

מים והשקיה

השפעת מליחות הקרקע בשתי שיטות השקיה בטפטוף, על-קרקעי וטמון, על יבולי חיטה

מאת ת. פרנקל, א. מנטל, ע. זיו, א. מאירי, מינהל
המחקר החקלאי*

מבוא

כשל מחסור הולך וגובר במי השקיה מאיכות טובה — מתרחב השימוש במים שוליים (מים מליחים וקולחים מטהרים) להשקיה. שימוש נרחב במים מליחים להשקיית גידולים חקלאיים עלול לגרום המלחה של קרקעות חקלאיות. מסיבה זו יש צורך דחוף ללמוד את דרכי השימוש המיטביות במים מליחים להשקיה, ולהתאים להן גידולי, שיטות השקיה ומחזורי גידולים.

הגידול העיקרי בארץ המושקה במים מליחים — הוא הכותנה, מכיון שהיא מצטיינת בעמידות רבה 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 בהמטרה מ-520 עד 440 ק"ג כותן (כותנה גלמית) לדונם. עקב ממצא זה נערך, בשנים 1979—1983 (2), סקר על השקיית כותנה במים מליחים, וממצאיו הצביעו על יתרון להשקיה בטפטוף על פני השקיה בהמטרה. יתרון הטפטוף נבע בעיקר מפזיור אחיד יותר של המים בחתך הקרקע מחד גיסא, ומנפח בית-השרשים שטוף יותר מאידך גיסא. לאופן הצבת שלוחות הטפטוף, למנות המים ולתכונות ההידרוליות של הקרקע היתה השפעה רבה על אחידות הרטבתה ועל התפלגות המלחים בה.

בניסוי שנערך בנירים בשנת 1981 (10) הוצבו שלוחות הטפטוף במרכז הרווח שבין שורות הכותנה וברוח של 2 מטרים משלוחה לשלוחה, כמקובל בגידול הכותנה. נמצא שריכוז המלחים מתחת

בקיבוץ נירים נבחנה, בשנת 1984/5, תגובת חיטה מהזן שפיר למליחות משתיירת בקרקע בשתי שיטות טפטוף (על-קרקעי וטמון), ובשני רוחים (1 ו-2 מ') בין שלוחות הטפטוף. נמצא כי יכול הגרגרים פחת החל מרמת מליחות של 6 דציסימנס/מ' במיצוי עיסה רוויה, וכי קצב הפחיתה ביכול היחסי היה 7.1% מיכול הגרגרים לכל יחידת מליחות גבוהה מערך הסף (הערך שמעליו מתחיל היכול לפחת). כאשר הרווח בין השלוחות היה 2 מ' — היו היכול המרבי וערך הסף קטנים מאשר ברווח הצבה של מטר אחד. במליחות קרקע שווה לא נמצא הבדל בהתפתחות הצמחים בין שתי שיטות הטפטוף. להצבת השלוחות ברווחים שונים היתה השפעה רבה על התפתחות הצמחים, כאשר ברווח של 1 מ' בין השלוחות היתה הרטבת השטח אחידה יותר והיכול היה רב יותר מאשר ברווח של 2 מ' בין השלוחות. ברווח של 2 מ' בין השלוחות נמצאה תלות בין הפחיתה ביכול לבין מרחק שורת הצמחים משלוחות הטפטוף.

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

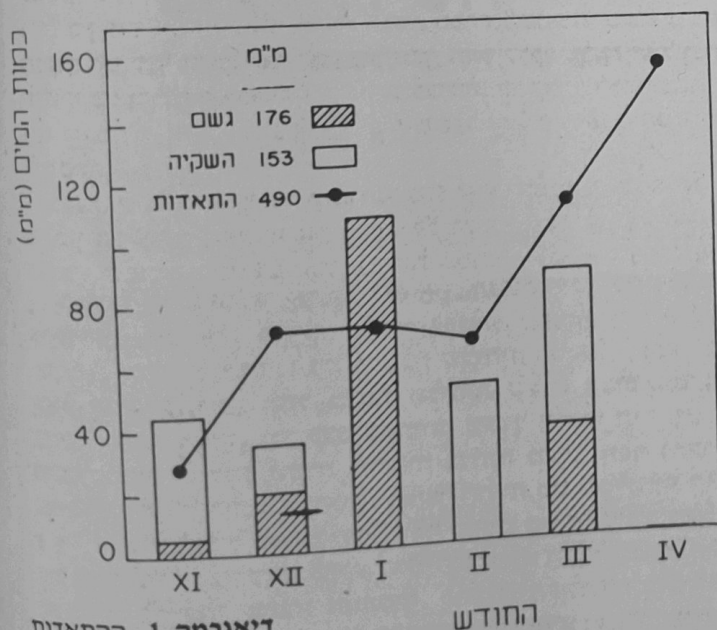
* נוסח מקוצר של מאמר שנדפס ב"מחקר חקלאי בישראל" א' (2), 1987: 23—38. הקיצורים — בהסכמת המחברים.

