

השפעת מליחות הקרקע בשתי שיטות השקיה בטפטוף, עילי וטמון, על יבולי

החיטה

ח' פרנקל*, א' מנטל*, ע' זיו**, א' מאיר*

תקציר

בקיבוץ נירים נבחנה, בשנת 1984/85, תגובת חיטה מזן שפיר למליחות משתיירות בקרקע בשתי שיטות טפטוף (עילי וטמון), ובשני מרחקים (1 מ' ו-2 מ') בין שלוחות הטפטוף. נמצא כי יבול הגרגרים פחת החל מרמת מליחות של 6 דציסימנס/מ' במיצוי עיסה רוויה, וכי קצב הפחיתה ביבול היחסי היה 7.1% מיבול הגרגרים לכל יחידת מליחות גבוהה מערך הסף (הערך שמעליו מתחיל היבול לפחות). כאשר המרחק בין השלוחות היה 2 מ' היו היבול המרבי וערך הסף קטנים מאשר במרחק הצבה של מטר אחד. במליחות קרקע שווה לא נמצא הבדל בהתפתחות הצמחים בין שתי שיטות הטפטוף. להצבת השלוחות במרחקים שונים היתה השפעה רבה על התפתחות הצמחים, כאשר במרחק של 1 מ' בין השלוחות היתה הרטבת השטח אחידה יותר והיבול גבוה יותר מאשר היבול וההרטבה שהתקבלו במרחק של 2 מ' בין השלוחות. במרחק של 2 מ' בין השלוחות נמצאה תלות בין הפחיתה ביבול לבין המרחק של שורת הצמחים משלוחות הטפטוף.

הקשר בין רמות המשקעים וההשקיה לבין יבול הגרגרים בניסוי זה בוטא בעזרת משוואה:

$$Y = -421.63 + 3.36 X$$

כאשר: Y = יבול הגרגרים, בק"ג/ד'; X = מנת המים הכוללת, במ"מ.

לכל תוספת של מ"מ מים שמעל 125 מ"מ היתה תוספת יבול ממוצעת של 3.36 ק"ג/ד', לעומת 1.45 ק"ג/ד' כמקובל בהשקיית-עזר בהמטרה. ההבדל מוסבר ביעילות שיטת הטפטוף לעומת שיטת ההמטרה, הן מבחינת חלוקת המים לאורך תקופת הגידול והן מבחינת הפחתת הנגר העילי.

מבוא

בשל מחסור הולך וגובר במי השקיה מאיכות טובה, מתרחב השימוש במים שוליים (מים מליחים ומי-קולחין מטוהרים) להשקיה. שימוש נרחב בהשקיית גידולים חקלאיים במים מליחים עלול לגרום המלחה של קרקעות חקלאיות. מסיבה זו יש צורך דחוף ללמוד את דרכי השימוש המטביות במים מליחים להשקיה, ולהתאים להן גידולים, שיטות השקיה ומחזור גידולים. הגידול העיקרי בארץ שמושקה במים מליחים הוא הכותנה, מכיוון שהיא מצטיינת בעמידות גבוהה, יחסית, למליחות (9). השיטה המקובלת כיום בהשקיית כותנה במים מליחים היא הטפטוף ולכן קדמו העובדות הבאות: בשנים 1973-1978 נצפתה בנחל-עוז פחיתה ביבולי הכותנה שהושקו

מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, סדרה ע', 1987, מס' 8.

* המכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, בית-דגן.

** המכון לגידולי שדה וגן, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, בית-דגן.

בהמטרה מ-520 עד 440 ק"ג כותנה גולמית לדונם. עקב מימצא זה נערך, בשנים 1979-1983 (2), סקר על השקיית כותנה במים מליחים, ומימצאיו הצביעו על יתרון להשקיה בטפטוף על פני השקיה בהמטרה. יתרון הטפטוף נבע בעיקרו מפיזור אחיד יותר של המים בחתך הקרקע מחד גיסא, ומנפח בית-שורשים שטוף יותר מאידך גיסא. לאופן הצבת שלוחות הטפטוף, למנות המים ולתכונות ההידראוליות של הקרקע היתה השפעה רבה על אחידות הרטבת הקרקע ועל התפלגות המלחים בה.

בניסוי שנערך בנירים בשנת 1981 (10) הוצבו שלוחות הטפטוף במרכז המירווח שבין שורות הכותנה, ובמרחק של 2 מטרים משלוחה לשלוחה, כמקובל בשטחי הכותנה. נמצא שריכוז המלחים מתחת לטפטפות, בשכבת הקרקע העליונה (0-15 ס"מ), היתה שווה לריכוזם במי ההשקיה. לעומת זאת, במרחק של כ-50 ס"מ משלוחות הטפטוף היה ריכוז המלחים בשכבת הקרקע העליונה, לאורך שורת הצמחים, גבוה פי 8-9 מריכוזם במי ההשקיה. עוד נמצא שמתחת לשלוחות הטפטוף התקבל בעומק הקרקע ריכוז מלחים מרבי שהשתנה עם הזמן, ואילו בשורת הצמחים היתה המליחות בעומק הקרקע נמוכה מזו של שכבת הקרקע העליונה.

באזורים מעוטי מישקעים שטיפת המלחים קטנה בחורף, והצטברות רב-שנתית גבוהה של מלחים נגרמת בשכבת הקרקע העליונה. לדוגמה: בניסוי שנערך בקיבוץ נירים, במשך שנתיים, בשטח שכמות המשקעים בו היתה קטנה מ-200 מ"מ, הוכפל ריכוז המלחים בשכבת הקרקע העליונה – מ-65 מ"מ לליטר בתחילת הניסוי עד 130 מ"מ לליטר בתום הניסוי (10).

בעבודה שמתוארת להלן נלמדו הקשרים בין כמה גורמים: רמת המליחות המשתתרת בקרקע, שיטות הטיפטוף (טמון לעומת עילי), התפתחות צמחי החיטה ויבול הגרגרים. למחקר היו שתי מטרות: (א) לבחון אם אפשר להרחיב את שטחי מיזרע החיטה אל קרקעות שהומלחו בעת השקיית הגידול הקיצי (כותנה). בעזרת מערכת הטפטוף הטמון; (ב) לבחון אם אפשר לשטוף את המלחים ולדחוק אותם לעומק הקרקע במהלך גידול החיטה. ההנחה היתה שכתוצאה מפעולות אלה יתחיל הגידול הקיצי (כותנה) לגדול בחתך קרקע שטוף ממלחים.

