשלש פעמים ביום ובמקביל ירדה גם רמת המוליכות החשמלית בתמיסת הקרקע. עם ההתחממות שוב עלתה התדירות בהדרגה ל-5-6 פעמים ביום. מאמצע חודש פברואר הייתה עליה חדה ברמות המליחות בתמיסת הקרקע (איור 7) שהתייצבה בתחילת חודש מרץ. תהליך דומה באופיו נימצא בטיפול זהה בעונת 2009/10 (קרמר וחובריו 2010).

בטיפול C בו ניתנה מנת השקיה של 0.2 מ"מ בעת קבלת חיווי וערך הסף להפעלת השקיה נקבע בתחום הנמוך של הניקוז הטבעי, ניתנו כ-20 פעימות השקיה ביום בחודש אוקטובר – 4 מ"מ ליום. מספר פעימות ההשקיה הלך וירד עד לרמה של כ-12 השקיות ביום – 2.4 מ"מ בחודש ינואר. מאמצע חודש פברואר מספר פעימות ההשקיה הולך ועולה עד לרמה של 28 – 24 ביום 4.8-5.6 מ"מ.

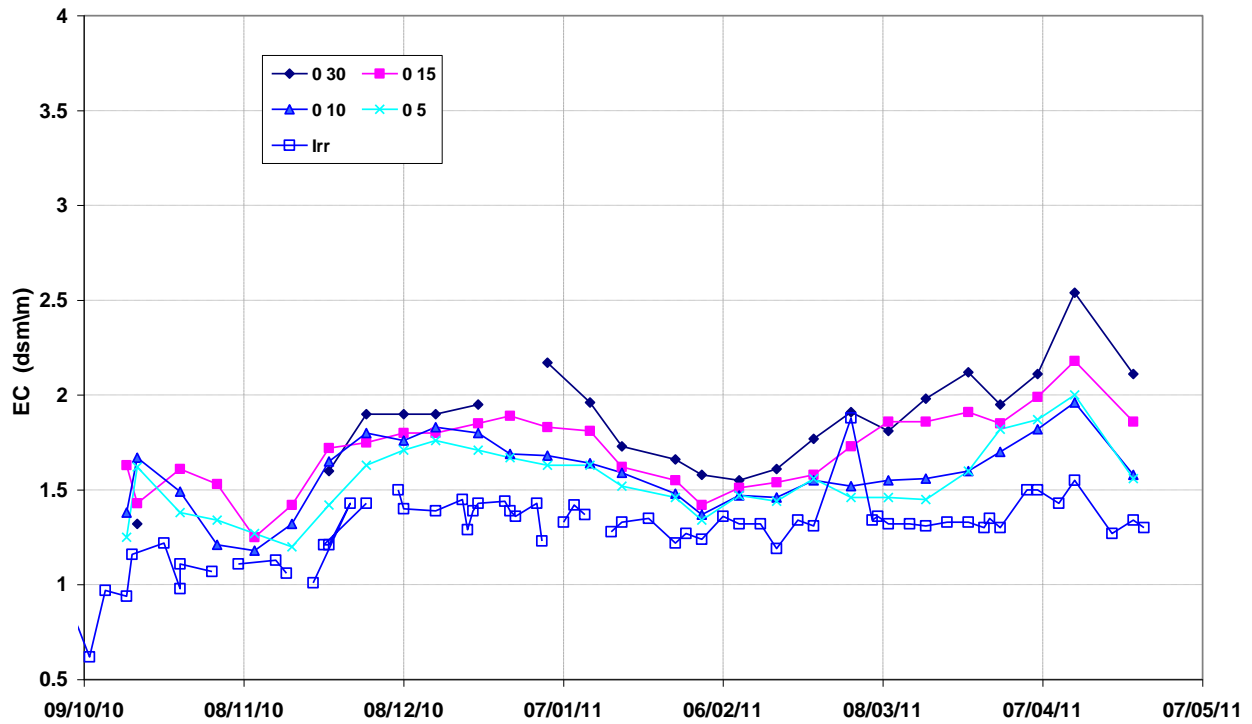
בד בבד עם הירידה בכמות המים היומית החלה עליה מתונה מאמצע חודש נובמבר ברמת המוליכות החשמלית של תמיסת המשאבים בעומקים השונים (איור 6). בחודש פברואר הייתה ירידה קלה ברמת המליחות אשר שבה ועלתה עם ההתחממות והעליה בצריכת המים.