השפעת מליחות הקרקע בשתי שיטות השקיה בטפטוף, על-קרקעי וטמון, על יבולי חיטה

(המשך מעמוד קודם)

שפיר, בשיעור של 14 ק"ג/ד'; הזריעה נעשתה במזרעה משקית והרווח בין קנקני הזריעה היה 15 ס"מ. לאחר הזריעה ניתנה השקיה הנבטה בהמטרה במי-המוביל (מוליכות חשמלית של 1 דציסי-מנס/מ'). בכמות של 40 מ"מ. הצצה מלאה נרשמה ב-5 בדצמבר לאחר תארידי זה הוכנסה לשדה מערכת הטפטוף העל-קרקעי. הטיפול שניתנו לחלקות החיטה (שהיו באותם מקומות של חלקות הכותנה) היו כלהלן:

- 1) טפטוף על-קרקעי וטפטוף טמון, כמו בכותנה;
 - 2) רווח בין השלוחות 1 ו-2 מ', כמו בכותנה;
 - 3) מליחות משתיירת בקרקע לאחר השקית הכותנה.
- במשך עונת הגידול ירדו 176 מ"מ גשם. מלבד השקית 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 טרפל דרך מערכת ההשקיה, בכמות של 0.1 מ"ל לכל טפטפת, כדי למנוע סתימות בטפטפות הטמונות בגלל חדירת שרשים לתוכן. התפלגות המשקעים, ההשקיות וההתאדות מהגיית, במשך עונת הגידול, מוצגת בדיאגרמה 1.



דיאגרמה 1. ההתאדות מגיית סוג א' וחלוקת המשקעים ומי ההשקיה במשך גידול החיטה.

לטפטפות, בשכבת הקרקע העליונה (0-15 ס"מ), היה שווה לריכוזם במי ההשקיה. לעומת זאת, במרחק של כ-50 ס"מ משלוחת הטפטוף היה ריכוז המלחים בשכבת הקרקע העליונה, לאורך שורת הצמחים, פי 8-9 מריכוזם במי ההשקיה. עוד נמצא, שמתחת לשלוחת 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 משקעים, שטיפת הקרקע ממלחים קטנה בחורף, וחלה הצטברות רב-שנתית מרובה של מלחים בשכבת הקרקע העליונה. דוגמה: בניסוי שנערך בקיבוץ נירים, במשך שתיים, בשטח שכמות המשקעים בו היתה קטנה מ-200 מ"מ, הוכפל ריכוז המלחים בשכבת הקרקע העליונה מ-65 מ"מ ל-130 מ"מ לליטר בתחילת הניסוי עד 130 מ"מ לליטר בתום הניסוי (10).

בעבודה המתוארת להלן נלמדו הקשרים בין כמה גורמים: רמת המליחות המשתירת בקרקע, שיטות הטפטוף (טמון לעומת על-קרקעי), התפתחות צמחי החיטה ויכול הגרמים. למחקר היו שתי מטרות: א) לבחון אם אפשר להרחיב את מזרע החיטה לקרקעות שהומלחו בעת השקית הגידול הקיצי (כותנה), בעזרת מערכת הטפטוף (טמון); ב) לבחון אם אפשר לשטוף את הקרקע ממלחים 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 1984/5 בקיבוץ נירים שבצפון-מערב הנגב, בחלקת שדה שגדלה כ-6 דונמים. השטח חולק לארבעה גושים, וכל גוש חולק ל-12 חלקות בגודל של 13x8 מטרים כל אחת. באפריל 1984 נזרעה הכותנה בשטח הניסוי, כדי לבדוק את ההשפעה המשולבת של שלושה גורמים:

1. שיטת הטפטוף: על-קרקעי לעומת טמון בעומק של 25 ס"מ;
2. סוג המים: מי באר מקומיים לעומת מי-באר שהומלחו;
3. מיקום שלוחות הטפטוף: בכל שורה; לעומת בכל שורה שנייה. ההשקיה נעשתה במערכת טפטוף מתוצרת "נטפים", בעלת טפטפות שספיקתן 4 ל"ש בשלוחות העל-קרקעיות ו-2 ל"ש בשלוחות הטמונות. הרווח בין כל שתי טפטפות לאורך השלוחה היה מטר אחד. הרכב מי ההשקיה מפורט בטבלה 1.

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

מקור המים	המוליכות החשמלית, דציסימנס/מ'	ריכוז היונים המסיסים, מא"ק/ליטר				יחס ספיחת הנתרן (SAR)
		K	Ca+Mg	Na	Cl	
מי-באר רגילים	3.5	0.14	6.3	22.0	19.0	12.4
מי-באר מומלחים	10.0	0.14	19.5	72.0	95.0	23.0

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' סופרפוספט. השטח דוסק והוכן מצע זרעים. ב-21 בנובמבר נזרעה חיטה מהזן



מנס/מ'). לצורך השוואת הטיפולים השונים חושב יכול החיטה המרבי — שנתקבל מחלקות שהושקו, בקיץ, במי-באר מקומית ובהצבה של 1 מ' בין השלוחות — כמאה אחוזי יכול. השוואת יכולי החלקות שהושקו באותה כמות מים ושלוחות הטפטוף הוצבו בהן באותו רווח הצבה, אך נמצאה בהן רמת מליחות שונה בקרקע — מאפשרת לבודד את השפעת מליחות הקרקע על יכולי הגרגרים. ואמנם, ניתוח ממצאי טבלה 2 מראה, שרמת המליחות הגבוהה גרמה פחיתה של כ-20% ביכול הגרגרים.

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

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

כאשר: Y = היכול הממשי;
 Y_m = היכול המרבי המתקבל בתחום שבו אין למליחות השפעה על היכול;
 Y/Y_m = היכול היחסי, אחוזים;
 A = ערך הסף שבו היכול היחסי מתחיל לפחות;
 B = אחוז פחיתה היכול במקביל לעליית המליחות מעל ערך הסף הנ"ל;
 CE = מליחות מיצוי עיסת קרקע רוויה, ביחידות של dS/m .

כאשר הוצג היכול היחסי (Y/Y_m) כתלות במליחות, בכל אחד מהרווחים בין השלוחות — נתקבל עקום שווה לזה שמצאו מס והופמן (9). יש לזכור, שהמשוואה הנ"ל מתייחסת למקרה, שבו כמות מי ההשקיה היתה גדולה ($I > 1.5ET$) (6). ואולם, כאשר כמות מי ההשקיה קטנה מערך זה — Y_m קטן, ותחום המליחות שבו Y/Y_m קבוע ואינו משתנה, הוא ברור וחד פחות. מתקבלים למעשה שני עקומים, התלויים ברווח שבין שלוחות הטפטוף. ברווח של מטר אחד נתקבלו ערכי יכול שווים לאלו של מס והופמן (9), ואילו ברווח של 2 מטרים בין השלוחות התקבל עקום שונה: היכול המרבי היה קטן יותר, וערך הסף לא היה ברור. תוצאה זו מאשרת את המסקנה, שכאשר הרווח בין השלוחות הוא 2 מ' — מנת המים הנצרכת לגידול

במהלך העונה נערך מעקב אחר רמות הרטיבות והמליחות בקרקע. רמות הרטיבות נבדקו במדגמי קרקע שהועברו למעבדה, ורמות המליחות נבדקו בשדה בעזרת חיישני-מליחות שנקבעו בכל חלקות הטיפו-לים, 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 מדגמי צמחים מ-0.5 מטר שורה, מכל השורות, לצורך-קביעת רמת החומר היבש ורכיבי היכול (משקל השיבילים, מספר הגרגרים לשיבולת ומשקל הגרגר). כ-8 במאי 1985 נקצרו החלקות בקומביין ונמדד יכול הגרגרים לדונם.

