

דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 302-0298-02

טיוב קרקעות נתרניות מושקות במים שוליים באמצעות גיר הקרקע

**Reclamation of sodic soil irrigated with saline water by using soil
calcium carbonate**

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות והנהלת ענף הכותנה

ע"י

ר. קרן. המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן 50250.

א. מאירי. המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן 50250.

ב. נפתלייב. המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן 50250.

Rami Keren. Inst. Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Bet Dagan 50250. E-mail: rkeren@agri.gov.il.

Avraham Meiri. Inst. Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Bet Dagan 50250. E-mail: vwmria@agri.gov.il.

Boris Naftaleyev. Inst. Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Bet Dagan 50250. E-mail: ywboris@agri.gov.il

E_mail Joon_Z@Nir-Oz.org.il

E_mail Iflash@cotton.co.il

E_mail Negev@cotton.co.il

א. זילברמן (ג'ון) שרות השדה, נגב מערבי

י. פלש שה'ם. משרד החקלאות

י. אמיתי. גד'ש שער הנגב.

צוות גד'ש בארי.

תקציר.

הצגת הבעיה: בשטחים המושקים במים מליחים ונתרניים עליהם מפזרים גבס בסתיו גדלות כמויות הנתרן והגבס שמוסיפים ומתחזקים בהם נזקי מליחות. עם העלייה ברמת הנתרן הספוח והגבס בקרקע פועלת "משאבת נתרן" שגורמת להעלאת המליחות בתמיסת הקרקע (נתרן סולפט). הנחת העבודה היא שאת נזקי המליחות ניתן להקטין על ידי ממשק של מחזור שנות השקיה במים שפירים ומליחים לסרוגין ופיזור גבס רק בסתיו של שנות המים המליחים. ממשק כזה יקטין את העומסים המצטברים של הנתרן והגבס, ייעל את השטיפה ע"י הגשם, יקטין את תוספת ההשקיה לשטיפה ויגביר את התמוססות גיר הקרקע. תוספת חומר אורגני שיתפרק בקרקע תגביר את התמוססות הגיר. **מטרות:** לבחון את השפעות מחזורים של מים באיכויות שונות וגבס בנוכחות חומר אורגני על תהליכי המלחה ונתרון לאורך שנים ולהציע ממשקי השקיה וקרקע משופרים. **מהלך הניסוי, תוצאות ודיון:** בשדה, בקיבוץ בארי, נבדקו: ערבוב תירס מקוצץ בשכבת הקרקע העליונה, פיזור גבס על פני הקרקע בסתיו בשנת השקיה במים מליחים ויחס מספרי של שנות מים שפירים ומליחים לסירוגין על השינויים הרב שנתיים בקרקע ועל גידולי שדה. נמצא שמתקיים טיוב קרקע בנוכחות תירס קצוץ בשכבת החריש החל בחורף הראשון שנמשך גם בחורף השני. הטיוב הוריד את רמות הנתרן הספוח וה-SAR, הגביר את חידור המים ושטיפת המליחים, העלה את רטיבות הקרקע באביב, וזרז התארכות הצמחים והעלה את יכול הכותנה בשנה הראשונה וחמניות - בעונה השנייה. ההשפעה בגלל פירוק מהיר של תרכובות אורגניות קלות פירוק בתירס בהתחלה ובהמשך כנראה בגלל תוצרי שרשרת של פעילות מיקרוביאלית איטית יותר. טיוב הקרקע בנוכחות תירס היה טוב יותר מגבס. גם שנת השקיה במים שפירים טיבה את הקרקע. **מסקנות והמלצות.** התוצאות מאשרות את ההנחות. כימות ומבחן לאורך זמן דורשים המשך הניסוי לתקופה של 3 שנים נוספות, בהתאם לתוכנית. הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

מרץ 2004.