מנות ההשקיה בטיפול D בתחילת העונה היו בתחום 6 מ"מ ליום. רמות ההשקיה הלכו וקטנו עד לרמה של 3 מ"מ ליום בינואר ותחילת פברואר (איור 2). בחודשי החורף תדירות ההשקיה הייתה בדרך כלל פעם ביומיים. מסוף פברואר הלכה מנת ההשקיה היומית ועלתה עד לרמה של כ-5.5 מ"מ ליום באפריל. השינויים ברמת המוליכות החשמלית של תמיסת הקרקע היו מקבילים לשינויים ברמות ההשקיה – רמה גבוהה יחסית 5-6 דסמטר בתחילת העונה, רמה של כ-4.5 דסמטר בחודשי החורף ועליה עם ההתחממות מאמצע חודש פברואר. ראוי לתשומת לב העובדה כי ממשק השקיה דו יומי של מנת השקיה ברמה של 6 מ"מ ליומיים הצליח לשמור על רמת מליחות נמוכה יחסית בבית השרשים. מימשק זה היה יעיל יותר בהשוואה לטיפול B בו ניתנה מנת השקיה של כ-5 מ"מ. תהליך דומה התרחש בטיפול זהה בעונת 2009/10 (קרמר וחובריו 2010).

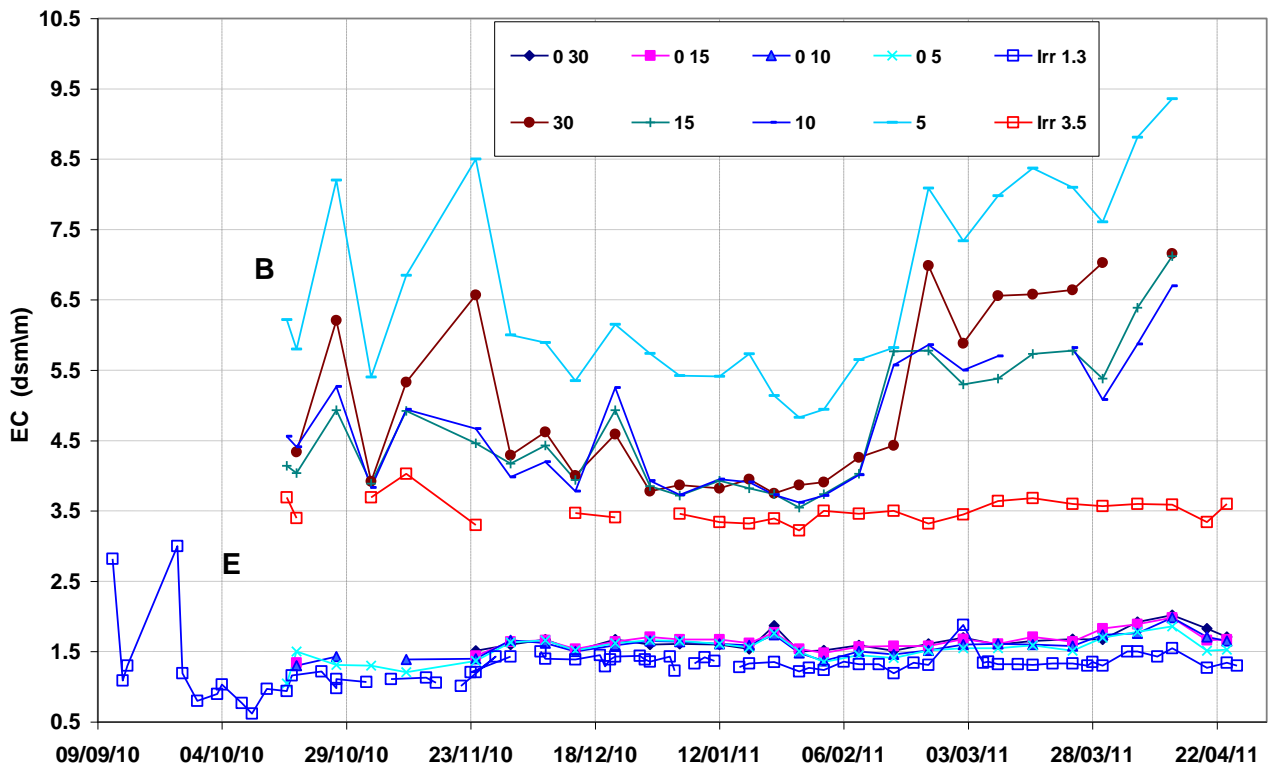
בטיפול E אשר הושקה במנה של 1 מ"מ עם קבלת חיווי ניתנו עד אמצע חודש אוקטובר 5-6 השקיות ביום (איור 2) בהמשך העונה מספר ההשקיות הלך וקטן עד לשלוש השקיות ביום בחודש ינואר. עם ההתחממות בפברואר מספר ההשקיות הלך ועלה והגיע ל-8 השקיות ביום – כמות מצטברת של 8 מ"מ. רמת המליחות הייתה יציבה במשך מרבית העונה עד תחילת חודש אפריל בו הייתה עליה משמעותית בצריכת המים (איור 7), אולם כשרמות ההשקיה הגיעו ל-8 מ"מ ליום שוב ירדה רמת המוליכות החשמלית בתמיסת הקרקע.