תוצאות ודיון

נתונים על ההשפעות של שיטת ההשקיה (טפטוף טמון וטפטוף על-קרקעי), של הרווח בין שלוחות הטפטוף (1 ו-2 מ') ושל רמת המליחות המשתתית בקרקע על יכולי החיטה — מוצגים בטבלה 2. בחלקות שבהן הושקתה הכותנה, בקיץ 1984, במים ברמת מליחות של 10 דציסימנס/מ', היתה המליחות המשתתית בקרקע 9.2 דציסי-מנס/מ', בממוצע לשכבת הקרקע 0-75 ס"מ. בחלקות שבהן הושקתה הכותנה במים ברמת מליחות של 3.5 דציסימנס/מ' היתה המליחות המשתתית בקרקע 3.5 דציסימנס/מ'. מהיבולים המוצגים בטבלה 2 אפשר לראות, שכרמת מליחות משתתית שווה, ובאותו רווח בין שלוחות הטפטוף — לא נמצא הפרש משמעותי ביבולים בין חלקות הטפטוף הטמון לחלקות הטפטוף העל-קרקעי. רמת המליחות והרווח בין שלוחות הטפטוף השפיעו במידה מובהקת על יכול הגרגרים, ובמידה יתור מתונה — על משקל הקש ומספר הגרגרים לשיבולת.

נמצא, שמליחות משתתית מרובה מ-4.5 דציסימנס/מ' ורווח של 2 מ' בין השלוחות הפחיתו את היכול על רכיביו השונים, חרץ מגודל הגרגר. מנתונים שפורסמו על עמידות צמחי החיטה למליחות (9) מתברר, שרמת מליחות של כ-4 דציסימנס/מ' אינה גורמת פחיתה ביכולי החיטה, מכיון שרמה זו נמוכה מערך סף-ההשפעה (6 דציסי-

טבלה 2. השפעה משולבת של שיטת הטפטוף, המליחות המשתתית בקרקע והרווח בין השלוחות על יכול החיטה.

מליחות מי ההשקיה בכותנה, דציסימנס/מ'	הרווח בין שלוחות הטפטוף, מ'	מליחות משתתית בממוצע לשכבת 0-75 ס"מ, דציסימנס/מ' ¹	יכול הגרגרים, ק"ג/ד'
טפטוף על קרקעי			
3.5	1	4.0	א560
	2	4.5	ב492
10.0	1	11.3	א423
	2	9.1	ב386
טפטוף טמון			
3.5	1	3.1	א553
	2	3.8	ב498
10.0	1	8.9	א410
	2	7.6	ב418

¹ מליחות מיצוי עיסת קרקע רוויה.

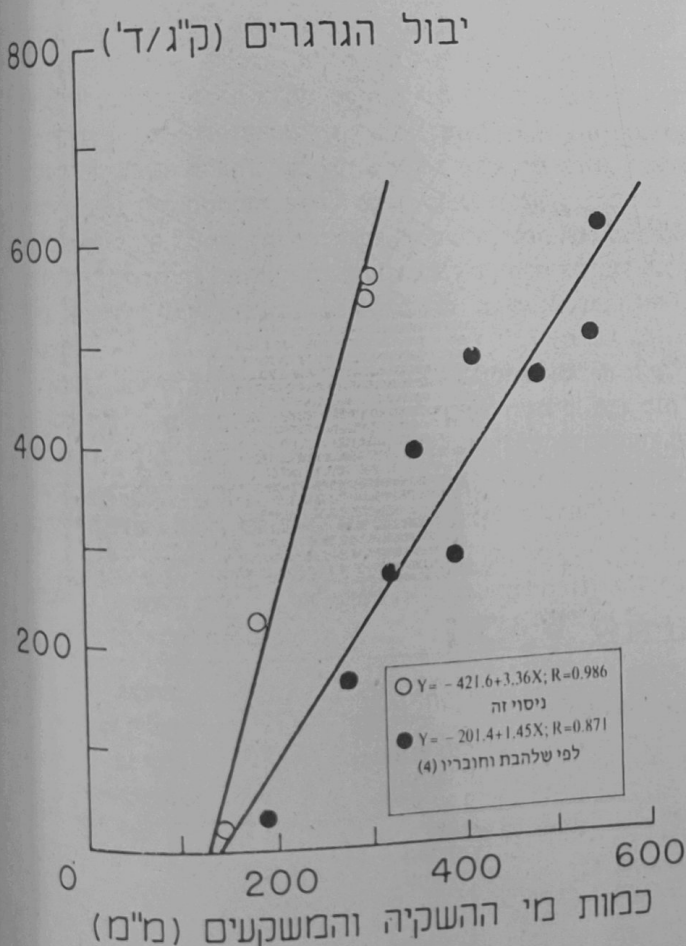
הערכים בכל טור המסומנים באותיות זהות אינם שונים מבחינה סטטיסטית, ברמת מובהקות של 5%.