שיטות

הניסוי נערך בשנת 1984/85 בקיבוץ נירים שבצפון-מערב הנגב, בחלקת שדה שגודלה כ-6 דונם. השטח חולק לארבעה גושים וכל גוש חולק ל-12 חלקות בגודל של 8×13 מטרים כל אחת. באפריל 1984 נזרעה הכותנה בשטח הניסוי כדי לבדוק את ההשפעה המשולבת של שלושה גורמים:

1. שיטת הטפטוף: (א) עילי; (ב) טמון, בעומק של 25 ס"מ;
 2. סוג המים: (א) מי-באר מקומיים; (ב) מי-באר שהומלחו;
 3. מיקום שלוחות הטפטוף: (א) בכל שורה; (ב) בכל שורה שניה.
- ההשקיה נעשתה במערכת טפטוף מתוצרת "נטפים", בעלת טפטפות שספיקתן – 4 ליטר/שעה בשלוחות העיליות ו-2 ליטר/שעה בשלוחות הטמונות. המירווח בין כל שתי טפטפות לאורך השלוחה היה מטר אחד. הרכב מי ההשקיה מפורט בטבלה 1.

ב-24 באוקטובר 1984 נקטפה הכותנה, ולאחר כיסוח הצמחים ניתן לשדה דשן-יסוד בכמות של 14 ק"ג/ד' חנקן ו-80 ק"ג/ד' סופרפוספאט. השטח דוסק והוכן מצע-זרעים. ב-21 בנובמבר נזרעה חיטה מזן שפיר, בשיעור של 14 ק"ג/ד'; הזריעה נעשתה במזרעה משקית והמירווח בין קנקני הזריעה היה 15 ס"מ. לאחר הזריעה ניתנה השקיית-הנבטה בהמטרה במי-המוביל (מוליכות חשמלית של 1 דציסימנס/מ'), בכמות של 40 מ"מ. הצצה מלאה נרשמה ב-5 בדצמבר. לאחר תאריך זה הוכנסה לשדה מערכת הטפטוף העילית.

טבלה 1: ההרכב הכימי של מי ההשקיה (נירים, קיץ 1984)

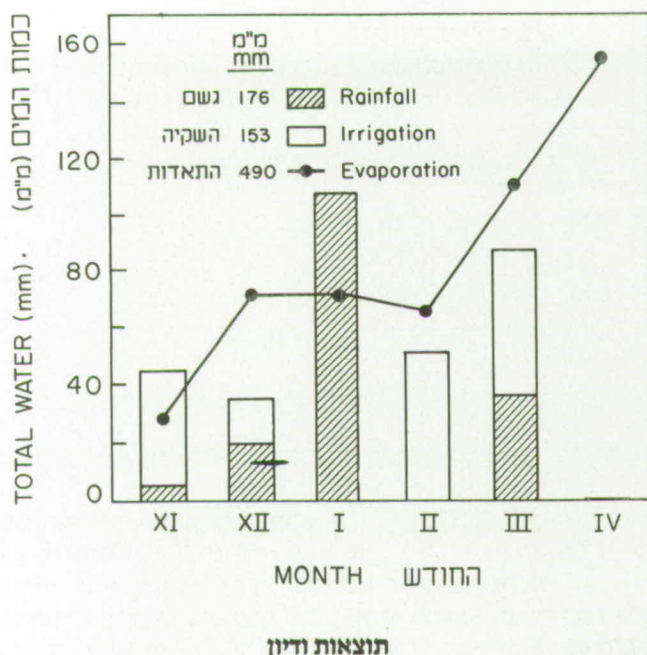
Table 1: COMPOSITION OF THE IRRIGATION WATER (NIRIM, SUMMER 1984)

יחס ספיחת הנתרן Sodium Adsorption Ratio (SAR)	ריכוז היונים המסיסים (מ"מ/ק"ליטר) Soluble ions (meq/liter)				המוליכות החשמלית (דציסימנס/מ') Electrical con- ductivity (dS/m)	מקור המים Water source
	K	Ca+Mg	Na	Cl		
12.4	0.14	6.3	22.0	19.0	3.5	מי-באר רגילים Local well
23.0	0.14	19.5	72.0	95.0	10.0	זי-באר מומלחים Well + Salt

הטיפולים שניתנו לחלקות החיטה (אשר היו באותם המקומות של חלקות הכותנה) היו כדלהלן:

1. שיטת הטפטוף (כמו בכותנה): עילי, טמון;
2. המרחק בין השלוחות (כמו בכותנה): 1 מ' ו-2 מ';
3. רמת המליחות: מליחות משתיירת בקרקע לאחר השקיית הכותנה.
במשך עונת הגידול ירדו מ"מ גשם. מלבד השקיית ההנבטה ניתנו עוד שלוש השקיות של מי-המוביל במערכת הטפטוף: 15 מ"מ ב-14/12/84, 50 מ"מ ב-8/2/85 ו-48 מ"מ ב-1/3/85. מנות ההשקיה נקבעו על-פי מקדם התאדות מגיית סוג א'. סך-כל כמות המים שקיבל השדה היה 329 מ"מ. באמצע פברואר הוזרם "טרפלך" דרך מערכת ההשקיה, בכמות של 0.1 מ"ל לכל טפטפת, כדי למנוע סתימות בטפטפות הטמונות, בגלל חדירת שורשים אליהן. התפלגות המישקעים, ההשקיות וההתאדות מהגיית, במשך עונת הגידול, מוצגת באיור 1.
במהלך העונה נערך מעקב אחר רמות הרטיבות והמליחות בקרקע. רמות הרטיבות נבדקו במידגמי קרקע שהועברו למעבדה, ורמות המליחות נבדקו בשדה בעזרת חיישני-מליחות שנקבעו בכל חלקות הטיפול, בשני עומקי קרקע (40 ו-60 ס"מ) ובשתי נקודות בדיקה (מתחת לטפטפת ובמרחק של 25 ס"מ ממנה, בניצב לשלוחת הטפטוף). כמו כן, נערכו מעקבים אחר גדילת הצמחים על-פי מדדי ההתפתחות בסולם פיקס (8). גובה הצמחים נמדד בתקופת הבשלת החלב. בסוף אפריל 1985 נאספו מכל חלקות הניסוי מידגמי צמחים מ-0.5 מטר-שורה, מכל השורות, לצורך קביעת רמת החומר היבש ורכיבי היבול (משקל השיבולים, מספר הגרגרים לשיבולת ומשקל הגרגר). ב-8 במאי 1985 נקצרו החלקות בקומביין ונמדד יבול הגרגרים לדונם.