בימים בהם ההשקיה בטיפולים A ו-D, המקבלים מנת השקיה גדולה עם קבלת חיווי, ניתנה בשעות אחר הצהריים המאוחרות, היה בדרך כלל דילוג על יום השקיה. משמעות הדבר כי מאגר המים בקרקע יכול לספק את צרכי הצמח גם כאשר ההשקיה ניתנת בשעות בהן תהליך הדיות פוסק. עם התארכות היום וההתחממות, תדירות ההשקיה גוברת והמנה היומית המצטברת בכל הטיפולים עולה. תהליך זה, החוזר בכל הניסיונות בהם הופעלה ההשקיה על פי חיווי מחיישן רטיבות או מתח מים בקרקע, מלמד כי שיטת עבודה זו יכולה לייצג היטב את השינויים בצריכת המים של הגידול (קרמר וחובריו 2007, 2008, 2010).

ריכוז יסודות בעלה מייצג – איכות מי ההשקיה לא השפיעה באופן מובהק על תכולת הכלור בעלים (טבלה 2). הריכוז הגבוה של 1.4 אחוז נימצא בטיפול B והריכוז הנמוך נימצא בטיפול A 1.06%. ריכוז החנקן הגבוה נימצא בטיפול B 5.17% והוא ניבדל באופן מובהק מטיפול C 3.97% בו היה הריכוז הנמוך ביותר ומטיפולים A ו-D. תמונה דומה נימצאה בריכוזי הזרחן. ריכוז האשלגן היה הגבוה ביותר בטיפולים B ו-D שהושקו במים מליחים וניבדל באופן מובהק משאר הטיפולים שהושקו במים מעורבבים. בריכוז הסידן התמונה הייתה הפוכה ריכוזים נמוכים בטפולי המים המליחים ביחס למים המעורבבים. איכות מי ההשקיה לא השפיעה באופן עקבי על תכולת היסודות בעלה המייצג.