השפעת מליחות הקרקע בשתי שיטות השקיה בטפטוף, על-קרקעי וטמון, על יבולי חיטה

(המשך מעמוד קודם)

מובהקת, מבחינה סטטיסטית, הן מהמרחק מהשלוחה והן ממליחות הקרקע. לפי פינטהוס (3), משקל הגרגר אמנם פוחת כאשר פוחת יבול כלל הגרגרים, אך הפחיתה מתונה מאוד. במשקל הקש חלה פחיתה רבה במקביל להגדלת המרחק מהשלוחה ולירידה ברמת הריכוז. משקל הקש מבטא את סך ההתפתחות הווגטיבית של הצמחים במשך הגידול. בין קרקע מומלחת לקרקע לא-מומלחת לא היה הפרש ניכר ברכיב יבול זה. מספר הגרגרים לשיבולת פחת אף הוא ככל שהשורה היתה מרוחקת יותר משלוחת הטפטוף, והפחיתה הגיעה עד 20% במרחק המרבי של מטר אחד מהשלוחה.

בניסוי זה לא תוכננה השקיה בכמה מנות מים. אבל בחלקת השוליים ובחלקות הבעל הצמודות לשטח הניסוי התקבלו הפרשים במנות אלה בין חלקות הניסוי. אפשר לתאר תלות (פונקציה) בין תגובת החיטה לבין כמות המים. בדיאגרמה 2 מוצגת התלות בין



דיאגרמה 2. הקשר בין יבול הגרגרים לבין כמות המים הכוללת.

תגובת החיטה לבין כמות המים בתנאי מליחות משתיירת מועטה (פחות מ-4 דציסימנס/מ') בקרקע. היחס בין כמות המים, הכוללת השקיה ומשקעים (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 שבמנת מים פחותה מ-125 מ"מ לא מתקבל יבול גרגרים, וכמות המים מנוצלת במקרה זה בצמיחה וגטטיבית (המשך בעמוד 766)

החיטה פחותה מאשר ברווח של 1 מ'. תוצאה דומה דווחה גם בספרות (5).

התברר כי להצבת שלוחות הטפטוף ברווח של מטר אחד היה יתרון על רווח הצבה של 2 מ', ויתרון זה התבטא בתוספת יבול של כ-10% הן בטפטוף העל-קרקעי והן בטפטוף הטמון, ובכל רמות המליחות בקרקע. מכאן, שלפזור המים בחתך הקרקע שנגרם בשל מיקום שלוחות הטפטוף יש השפעה ניכרת על היבול, גם בחלקות שנמדדה בהן רמה נמוכה של מליחות משתיירת. דוגמה: ברמת מליחות משת-יית של כ-4 דציסימנס/מ' נתקבל בחלקה שבה הוצבו השלוחות ברווח של 2 מ' זו מזו — יבול גרגרים פחות בכ-12% מאשר בחלקות שבהן היה רווח של 1 מ' בין השלוחות. הפחיתה ביכול נבעה, במקרה זה, מפזור המים בחתך הקרקע.

ביחס להתפלגות רמת הריכוז לפי משקל בהשפעת מרחקים שונים מקווי שלוחות הטפטוף ושני עומקי מדידה (30 ו-45 ס"מ), כפי שנמדדו באמצע עונת הגידול (ינואר 1985), נתקבלו תוצאות אלו: כאשר הרווח בין השלוחות היה מטר אחד — היתה ריכוז אחידה בחתך שבין שלוחות הטפטוף, בשני עומקי המדידה. לעומת זאת, כאשר הרווח בין שלוחות הטפטוף היה 2 מ' — חלה ירידה ברמת הריכוז בקרקע, בשני עומקי המדידה, ככל שגדל המרחק מהטפטפת. תופעה זו נובעת מכך, שרדיוס ההרטבה בקרקע הלס (רדיוס ההרטבה מושפע מהמוליכות ההידרולית בקרקע ומספיקת הטפטפת) הוא כ-50 ס"מ. נמצאה חפיפה מלאה בין חזיתות ההרטבה של שתי שלוחות הטפטוף הממוקמות ברווחים של מטר אחד, וחפיפה זו גרמה שברוחים של 25–75 ס"מ בין השלוחות אף עלתה מעט רמת הריכוז על זו שלדי הטפטפת. לעומת זאת, כאשר הרווח 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 יבשה יותר. הבדל זה גרם מפל-ריכוז (הריכוז פוחתת ככל שהמרחק מהטפטפת גדול), וזה השפיע על יבול הגרגרים.