איור 1: ההתאדות מגיגית סוג א' וחלוקת המשקעים ומי ההשקיה במשך עונת גידול החיטה
 Fig. 1: Distribution of rainfall, irrigation and evaporation during the wheat growing season



נתונים על ההשפעות של שיטת ההשקיה (טפטוף טמון וטפטוף עילי), של המרחקים בין שלוחות הטפטוף (1 מטר ו-2 מטר) ושל רמת המליחות המשתתרת בקרקע על יבולי החיטה מוצגים בטבלה 2. בחלקות שבהן הושקתה הכותנה, בקיץ 1984, במים ברמת מליחות של 10 דציסימנס/מ', היתה המליחות המשתתרת בקרקע 9.2 דציסימנס/מ', בממוצע לשכבת הקרקע 75-0 ס"מ. בחלקות שבהן הושקתה הכותנה במים ברמת מליחות של 3.5 דציסימנס/מ' היתה המליחות המשתתרת בקרקע 3.5 דציסימנס/מ'. מהיבולים המוצגים בטבלה 2 אפשר לראות שברמת מליחות משתיירת שווה, ובאותו מרחק בין שלוחות הטפטוף, לא נמצא הבדל משמעותי בין היבול של חלקות הטפטוף הטמון ובין היבולים של חלקות הטפטוף העילי. רמת המליחות והמרחק בין שלוחות הטפטוף השפיעו במידה מובהקת על יבול הגרגרים, ובמידה יותר מתונה – על משקל הקש ומספר הגרגרים לשיבולת.

נמצא שמליחות משתיירת גבוהה מ-4.5 דציסימנס/מ' ומרחק של 2 מ' בין השלוחות הפחיתו את היבול על רכיביו השונים, מחוץ לגודל הגרגר. מנתונים שפורסמו על עמידות צמחי החיטה למליחות (9) מתברר שרמת מליחות של 4- דציסימנס/מ' אינה גורמת פחיתה ביבולי החיטה מאחר שרמה זו נמוכה מערך סף-ההשפעה (6 דציסימנס/מ'). לצורך השוואת הטיפול השונים חושב יבול החיטה המרבי – שנתקבל מחלקות שהושקו, בקיץ, במי-באר מקומית ובהצבה של 1 מ' בין השלוחות – כמאה אחוזי יבול. השוואת יבולי החלקות שהושקו באותה כמות מים ושלוחות הטפטוף הוצבו בהן באותו מרחק הצבה, אך נמצאה בהן רמת מליחות שונה בקרקע, מאפשרת לבדוד את השפעת מליחות הקרקע על יבולי הגרגרים. ואמנם, ניתוח מימצאי טבלה 2 מראה שרמת המליחות הגבוהה גרמה פחיתה של כ-20% ביבול הגרגרים.

טבלה 2: השפעה מולבלת של שיטת הטפטוף, המליחות המשתתית בקרקע ומרחק בין השלוחות על מודדים צמחיים ורכיבי יבול בחרטר*

Table 2: INTERACTION OF DRIP IRRIGATION METHOD, RESIDUAL SOIL SALINITY AND LATERAL SPACING ON A NUMBER OF PLANT PARAMETERS AND YIELD COMPONENTS OF WHEAT*

שיטת הטפטוף Drip method	מליחות מים ההשקיה בחרונה (דצימנס/מ ³) Water salinity for cotton (ds/m)	המרחק בין שלוחות הטפטוף (מ ²) Lateral spacing (m)	מליחות משהתית בממוצע לשכבת 75-0 ס"מ (דצימנס/מ ³) Residual soil salinity 0-75 cm (ds/m)**	גובה הצמח המירבי (ס"מ) Maximal plant height (cm)	משקל הקש של מטר שורה (ג) Straw weight from 1m of row (g)	מספר הגרורים לשבולת Number of grains per ear	משקל הגרור (מ ²) Grain weight (mg)	יבול הגרורים (ק"ג/ה) Grain yield (kg/0.1 ha)
עילי Surface	3.5	2	4.5	94a N 93a	96ab N 93abc	44a N 44a	43ab N 43ab	560a N 492b
טמון Subsurface	10.0	1	9.1	85bc N 93a	74bc N 103a	45a N 44a	43ab N 44ab	553a N 498b
	10.0	2	7.6	84c N 94a	83abc N 91b	41ab N 42ab	44ab N 47a	418c N 47a

* Values followed by a common letter are not statistically different at the 5% level according to Duncan's Multiple Range Test.
 ** Salinity of saturated soil paste extract.

הערות: בכל טור המסומנים באותיות זהות אינם מוכוונות סטטיסטית.
 בדרום מנהקוקת של 5%.
 ** מליחות מיצוי עיסת קרקע רוויה.

להערכת תגובת החיטה למליחות שימשה משוואה של מס והופמן (9):

$$Y/Y_m = 100 - B(CEc - A)$$

כאשר:

$$Y = \text{היבול הממשי};$$

$$Y_m = \text{היבול המרבי המתקבל בתחום שבו אין למליחות השפעה על היבול};$$

$$Y/Y_m = \text{היבול היחסי, באחוזים};$$

$$A = \text{ערך הסף שבו היבול היחסי מתחיל לפחות};$$

$$B = \text{אחוז פחיתת היבול במקביל לעליית המליחות מעל ערך הסף הנ"ל};$$

$$CEc = \text{מליחות מיצוי עיסת קרקע רוויה, ביחידות של dS/m}.$$

כאשר הוצג היבול היחסי (Y/Y_m) כתלות במליחות, בכל אחד מהמרחקים בין השלוחות, נתקבל עקום (איור 2') שווה לזה שמצאו מס והופמן (9). יש לזכור שהמשוואה הנ"ל מתייחסת למקרה שבו כמות מי ההשקיה היתה גבוהה ($I > 1.5 ET$) (6). ואולם, כאשר כמות מי ההשקיה קטנה מערך זה אזי Y_m קטן, ותחום המליחות שבו Y/Y_m קבוע ואינו משתנה, הוא ברור וחד פחות מהתחום שמוצג באיור 2'. תוצאות המאשרות גישה זו מוצגות באיור 2ב' שבו מתואר Y/Y_m כתלות במליחות, כאשר Y_m הוא היבול המרבי שהושג בהשקיה בטפטוף, במרחק של 1 מ' בין השלוחות, ובמליחות קרקע שמתחת לערך הסף. מאיור זה נראה שמתקבלים למעשה שני עקומים התלויים במירווח שבין שלוחות הטפטוף. במירווח של 1 מטר נתקבלו ערכי יבול שווים לאלו של מס והופמן (9), ואילו במירווח של 2 מטרים בין השלוחות התקבל עקום שונה: היבול המרבי היה קטן יותר וערך הסף לא היה ברור. תוצאה זו מאשרת את המסקנה שכאשר המרחק בין השלוחות הוא 2 מ', מנת המים הנצרכת לגידול החיטה יותר נמוכה מאשר במרחק של 1 מ' (איור 2ב'). תוצאה דומה דווחה גם בספרות (5).