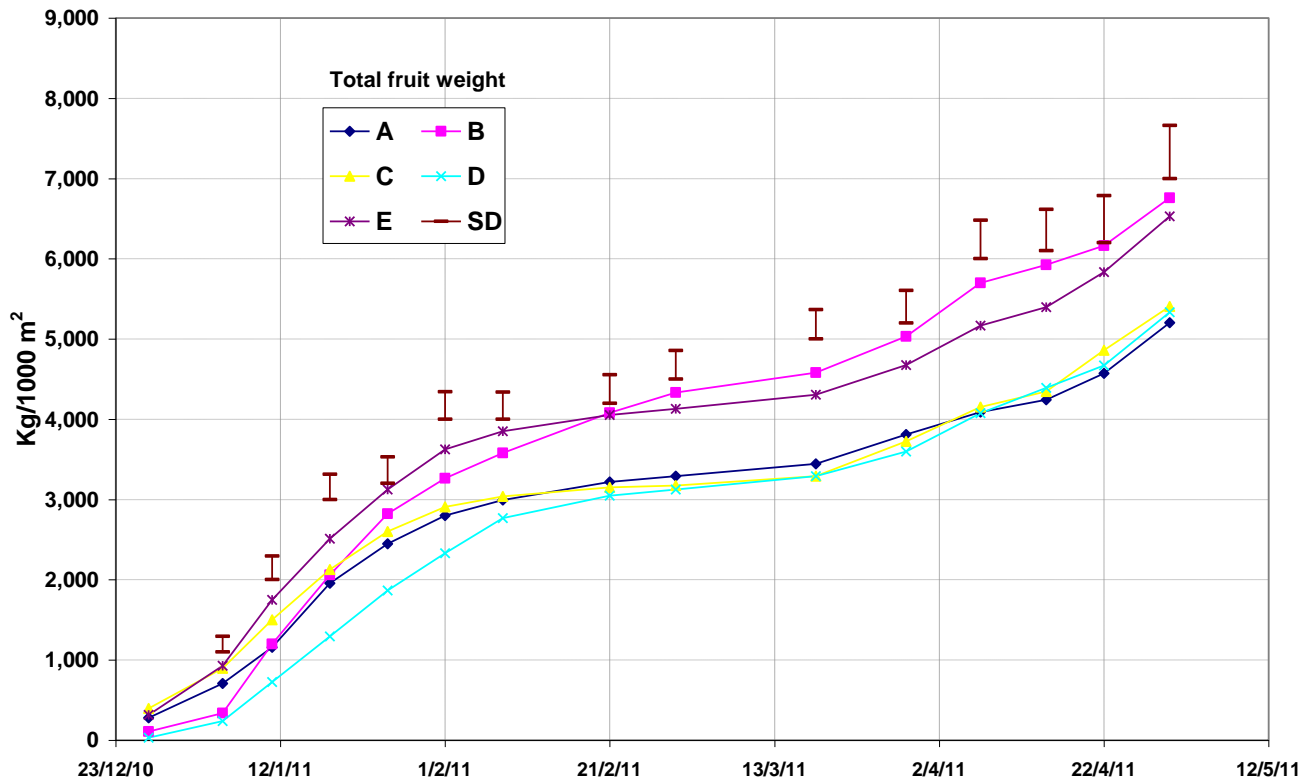


איור 6. ערכי המוליכות החשמלית בתמיסת מי משאב בארבע עומקים סמוך לטפטפת בטיפול C



איור 7. ערכי המוליכות החשמלית בתמיסת מי משאב בארבע עומקים סמוך לטפטפת בטיפול B המושקה במים מליחים ובטיפול E המושקה במים מעורבבים. שני הטיפולים הושקו במימשק השקיה דומה.