תופעה זו בלטה כאשר נמדדו רכיבי היבול בצמחים שנדגמו ממרחקים שונים משלוחת הטפטוף. בחלקות שהרווח בין השלוחות שבהן היה מטר אחד — לא נמצאו הפרשים ניכרים בין השורות שנדגמו, בכל רכיבי היבול שנמדדו. לעומת זאת, כשהרווח בין השלוחות היה 2 מ' — חלה פחיתה ברכיבי היבול השונים ככל שגדל המרחק מציר השלוחה.

נבדק הקשר בין גובה הצמחים, יבול הגרגרים ומספר השיבולים — לבין המרחק משלוחת הטפטוף, בחלקות שבהן הוצבו השלוחות ברווחים של 2 מ', בקרקע מומלחת ולא-מומלחת. נמצא שחלה פחיתה מתונה בגובה הצמחים ככל שגדל המרחק מהשלוחה ועמו קטנה הריכוז בקרקע. הפחיתה ביבול הגרגרים בקרקע לא-מומלחת היתה מרובה בכ-20% מזו 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 מהריכוז.

נבדק גם הקשר בין משקל הקש של מדגמים של 50 ס"מ-שורה, מספר הגרגרים לשיבולת, משקל הגרגרים לשיבולת ומשקל הגרגר — לבין המרחק משלוחת הטפטוף בקרקע מומלחת ובקרקע לא-מומלחת. משקל הגרגר (משקל אלף גרגרים) לא הושפע במידה

השפעת מליחות הקרקע בשתי שיטות השקיה בטפטוף, על-קרקעי וטמון, על יבולי חיטה

(המשך מעמוד 764)

נמצא הבדל ניכר ביעילות שטיפת הקרקע בין שיטת הטפטוף העל-קרקעי לשיטת הטפטוף הטמון. יעילות השטיפה מתייחסת למליחות תמיסת הקרקע בתלות במרחק ממקור המים (הטפטפת): כלומר, בטפ-טוף טמון, עומקים של 40 ו-60 ס"מ מייצגים מרחק אמיתי של כ-15 ו-35 ס"מ, לפי אותו סדר, ממקור המים. אף 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 העל-קרקעי, ולכן יהיו תנאי המליחות בקרקע נוחים יותר לגידול העוקב בחלקות המושקות בטפט-פות טמונות.

הבעת תורה

המחברים מודים לישראל יששכר ולפאול בן-יעקב – על עזרתם הרבה בכל שלבי הניסוי; ללאה לייב, לליאת שמש ולמרגוט שועלי – על ביצוע האנאליזות במעבדה; ולאנשי צוות השלחין 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.

ספרות

1. לוי ג. (1984): השפעת אנרגיית הגשם בסופות גשם עוקבות ותקופת הייבוש על חדירות קרומי קרקע. עבודת-גמר לקבלת התואר "מוסמן למדעי החקלאות", הוגשה לאוניברסיטת העברית בירושלים, הפקולטה לחקלאות רחובות.
2. סדן ד. (1983): השקיה בטפטוף כנגב המערבי. בתוך: "כותנה כנגב – 1982" הוצאת ש"ה, משרד החקלאות, לשכת הנגב: 22–24.
3. פינטהוס מ. (1982): גודל הגרגר בחיטה: מהותו, חשיבותו והגורמים המשפיעים עליו. "השדה" ס"ג: 2538–2451.
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). *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). *Pl Path.* 3: 128–129.
9. Maas, E.V. and Hoffman, G.J. (1977) *J. Irrig. Drainage Div., ASCE* 103 (IR2): 115–134.
10. Mantell, A., Frenkel, H. and Meiri, A. (1985). *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.