מנתוני טבלה 3 מתברר כי להצבת שלוחות הטפטוף במרחק של 1 מ' בין שלוחה לשלוחה היה יתרון על מרחק הצבה של 2 מ', ויתרון זה התבטא בתוספת יבול של כ-10%, הן בטפטוף העילי והן בטפטוף הטמון, ובכל רמות המליחות בקרקע. מכאן שלפיזור המים בחתך הקרקע שנגרם בשל מיקום שלוחות הטפטוף יש השפעה ניכרת על היבול, גם בחלקות שנמדדה בהן רמה נמוכה של מליחות משתיירת. לדוגמה: ברמת מליחות משתיירת של כ-4 דציסימנס/מ' נתקבל בחלקה שבה הוצבו השלוחות במרחק של 2 מ' זו מזו יבול גרגרים נמוך בכ-12% מאשר בחלקות שבהן היה מרחק של 1 מ' בין השלוחות. הפחיתה ביבול נבעה, במקרה זה, מפזיור המים בחתך הקרקע (איור 3).

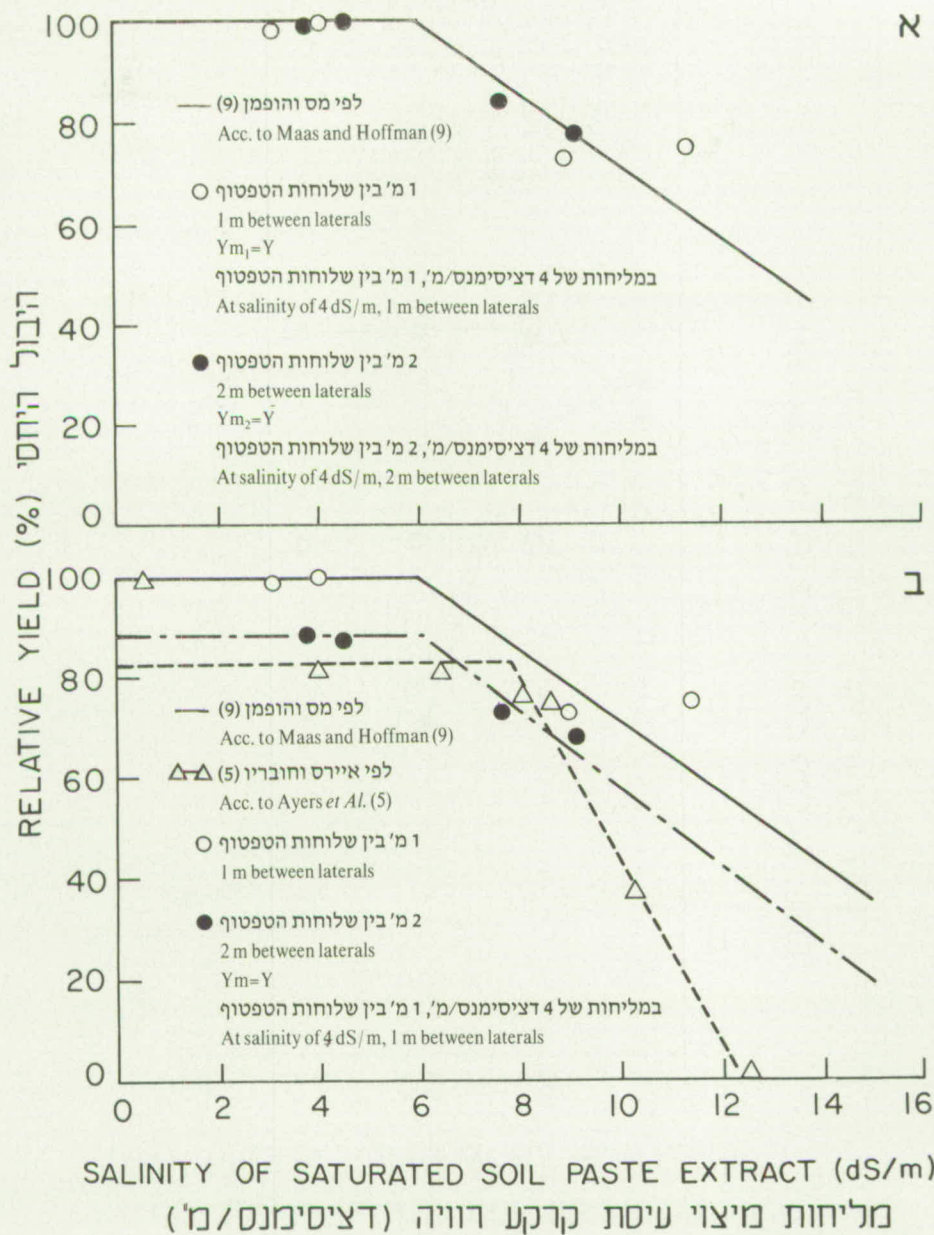
טבלה 3: השפעת שיטת ההשקיה ומליחות מי ההשקיה על מליחות הקרקע ועל יבול הגרגרים

Table 3: EFFECT OF IRRIGATION METHOD AND WATER SALINITY ON SOIL SALINITY AND GRAIN YIELD

שיטת הטפטוף Drip method	מליחות מי ההשקיה בכותנה (דציסימנס/מ') Water salinity for cotton (dS/m)	המרחק בין שלוחות הטפטוף (מ') Lateral spacing (m)	יבול הגרגרים ("ק"ג/ה") Grain yield (kg/0.1 ha)	הפחיתה ביבול (%) Yield reduction (%)		
				בתלות ברמת מליחות מי ההשקיה Effect of water salinity level	בתלות במרחק בין שלוחות הטפטוף Effect of lateral spacing	בתלות משולבת במליחות ובמרחק Combined effect of salinity and spacing
עילי Surface	10.0	2	386	22	9.0	31.0
		1	423	25	-	25.0
		1	410	26	-	26.0
		2	418	23	2.2	25.2
טמון Subsurface	3.5	2	492	-	12.2	12.2
		1	560	-	-	-
		2	498	-	11.0	11.0
		1	553	-	1.5	1.5