חתימת החוקר



רקע

ממשק המים המליחים-נתרניים בנגב המערבי כולל פיזור גבס על פני הקרקע לפני החורף כדי למנוע התקרמות הקרקע. קרום הקרקע מקטין את חידור הגשם והרטבת הקרקע ושטיפתה ממלחים, מקטין עומד צמחים, צימוח ויבול. התקרמות זו היא תוצאה של חשיפת קרקע עם אחוז נתרן ספוח גבוה מערך קריטי למי הגשם המזוקקים. כיוון שהגבס מתמוסס לאורך זמן רב במי הגשם נוכחותו על פני השטח היא לכל תקופת הגשמים ולפיכך חוזרת לקרקע תמיסת גבס המונעת התקרמות ברמות נתרן ספוח נתונות ויוני הסידן שבה מחליפים יוני נתרן ספוח בשכבה העליונה ומקטינים את רגישות הקרקע למי הגשם. הנתרן הנדחק מהתצמיד הסופח נע לעומק כתמיסת נתרן סולפט ודוחק סידן חליף בעומק הקרקע ששוקע כגבס. במהלך השנים עולות רמות הנתרן הספוח ומשקעי הגבס בעומק הקרקע. משקעי הגבס האלה וחלקיקי גבס שלא התמוססו ועורבבו בשכבות הקרקע עם העיבודים משמשים מקור מתמיד ליוני סידן וסולפט בפרופיל במהלך החורף ובעונת ההשקיה. עם התחלת השטיפה של הפרופיל נמשכת המסת הגבס שבקרקע, יורד ה SAR של תמיסת הקרקע, הנתרן הספוח מוחלף בסידן ונשאר מסיס יחד עם יוני הסולפט ושומר על מליחות קרקע גבוהה במיוחד בשנים שחונות. התהליכים של המסת הגבס והחלפתו בנתרן "משאבת הנתרן" גורמים לנזקי מליחות כששטיפת סולפט הנתרן לעומק על ידי הגשם לא מספקת גם כשמלחי הכלוריד נשטפו לרמה לא מזיקה. התהליך הזה יכול לתרום גם לעליית מליחות הקרקע בעונת ההשקיה. ניתן לצמצם את מנות הגבס או לוותר על גבס אם גיר הקרקע הפחות מסיס ימלא את מקומו. פירוק חומר אורגני בקרקע וגידול צמחים מעלים את ריכוזו ותחמוצת הפחמן באוויר הקרקע מחמיצים את תמיסת הקרקע ומגבירים את המסת הגיר. גידול צמחים מוסיף גם הפרשות שרש חמוצות עם השפעה דומה. אם חלק ממי ההשקיה יהיו לא מליחים ובעלי יחס ספיחת נתרן (SAR) נמוך, יקטן עומס הנתרן הממוצע לאורך זמן ליחידת שטח ויוסף סידן לקרקע. בתנאים אלה יהיה יותר זמן להמסת הגיר ויהיה אפשר להקטין את מנות הגבס או לוותר על פיזור גבס להרבה שנים בקרקעות המכילות כמויות גדולות של גיר בתנאי של שינויים אגרוטכניים (למשל גימום).

מטרות המחקר.

1. ללמוד השפעות פיזור גבס על פני הקרקע, ערבוב חומר אורגני בשכבת החריש, וגידול צמחים על תרומת גיר הקרקע להורדת רמות הנתרן הספוח בקרקע.
2. לבחון השפעות שילוב מקורות מים, תוספת גבס וחומר אורגני על מהלכים רב שנתיים של נתרן הקרקע ועל התנודות העונתיות במליחות הקרקע.
3. להתאים ממשקי מים וטיפולים לקרקע בהתאם למחזורי הגידולים, תכונות הקרקע ואיכויות מקורות המים.

חומרים ושיטות.

המחקר בוצע בשדה בקבוץ בארי וניסויי אינקובציה במעבדה בבית דגן.