בלבד. תחום זה דומה בשני המקרים המובאים לעיל. תוספת מים מעל סף 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).

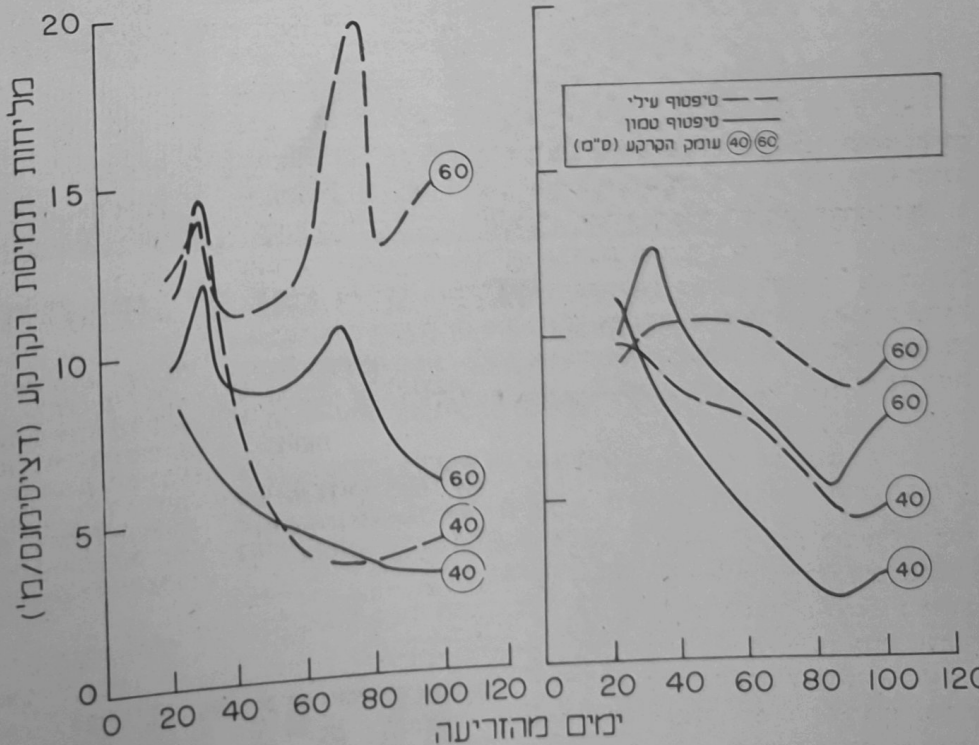
ההשפעה המרובה של מי ההשקיה בניסוי זה, לעומת ניסויים אחרים, נובעת כנראה משלוש סיבות: (1) חלוקת מנת המים במשך הגידול היתה טובה יותר; (2) ההשקיה הראשונה תרמה באופן מכריע להתפתחות הצמחים בעת האיחור בגשמי החורף המוקדמים, עובדה שיש לה תימוכין בנתונים מהספרות (4); (3) בשיטת הטפטוף היתה נצילות המים טובה מאשר בהמטרה, בעיקר בשל הפחתת הנגר העל-קרקעי. בספרות נמסר (7), שסך הנגר העל-קרקעי בקרקע לס עשוי להגיע לכדי 50% מסך כמות הגשם. לוי (1) לא מצא נגר על-קרקעי בהשקיה בטפטוף, שבה אנרגיית הטיפות מועטה מאוד.

להשקית-עזר בחיטה יש חשיבות מבחינת השטיפה ממלחים שהצטברו במשך השקית הכותנה, בקץ. רמת המליחות של תמיסת הקרקע, שנמדדה כאמור בחיישני המליחות בשני עומקי מדידה, בטפ-טוף על-קרקעי ובטפטוף טמון ובשני רווחי ההצבה של שלוחות הטפטוף, מוצגת בדאגרמה 3.

השינוי בריכוז המלחים בקרקע התבטא בירידת רמת המליחות של תמיסת הקרקע בעומקים 40 ו-60 ס"מ, במהלך גידול החיטה. לא

2 מ' בין שלוחות הטפטוף

1 מ' בין שלוחות הטפטוף



דאגרמה 3. השינויים במליחות הקרקע מתחת לטפטפות במשך גידול החיטה, בחלקות שהושקו בעת גידול הכותנה במים מליחים, בטפטוף על-קרקעי ובטפטוף טמון.