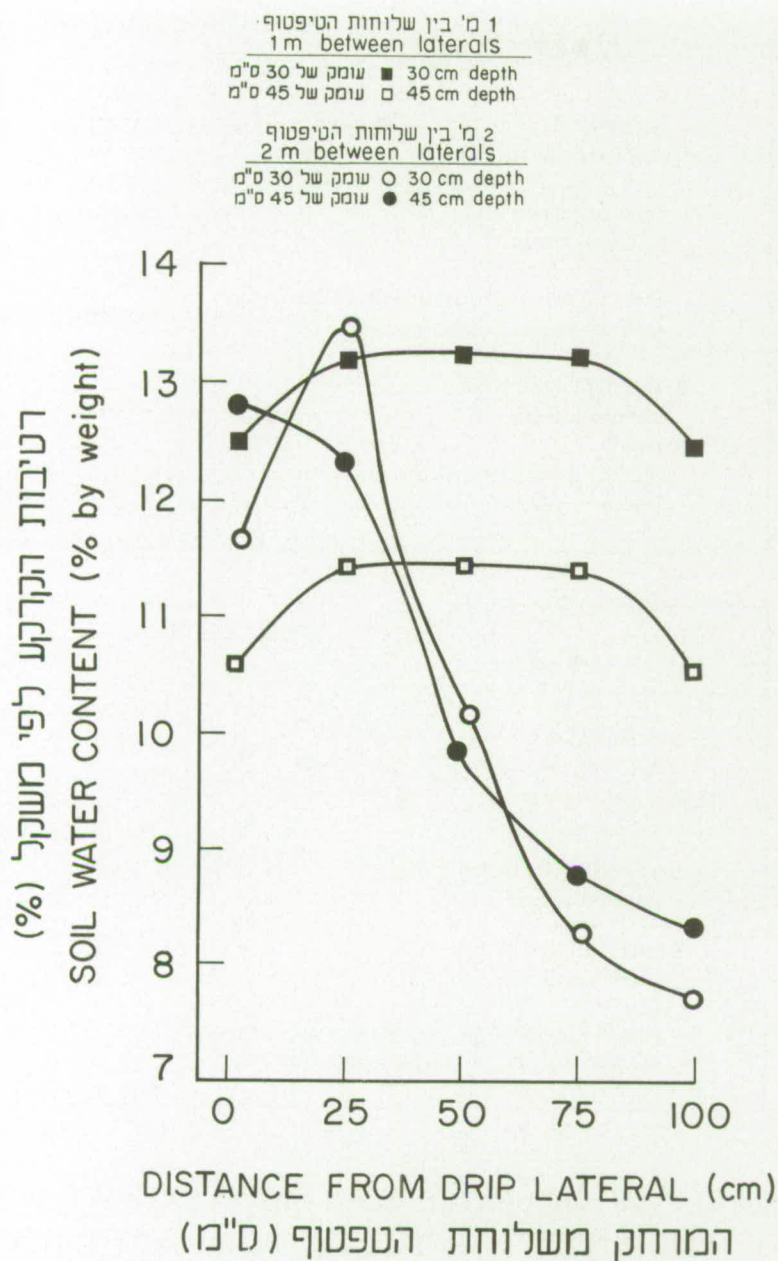
איור 2: השפעת מליחות הקרקע על יבול החיטה היחסי

Fig. 2: Effect of soil salinity on relative wheat yield



איור 3: השינוי ברטיבות הקרקע כתלות במרחק מקווי הטפטוף, בשני עומקי מדידה

Fig. 3: Soil moisture content as a function of distance from the drip lateral, at two soil depths



באיור 3 מתוארת התפלגות רמת הרטיבות לפי משקל בהשפעת מרחקים שונים מקווי שלוחות הטפטוף ושני עומקי מדידה (30 ו-45 ס"מ) כפי שנמדדו באמצע עונת הגידול (ינואר 1985). כאשר המרחק בין השלוחות היה 1 מ', היתה רטיבות אחידה בחתך שבין שלוחות הטפטוף, בשני עומקי המדידה. לעומת זאת, כאשר המרחק בין שלוחות הטפטוף היה 2 מ' חלה ירידה ברמת הרטיבות בקרקע, בשני עומקי המדידה, ככל שגדל המרחק מהטפטפת. תופעה זו נובעת מכך שרדיוס ההרטבה בקרקע הלס (רדיוס ההרטבה מושפע מהמוליכות ההידראולית בקרקע ומספיקת הטפטפת) הוא כ-50 ס"מ. נמצאה חפיפה מלאה בין חזיתות ההרטבה של שתי שלוחות הטפטוף הממוקמות במרחק של מטר זו מזו, וחפיפה זו גרמה לכך שבמירווחים של 25-75 ס"מ בין השלוחות אף עלתה מעט רמת הרטיבות על זו שליד הטפטפת. לעומת זאת, כאשר המרחק בין שלוחות הטפטוף היה 2 מ' לא היתה חפיפה ברדיוסי ההרטבה, ועל כן נמצאה הקרקע הסמוכה לטפטפת רטובה, בעוד שבמרחק גדול מ-50 ס"מ מהטפטפת היתה הקרקע יותר יבשה. הבדל זה גרם למפל-רטיבות (הרטיבות יורדת ככל שהמרחק מהטפטפת עולה) וזה השפיע על יכול הגרגרים. תופעה זו בלטה כאשר נמדדו רכיבי היבול בצמחים שנדגמו ממרחקים שונים משלוחות הטפטוף (איורים 4 ו-5). בחלקות שהמרחק בין השלוחות היה בהן 1 מ', לא נמצאו הבדלים ניכרים בין השורות שנדגמו, בכל רכיבי היבול שנמדדו. לעומת זאת, כשהמרחק בין השלוחות היה 2 מ' (איורים 4 ו-5) חלה פחיתה ברכיבי היבול השונים ככל שגדל המרחק מציר השלוחה.

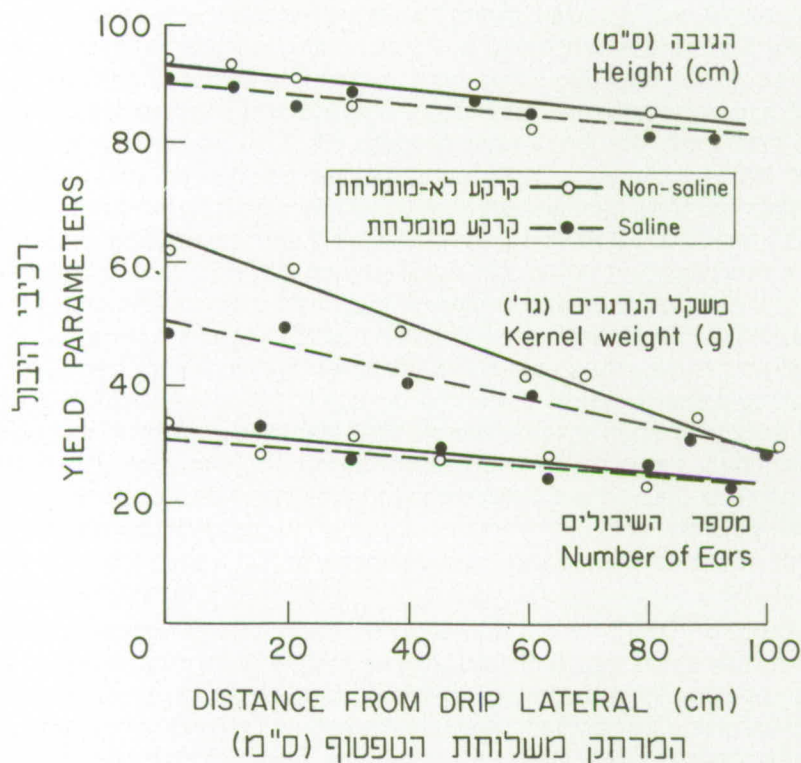
באיור 4 מוצג הקשר בין גובה הצמחים, יכול הגרגרים ומספר השיבולים, לבין המרחק משלוחות הטפטוף, בחלקות שבהן הוצבו השלוחות במרחק של 2 מ' זו מזו, בקרקע מומלחת ולא-מומלחת. התוצאות מייצגות מידגמים של 50 ס"מ של שורת-חיטה, במרחקים הולכים וגדלים מציר השלוחה, ב-16 חזרות לכל טיפול. נמצא שחלה ירידה מתונה בגובה הצמחים ככל שגדל המרחק מהשלוחה ועמו קטנה הרטיבות בקרקע. הפחיתה ביבול הגרגרים בקרקע לא-מומלחת עלה בכ-20% על זה שבקרקע המומלחת. במספר השיבולים ל-50 ס"מ-שורה כמעט שלא חל שינוי, הן בעקבות הגדלת המרחק מהשלוחה והן בעקבות המלחת הקרקע. מספר השיבולים והצמחים ליחידת-שטח נקבע בשלב מוקדם של התפתחות החיטה, ובשלב זה הוא לא הושפע, כנראה, מן המליחות או מהרטיבות.