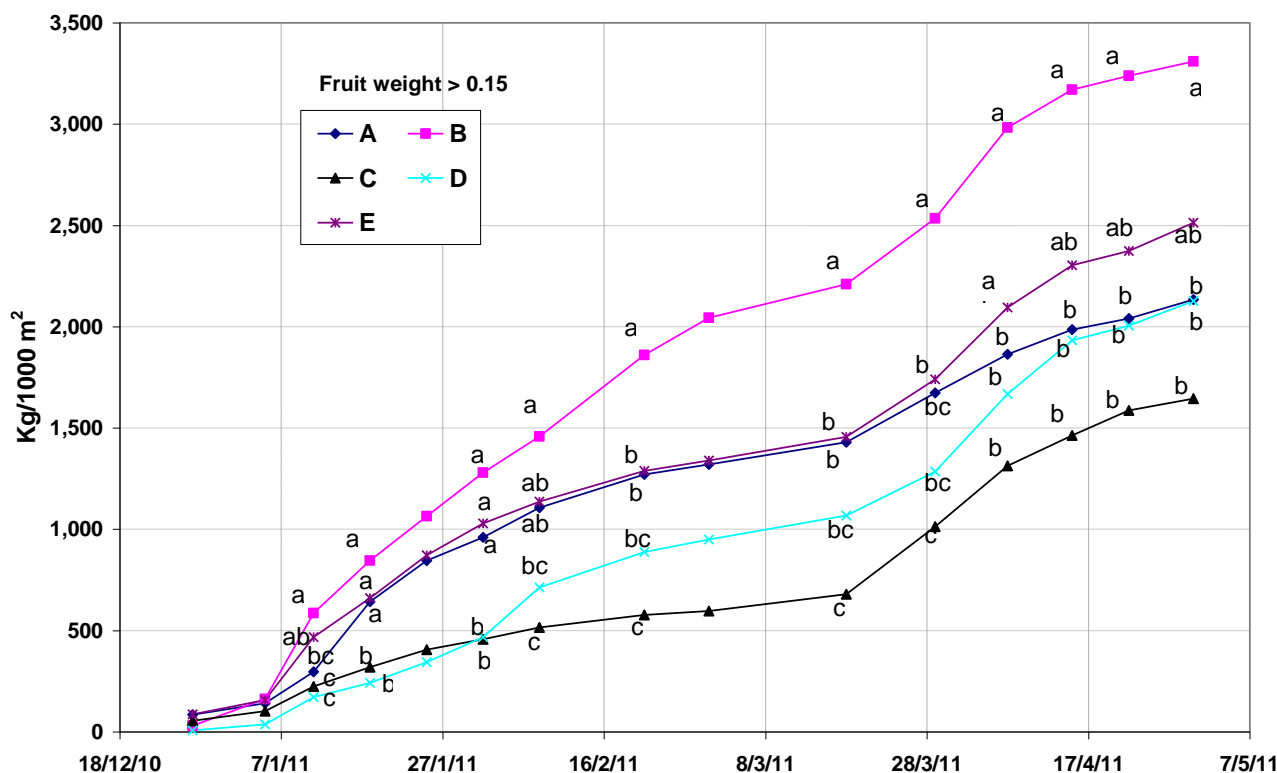
איור 8. הצטברות היבול הכללי בטיפול הניסוי מתחילת הקטיפים בתאריך 22/12/09. במועדים בהם מופיע קו סטית התקן קיים הבדל מובהק בין טיפולים ברמה של 0.05 במבחן תחום טוקי קרמר.