בקיבוץ בארי בשדה עם רמת מליחות בינונית וכמות קטנה של גבס שאריתי (טבלה 5) התחלנו ניסוי רב שנתי שבוחן השפעות לטווח ארוך על הקרקע והגידולים של הצנעת תירס קצוץ בסתיו, שילוב שנות מים שפירים ושנות מים מליחים ופיזור גבס בסתיו בשנת השקיה במים מליחים על פני השטח. בקרקע נבחנו ההשפעות לאורך זמן על נתרון הקרקע, מאזני הגבס והגיר בקרקע, שטיפת המליחים והדחת הנתרון בחורף ובקיץ. בגידולי הקיץ המושקים נלמדת ההשפעה של העברת ההשפעות בין שנים וההשפעה של המליחות המצטברת במהלך השנה על עומד הצמחים, גידולם ויבולם. התכנון הוא חלקות מפוצלות ב- 6 בלוקים כשטיפול ההשקיה הן חלקות ראשיות וטיפול הקרקע הן חלקות משניות (טבלה 1). שטח חלקת משנה הוא כ- 80 מ². סדר הגידולים היה חטה, כותנה וחמניות בשנים 2001, 2002 ו- 2003 בהתאמה. בסתיו 2001 נדגמה הקרקע לעומק 150 ס"מ ב- 6 נקודות בשדה לקביעת המליחות התחילית. בחלקות המתאימות פוזר ידנית תירס קצוץ בכמות של 10 טון לדונם (W 25% חומר יבש) והשדה נחרש לעומק 30 ס"מ. השדה נשאר חרוש עד לתחילת האביב ואז הוכנו ערוגות לזריעת כותנה. בחורף 2001 – 2002 ירדו 440 מ"מ גשם. באביב 2002 נדגמה הקרקע לעומק 120 ס"מ ב- 12 חלקות שהוגרלו בין כל החלקות עם וללא תוספת תירס קצוץ ב- 6 חזרות (טבלה 4). במדגמים אלה נקבעו תכולות הרטיבות ומדדי המליחות. באפריל נזרעה בשדה כותנה שהושקתה בטפטוף כל מרווח שני, דרך ציוד רע"ם (של נטפים) עם טפטפות של 2.3 ל/ש כל 75 ס"מ מונחות במרכזי ערוגות של 2 שורות (כל מרווח שני). 2/3 מהחלקות הושקו במי באר מליחים ו- 1/3 מהחלקות הושקו במי שפד"ן. (הרכב המים נתון בטבלה 2 ומנות ההשקיה הכוללות נתונות בטבלה 3). בספטמבר 2002 נדגמה הקרקע לבדיקות מליחות בכל החלקות לעומק 120 ס"מ במרכז ערוגה במקום של שלוחות הטפטוף (L) ובמקום של אחת השורות (R) באותה ערוגה במרחק של כ- 50 ס"מ משלוחות הטפטוף (סה"כ 108 פרופילים – טבלה 4). בדצמבר 2002 נדגמה הקרקע לעומק 30 ס"מ ב- 5 טיפולים לבדיקת פליטת דו-תחמוצת הפחמן באינקובציה בטמפרטורה של 30°C במכלים סגורים בנוכחות NaOH. השטח הוכן לקראת חמניות באוקטובר על ידי משתת מערג, סימון ערוגות ופיזור גבס בכמות של 500 ק"ג/דונם במחצית מהחלקות שהושקו בשנת 2002 במים מליחים ולא הוצנע בהן תירס בשנת 2001 (טבלה 1). בחורף 2002 – 2003 ירדו 521 מ"מ גשם. באביב 2003 נדגמה הקרקע לעומק 120 ס"מ בכל החלקות בשני המרחקים משלוחות הטפטוף. בשלב זה היו במחקר 8 טיפולים (טבלה 4). במדגמים אלה נקבעו תכולות הרטיבות ומדדי המליחות. ב- 24 למרץ

טבלה 1. היסטורית הטיפול בשדה הניסוי בבארי הבוחן השפעות תירס קצוץ וגבס לקרקע ושילוב שנות בעל או שנות השקיה במים מליחים על ניתרון הקרקע, שטיפת המלחים ויבולי כותנה וחמניות.

| טיפול | שנת 2001 | | | שנת 2002 | | | שנת 2003 | | |
|--------|----------|-----|------------------|----------|-----------|------------------|----------|-----------|------------------|
| | גידול | מים | טיפול קרקע בסחיו | גידול | מים | טיפול קרקע בסחיו | גידול | מים | טיפול קרקע בסחיו |
| tsc*** | חטה | בעל | תירס קצוץ* | כותנה | באר מלוחה | | חמניות | באר מלוחה | |
| ssg | חטה | בעל | | כותנה | באר מלוחה | גבס** | חמניות | באר מלוחה | גבס** |
| ss | חטה | בעל | | כותנה | באר מלוחה | | חמניות | באר מלוחה | |
| sfc | חטה | בעל | תירס קצוץ* | כותנה | באר מלוחה | | חמניות | שפד"ן | |
| sfg | חטה | בעל | | כותנה | באר מלוחה | גבס** | חמניות | שפד"ן | |
| sf | חטה | בעל | | כותנה | באר מלוחה | | חמניות | שפד"ן | |
| fsc | חטה | בעל | תירס קצוץ* | כותנה | שפד"ן | | חמניות | באר מלוחה | גבס** |
| fs | חטה | בעל | | כותנה | שפד"ן | | חמניות | באר מלוחה | גבס** |
| fs | חטה | בעל | | כותנה | שפד"ן | | חמניות | באר מלוחה | |

* 10 טון/דונם, ** 500 ק"ג/דונם – לא ניתן ב-2003 - בגלל הפסקת המחקר. ***משמאל: איכות מי השקיה בשנים 02 - 03 וטיפול נוסף לקרקע (תירס = c, גבס = g).