באיור 5 מוצג הקשר בין משקל הקש של מידגמים של 50 ס"מ-שורה, מספר הגרגרים לשיבולת, משקל הגרגרים לשיבולת ומשקל הגרגר, לבין המרחק משלוחות הטפטוף בקרקע מומלחת ובקרקע לא-מומלחת. משקל הגרגר (משקל 1000 גרגרים) לא הושפע במידה מובהקת, מבחינה סטטיסטית, הן מהמרחק מהשלוחה והן ממליחות הקרקע. לפי פינטהוס (3), משקל הגרגר פחות, אמנם, כאשר פחת יבול כלל הגרגרים, אך – במידה מתונה מאוד. במשקל הקש חלה פחיתה רבה במקביל לעליה במרחק מהשלוחה ולירידה ברמת הרטיבות. משקל הקש מבטא את סך ההתפתחות הווגטטיבית של הצמחים במשך תקופת הגידול. בין קרקע מומלחת לקרקע לא-מומלחת לא היה הבדל ניכר ברכיב יבול זה. מספר הגרגרים לשיבולת פחת אף הוא ככל שהשורה היתה מרוחקת יותר משלוחות הטפטוף, והפחיתה הגיעה עד 20% במרחק המרבי של 1 מ' מהשלוחה.

בניסוי זה לא תוכננה השקיה בכמה מנות מים. אבל, בחלקות השוליים ובחלקות הבעל הצמודות לשטח הניסוי התקבלו הבדלים במנות אלה בין חלקות הניסוי. אפשר לתאר תלות (פונקציה) בין תגובת החיטה ובין כמות המים. באיור 6 מוצגת התלות בין תגובת החיטה ובין כמות המים בתנאי מליחות משתיירת נמוכה (פחות מ-4 דציסימנס/מ') בקרקע. היחס בין כמות המים, הכוללת השקיה ומישיקעים (x), לבין יבול הגרגרים (y) מתואר בעזרת המשוואה: $y = -421.63 + 3.36x$, בהשוואה לעקום תגובת החיטה שנתקבל מנתונים שבספרות (4) המתואר בעזרת המשוואה: $y = -201.4 + 1.45x$; בשני המקרים התקבל מקדם מיתאם גבוה. מעקומי התגובה עולה שבמנות מים פחותה מ-125 מ"מ לא מתקבל יבול גרגרים, וכמות המים מנוצלת

איור 4: השפעת המרחק משלוחת הטפטוף על גובה הצמחים (ס"מ), משקל הגרגרים (גר')/50-ס"מ שורה, ומספר השיבולים (50 ס"מ שורה), בקרקע מומלחת ובקרקע לא-מומלחת, במרחקים של 2 מ' בין שלוחות הטפטוף

Fig. 4: Effect of distance from drip lateral on wheat plant height, kernel weight/50-cm row, and number of ears/50-c. row, in saline and non-saline soil

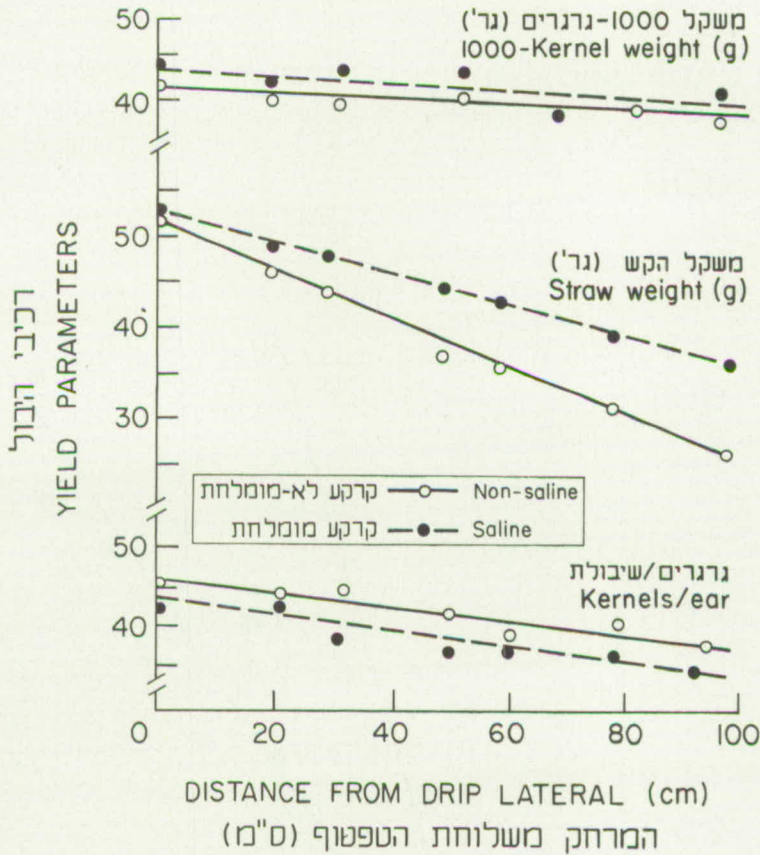


הרגרסיה בין רכיבי היבול (Y) והמרחק משלוחת הטפטוף (X)
Regression between yield parameters (Y) and distance from the drip lateral (X)