#### היבול ומרכיביו

מהלך הצטברות היבול הכללי מוצג באיור 8. עד תחילת חודש פברואר כל הטיפולים נבדלו באופן מובהק מטיפול D. ממועד זה החל להיווצר הבדל מובהק בין טיפול E לטיפולים A, C, D ובין טיפול B לטיפול D. החל מתאריך 21/02/2011 נוצר הבדל מובהק בין טיפולים B, E לשאר הטיפולים. הבדל זה נישמר עד סוף העונה (טבלה 2). את היוצרות שתי הקבוצות ניתן ליחס להקטנה המשמעותית של מנות המים עם הכניסה לחורף בשאר הטיפולים והעליה במליחות תמיסה הקרקע עקב כך. בתחילת הקטיפים מספר הפירות הכללי בטיפול המעורבבים היה גבוה ביחס לטיפול המים המליחים וניבדל באופן מובהק. לקראת סוף ינואר נוצר הבדל מובהק בין טיפול E בו נקטפו כ- 34,000 פירות לטיפול A בו נקטפו כ- 25,000 פירות בלבד. פער זה נישמר עד סוף העונה. התרומה המשמעותית ליבול הכללי שהתקבל בטיפול B, הייתה העובדה שכמחצית הפירות שנקטפו שקלו 150 גרם ויותר. בעקבות זאת נוצר הבדל מובהק ביבול המצטבר של פירות השוקלים יותר מ-0.15 ק"ג בין טיפול B לשאר הטיפולים (איור 9). הבדל זה נישמר עד לקטיפ האחרון. עיקר ההבדלים במיניני גודל הפירות נוצרו עד סוף ינואר. בהמשך העונה כמעט ולא השתנו הפערים בין הטיפולים. עליית המליחות בטיפול A (איור 5) ובטיפול C (איור 6) החל מאמצע חודש ינואר גרמה להקטנה של הפירות ביחס לטיפולים בהם נישמרה רמת מליחות יציבה.

הנתונים שנאספו עד כה מלמדים בברור, כי בתנאי השקיה במים מליחים הכמות היומית המצטברת חייבת להיות בתחום של 4 מ"מ גם בחודשי החורף, על מנת לאפשר שטיפה קבועה ונאותה של המלחים המצטברים באזור בית השרשים הפעיל, וזאת למרות הירידה בצריכת המים של הצמחים עקב התקצרות היום והירידה במעלות החם.

שני מימשקי ההשקיה היעילים בשמירה על רמת מלחים נמוכה באזור בית השרשים היו, השקיה פעם ביום במנה של 4.5 מ"מ, אשר תרמה לשטיפת המלחים היעילה ביותר ומתן מנות השקיה של 1 מ"מ מדי שתיים לערך בכמות יומית מצטברת של 3-4 מ"מ בתקופת החורף 5-6 מ"מ בתקופות החמות.



איור 9. מהלך הצטברות יבול הפירות השוקלים יותר מ-150 גרם בטיפולים השונים. נקודות המלוות באותיות שונות מציינות הבדל מובהק בין טיפולים ברמה של 0.05 במבחן תחום טוקי קרמר.

#### חשיפות שורשים

החפירה לחשיפת מערכת השרשים העלתה כי בחממה יש שתי שכבות קרקע ברורות. העליונה בעובי של כ-20 ס"מ ובה עיקר מערכת השרשים (ניספח 1 תמונות 1,2) והתחתונה עד לעומק של כ-45 ס"מ. השכבה התחתונה הינה בעלת גוון בהיר, קשה לחידור וללא שורשים. מבנה חתך עם מאפיינים מאד דומים נימצא בחממה סמוכה (קרמר וחובריו 2008). השכבה העליונה בעובי של כ-5 ס"מ היא החומר האורגני שפוזר בתעלה. בחתך עד עומק של כ-20 ס"מ יש שורשים רבים, כאשר הצפיפות הגבוהה הינה סמוך לטפטפות. בשכבה של החומר האורגני בין הטפטפות אין כמעט שורשים. התפלגות שרשים דומה בשכבת הקרקע העליונה נימצאה בעבודות שנערכו על ידי קרמר וחובריו 2007, 2008. המליחות המצטברת סביב הטפטפת היא הגורם המגביל את התפתחות השרשים (איור 5). לא ניתן להבחין בהבדל ברור באופי התפלגות מערכת השרשים בין טיפול D (ניספח 1 תמונה 4) בו ניתנה בדרך כלל מנת השקיה של כ-5 מ"מ פעם ביום לבין טיפול C (ניספח 1 תמונה 3) בו ניתנו מנות רבות של 0.2 מ"מ בכל יום. המצב דומה גם בשאר הטיפולים.