קרקע לא מומלחת Non-Saline soil	קרקע מומלחת Saline soil	רכיבי היבול
$Y = -0.095X + 92.0; R = 0.927$	$Y = -0.113X + 91.3; R = 0.965$	גובה הצמחים Plant Height
$Y = -0.263X + 62.9; R = 0.960$	$Y = -0.152X + 53.7; R = 0.916$	משקל גרגרים ל-50 ס"מ שורה Kernel weight/50-cm row
$Y = -0.094X + 32.1; R = 0.919$	$Y = -0.079X + 34.7; R = 0.867$	מספר שיבולים ל-50 ס"מ שורה Ears/50-cm row

איור 5: השפעת המרחק משלוחת הטפטוף על משקל 1000-גרנים (גר'), משקל הקש (גר'/50 ס"מ שורה), ומספר הגרנים לשיבולת, בקרקע מומלחת ובקרקע לא-מומלחת, במרחקים של 2 מ' בין שלוחות הטפטוף

Fig. 5: Effect of distance from drip lateral on wheat straw weight/50-cm row, 1000-kernel weight, and number of kernels per ear, in saline and non-saline soil

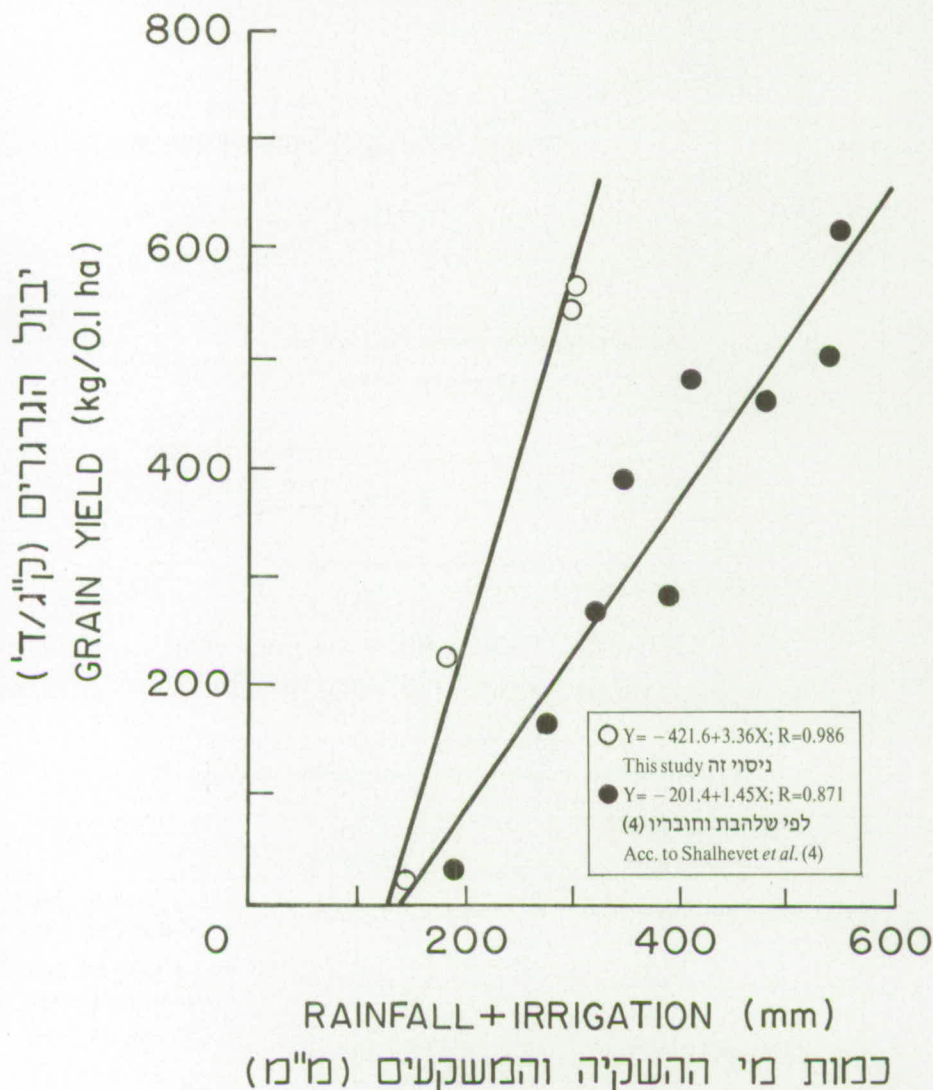


הרגרסיה בין ריכבי היבול (Y) והמרחק משלוחת הטפטוף (X)
Regression between yield parameters (Y) and distance from the drip lateral (X)

קרקע לא מומלחת Non-Saline soil	קרקע מומלחת Saline soil	רכיבי היבול
$Y = -0.023X + 44.6; R = 0.911$	$Y = -0.040X + 46.3; R = 0.632$	משקל 1000-גרנים 1000-kernel weight
$Y = -0.263X + 52.0; R = 0.930$	$Y = -0.240X + 56.3; R = 0.917$	משקל קש ל-50 ס"מ שורה Straw weight/50-cm row
$Y = -0.079X + 44.7; R = 0.867$	$Y = -0.094X + 42.1; R = 0.919$	גרנים לשיבולת Kernels/ear

במקרה זה לצמיחה וגטאטיבית בלבד. תחום זה דומה בשני המקרים המובאים לעיל. תוספת מים מעל לסף זה גורמת עלייה קווית ביבול הגרגרים. בין שני הקווים יש הבדלים ניכרים: בניסוי שתואר במאמר זה נרשמה תוספת של כ-3.4 ק"ג גרגרים לכל מ"מ מים, לעומת תוספת של 1.45 ק"ג לכל מ"מ בניסויים של חוקרים אחרים (4, 11).

איור 6: הקשר בין יבול הגרגרים לבין כמות המים הכוללת
Fig. 6: Relationship between wheat grain yield and total water

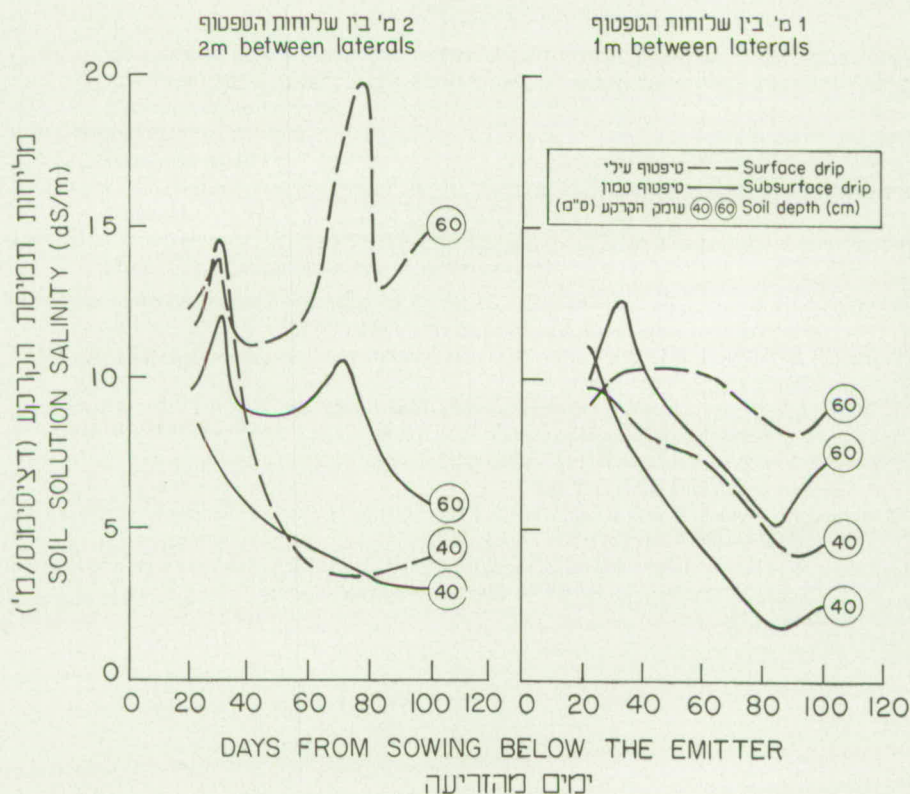


ההשפעה הגבוהה של מי ההשקיה בניסוי זה, לעומת ניסויים אחרים, נובעת כנראה משלוש סיבות: 1. חלוקת מנת המים היתה טובה יותר במשך תקופת הגידול; 2. ההשקיה הראשונה תרמה באופן מכריע להתפתחות הצמחים בתקופה של איחור בגשמי החורף המוקדמים, עובדה שנתמכת על-ידי נתונים מהספרות (4); 3. בשיטת הטפטוף עלתה יעילות ניצול המים על זו שבהמטרה, בעיקר בשל הפחתת הנגר העילי. בספרות נמסר (7) שסך הנגר העילי בקרקע לס עשוי להגיע לכדי 50% מסך כמות הגשם. לוי (1) לא מצא נגר עילי בהשקיה בטפטוף שבה אנרגיית הטיפות נמוכה מאוד.

להשקיית-עזר של חיטה יש חשיבות מבחינת הדחת המלחים שהצטברו במשך השקיית הכותנה, בקיץ. רמת המליחות של תמיסת הקרקע, שנמדדה כאמור על-ידי חיישני המליחות בשני עומקי מדידה, בטפטוף עילי וטמון ובשני מרחקי ההצבה של שלוחות הטפטוף, מוצגת באיור 7.

איור 7: השינויים במליחות הקרקע מתחת לטפטפות במשך עונת גידול החיטה, בחלקות שהושקו בעונת הכותנה במים מליחים, בטפטוף עילי ובטפטוף טמון

Fig. 7: Changes in soil salinity below the emitter during the wheat growing season as a result of surface and subsurface irrigation at two distances between laterals, in plots irrigated during the cotton season with saline water



השינוי בריכוז המלחים בקרקע התבטא בירידת רמת המליחות של תמיסת הקרקע בעומקים 40 ו-60 ס"מ, במהלך עונת גידול החיטה. לא נמצא הבדל ניכר ביעילות שטיפת הקרקע בין שיטת הטפטוף העילי ובין שיטת הטפטוף הטמון. יעילות השטיפה מתייחסת למליחות תמיסת הקרקע בתלות במרחק ממקור המים (הטפטפת); כלומר, בטפטוף טמון, עומקים של 40 ו-60 ס"מ מייצגים מרחק אמיתי של כ-15 ו-35 ס"מ, בהתאמה, ממקור המים. כמו כן לא היה הבדל בין שתי שיטות הטפטוף מבחינת התלות של ערכי מליחות תמיסת הקרקע במרחק ממקור המים. לעומת זאת, בשיטת הטפטוף הטמון היה עומק שטיפת המלחים גדול מאשר בטפטוף העילי, ולכן יהיו תנאי המליחות בקרקע נוחים יותר לגידול הבא בחלקות המושקות בטפטפות טמונות.

הבעת תודה

המחברים מודים: לישראל יששכר ולפאול בן-יעקב – על עזרתם הרבה בכל שלבי הניסוי; ללאה לייב, ליאת שמש ומרגוט שועלי – על ביצוע האנאליזות במעבדה; ולאנשי צוות השלחן בקיבוץ נירים – על שיתוף הפעולה המלא והעזרה הטכנית בשדה. יבואו על הברכה גם ענף הכותנה במשרד החקלאות, ועדת הנגב והקרן לנושאים מועדפים, על השתתפותם במימון המחקר.

רשימת הספרות

1. לוי, ג' (1984) השפעת אנרגיית הגשם בסופות גשם עוקבות ותקופת הייבוש על חדירות קרומי קרקע. עבודת-גמר לקבלת התואר "מוסמך למדעי החקלאות", הוגשה לאוניברסיטה העברית בירושלים, הפקולטה לחקלאות רחובות.
2. סדן, ד' (1983) השקייה בטפטוף בנגב המערבי. בתוך: "כותנה בנגב – 1982". הוצאת שה"מ, משרד החקלאות, לשכת הנגב: 22-24.
3. פינטהוס, מ' (1982) גודל הגרגר בחיטה: מהותו, חשיבותו והגורמים המשפיעים עליו "השדה", ס"ג: 2451-2538.
4. שלהבת, י', מנטל, א', בילורי, ח', שמש, ד' (1976) צריכת המים של גידולי שדה ומטע בישראל. מינהל המחקר החקלאי, המחלקה לפרסומים מדעיים, בולטין מס' 156.
5. Ayers, A.D., Brown, J.W. and Wadleigh, C.H. (1952) Salt tolerance of barley and wheat in soil plots receiving several salinization regimes. *Agron. J.* **44**: 307-310.
6. Bresler, E., McNeal, B.L. and Carter, D.L. (1982) Saline and Sodic Soils: Principles - Dynamics - Modeling. Springer, Berlin.
7. Hillel, D. (1967) Runoff inducement in arid lands. Final Tech. Rep., USDA Project A10-SWC-36.
8. Large, E.C. (1954) Growth stages in cereals: Illustrations of the Feeks Scale. *Pl. Path.* **3**: 128-129.
9. Maas, E.V. and Hoffman, G.J. (1977) Crop salt tolerance - current assessment. *J. Irrig. Drainage Div., ASCE* **103** (IR2): 115-134.
10. Mantell, A., Frenkel, H. and Meiri, A. (1985) Drip irrigation of cotton with saline-sodic water. *Irrig. Sci.* **6**: 95-106.
11. Zaban, H. (1981) A study to determine the optimal rainfed land-use systems in a semi-arid region of Israel. Ph.D. thesis, University of Reading, England.