השינויים בתכולת המים בקרקע

בעזרת נתוני קריאות הטנסיומטרים ניתן ללמוד על אופי השינויים בתכולת המים בקרקע בטיפולים השונים. תנועת המים בקרקע ועוצמת התגובה למימשק ההשקיה היו זהים בעונה הנוכחים לאלו שהתרחשו בעונות הקודמות (קרמר וחובריו 2010)

מסקנות:

השימוש בטנסיומטרים מאפשר לנהל את ההשקיה באופן יעיל יותר הודות להתאמת גודל מנות המים היומיות ותדירות ההשקיה בהתאם לצריכת הצמחים המשתנה במהלך העונה. ככל שמליחות המים גבוהה יותר כך עולה חשיבות הניטור השוטף של מצב המליחות בבית השרשים על מנת להוסיף מים לצורך שטיפת מלחים בעת הצורך. מימשק ההשקיה היעיל ביותר בשתי איכויות המים הוא חלוקת כמות המים היומית למנות של 1 מ"מ, אשר ינתנו מדי שעה וחצי לכל היותר. איכות מי ההשקיה השפיעה באופן ברור בתחילת העונה על קצב גידול ועל מספר הפירות שניקטפו בקטיפים הראשונים.

## תודות

לקרן המדען של משרד החקלאות ופיתוח הכפר על מימון תוכנית המחקר מספר 08-1498-870

## ספרות

קרמר ש., בן-גל א., לזרוביץ נ., איתיאל א., כהן ש., אופנבך ר., 2008. בחינת שילובי השקיה ומרווח בין טפטפות בגידול פלפל בקרקע ובתעלות טוף בכיכר סדום. סיכום עונת מחקר ערבה תיכונה וצפונית 2007/8. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.

קרמר ש., צביאלי י. 2009. פלפל בבית רשת ומבנים, ערבה וכיכר סדום המלצות השקיה ודישון. אגף שירות שדה, שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

קרמר ש., קניג א., זר י., 2007. לימוד ייעול ההשקיה על ידי ניהולה באמצעות חיווי מחיישני לחות קרקע בגידול פלפל ליצוא במבנים בערבה. סיכום עונת מחקר ערבה תיכונה וצפונית 2006/7. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.

קרמר ש., קניג א., זר י., 2008. ניהול ההשקיה על פי חיווי מטנסיומטר – בחינת משמעות ערך הפעלת ההשקיה על כמות המים העונתית והיבול בגידול פלפל בערבה. סיכום עונת מחקר ערבה תיכונה וצפונית 2007/8. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.

קרמר ש., קניג א., בן-גל א., אופנבך ר., מדואל ע. 2009. בחינת שילובים של תדירות השקיה ומנת מים לייעול ממשק ההשקיה במים מליחים בגידול פלפל דו"ח התקדמות 2008-9. סיכום עונת מחקר ערבה תיכונה וצפונית 2008/9. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.

קרמר ש., קניג א., בן-גל א., אופנבך ר., מדואל ע. 2010. בחינת שילובים של תדירות השקיה ומנת מים לייעול ממשק ההשקיה במים מליחים בגידול פלפל דו"ח התקדמות 2009-10. סיכום עונת מחקר ערבה תיכונה וצפונית 2009/10. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.

## סיכום עם שאלות מנחות

### מטרות המחקר

בחינת מספר אופני ניהול השקיה על פי חיווי מטנסיומטר של מים בעלי מוליכות חשמלית של 1.3 דסמטטר ומים בעלי מוליכות חשמלית של 3.4 דסמטטר, על מנת להגדיר מימשק עבודה מתאים הן מבחינת יעילות ההשקיה והן מבחינת שטיפת מלחים באיכויות המים השונות, אשר יהיה ישים על ידי המגדלים.

### עיקרי הניסויים והתוצאות

עם הפעלת הטיפולים נוצרו חמישה מימשקי השקיה, הנובעים מהשילוב של ערך הסף להפעלת ההשקיה ומנת המים אשר ניתנה כאשר התקבל החיווי. מנת השקיה של 4 מ"מ מים ויותר הביאה לתדירות יומית בחודשים החמים ופעם ביומיים שלשה בחורף. במימשק זה בחורף עלה ריכוז המלחים בבית השרשים למרות הצריכה הנמוכה גם באיכות המים הטובה. מתן מנות מים של 1 מ"מ הביאה לתדירות השקיה של 3-6 פעמים ביום תוך שמירה על רמת מלחים יציבה בבית השרשים. מתן מנות השקיה של 0.2 מ"מ עם קבלת חיווי יצר התאמה טובה לצריכת המים של הצמחים במהלך העונה אך עקב צימצום הכמות בחורף עלה ריכוז המלחים בבית השרשים במידה רבה ופגע בכושר היצור של הצמחים הן במים הטובים והן במים המליחים. המעקב אחר רמת המוליכות החשמלית וריכוז החנקן החנקתי בתמיסת הקרקע באמצעות משאב אוטומטי נימצא יעיל ונוח מאד.

### מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?

ניהול ההשקיה על פי חיווי מטנסיומטר אפשרי. כאשר משקים עם מים מליחים ואף עם מים בעלי מוליכות חשמלית של 1.3 דסמטטר חשוב מאד לנטר את מצב המליחות בבית השרשים על מנת לזהות תהליכי הצטברות מלחים ולהגיב בהתאם. ניהול השקיה תקופה מאד באמצעות טנסיומטר הן במים מליחים והן במים טובים אינו מתאים לחודשי החורף. הקטנת מנות המים היומיות בתקופת החורף בהתאם לירידה בצריכת הצמחים גוררת עליה במליחות תמיסת הקרקע בבית השרשים ופחיתה ביבול הפירות. השקיה משלב מוקדם, שבועיים אחרי השתילה, פעם ביום במנה של 4 מ"מ מים לפחות תורמת לקבלת צמחים בריאים וחזקים גם בתנאי השקיה במים מליחים (3.5 דסמטטר)

### בעיות שנתרו לפתרון /או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות

#### המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר?

יש מקום לבחון את האפשרות לניהול ההשקיה על פי גרעון לחץ האדים בבית הגידול, האמור לייצג טוב יותר את צריכת הצמח בהשוואה לטנסיומטר. מומלץ להמשיך ולבדוק את הקשר בין המדדים הצמחיים: גובה הצמח, מספר מיפרקים ומספר פירות לבין מימשק ההשקיה ומצב המליחות בבית השרשים.



תמונה 1. חשיפת שרשים בתאריך 25/01/11 בטיפול A, מתן מנת השקיה של 4 מ"מ עם קבלת חיווי להשקיה.



תמונה 2. חשיפת שרשים בתאריך 25/01/11 בטיפול B, מתן מנת השקיה של 1 מ"מ עם קבלת חיווי להשקיה. מי השקיה 3.3 דסמוטר.



תמונה 3. חשיפת שרשים בתאריך 25/01/11 בטיפול C, מתן מנת השקיה של 0.2 מ"מ עם קבלת חיווי להשקיה. מי השקיה 1.3 דסמומטר



תמונה 4. חשיפת שרשים בתאריך 25/01/11 בטיפול D, הפעלת השקיה עם קבלת חיווי מטנסיומטר רדוד, הפסקתה על פי חיווי מטנסיומטר עמוק. מי השקיה 3.3 דסמומטר.



תמונה 5. חשיפת שרשים בתאריך 25/01/11 בטיפול D, התפתחות שרשים אופקית למרחק של כ-40 ס"מ בניצב לשלוחות הטפטוף. הפעלת השקיה עם קבלת חיווי מטנסיומטר רדוד, הפסקתה על פי חיווי מטנסיומטר עמוק. מי השקיה 3.3 דסמומטר.



תמונה 6. חשיפת שרשים בתאריך 25/01/11 בטיפול E, מתן מנת השקיה של 1 מ"מ עם קבלת חיווי להשקיה. מי השקיה 1.3 דסמומטר.