טבלה 2. הרכב מי ההשקיה בבארי בשנים 2002 ו- 2003.

| מדד | מי באר מליחים | | מי שפד"ן | |
|---------------------------|---------------|-------|----------|-------|
| | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 |
| | ש.ת. | ממוצע | ש.ת. | ממוצע |
| PH | 0.25 | 7.67 | 0.23 | 7.36 |
| EC דצ"ס/מ | 0.16 | 4.39 | 0.24 | 1.62 |
| Cl מא"ק/ל | 4.95 | 26.9 | 0.26 | 7.24 |
| Na מא"ק/ל | 7.00 | 34.9 | 0.15 | 7.01 |
| CaMg מא"ק/ל | 0.38 | 6.98 | 0.20 | 6.94 |
| SAR (מא"ק/ל) ² | 3.81 | 18.7 | 0.07 | 3.77 |
| CO ₃ מא"ק/ל | 0.70 | 7.16 | 0.46 | 5.14 |
| SO ₄ מא"ק/ל | 1.41 | 4.36 | 0.33 | 0.16 |
| B ת.מ. | 0.53 | 2.47 | 0.01 | 0.34 |

טבלה 3. מנות המים הכוללות במ"מ ומליחות המים המשוקללת בהשקיה והמשוקללת הכללית (dS/m) – בהשקיה וגשם בטיפולים השונים לעונות 2002, 2003 בהן ירדו גשמים בשעור 440 – 521 מ"מ, (בהתאמה).

| טיפול | שנת 2002 | | | | שנת 2003 | | | | מסמכר | |
|-------|----------|-------|----------------|----------|----------|-------|----------------|----------|----------------|----------|
| | מליחים | שפד"ן | מליחות משוקללת | כולל גשם | מליחים | שפד"ן | מליחות משוקללת | כולל גשם | מליחות משוקללת | כולל גשם |
| tsc | 467 | | 2.26 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 641 | 55 | 4.11 |
| ssg | 467 | | 2.26 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 641 | 55 | 4.11 |
| ss | 467 | | 2.26 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 641 | 55 | 4.11 |
| sfc | 467 | | 2.26 | | 252 | 1.30 | 0.42 | 467 | 252 | 3.31 |
| sfg | 467 | | 2.26 | | 252 | 1.30 | 0.42 | 467 | 252 | 3.31 |
| sf | 467 | | 2.26 | | 252 | 1.30 | 0.42 | 467 | 252 | 3.31 |
| fsc | | 491 | 0.88 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 174 | 546 | 2.23 |
| fs | | 491 | 0.88 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 174 | 546 | 2.23 |
| fs | | 491 | 0.88 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 174 | 546 | 2.23 |

נזרעו בשדה חמניות מזן "עומר" לריבוי, ב 2 שורות לערוגה ו - 7 זרעים למ' שורה. יום אחרי הזריעה ירדו 10 מ"מ גשם שיצרו קרום שפגע בבטיה אותו רככו על ידי 2 השקיות של 15 מ"מ בהמטרה במי שפד"ן בימים 7 ו - 15 אחרי הזריעה (יא'ז) וקלטור. ביום 34 אחרי הזריעה ירדו עוד 11 מ"מ גשם. השקיה בטפטוף ניתנה בימים 38 עד 82 אחרי הזריעה באותה מערכת ובאותה הצבה ששמשו להשקיית הכותנה. גם בשנת 2003 הושקו 2/3 מהחלקות במי באר מליחים כאשר 1/3 מהחלקות הושקו שנה שניה

במים מליחים, 1/3 מהחלקות הושקו במים מליחים אחרי מי שפד"ן בשנת 2002 ו- 1/3 החלקות הנוספות הושקו במי שפד"ן אחרי מים מליחים בשנת 2002 (טבלה 1). בשתי ההשקיות האחרונות הושקו כל החלקות במי שפד"ן בכמות כוללת של כ- 25 עד 30 מ"מ בגלל תקלה באספקת המים המליחים. (הרכב המים נתון בטבלה 2 ומנות ההשקיה הכוללות בפועל נתונות בטבלה 3). הבקרה על ההשקיה נעשתה דרך הפיקוד המרכזי של קיבוץ בארי ומנות המים הן קריאות בשעון נפרד מהמערכת הראשית בראש השטח. בגמר ההשקיה ביולי - 2003 נדגמה הקרקע בכל החלקות לעומק 120 ס"מ במיקומים דומים לאלה של הדיגומים באביב. במדגמים אלה נבדקת המליחות.

בדיקות הכותנה כללו: ספירת צמחים ביום ה- 45 אחרי הזריעה. מדידות גובה 3 צמחים לחלקה 6 פעמים במהלך תקופת ההתארכות מ- 60 עד 117 יא"ז (ימים אחרי הזריעה). יכול הכותנה נקטף בקטפת מ- 2 שורות באורך 14 מ' בחלקה. בדיקות החמניות כללו: ספירת צמחים בשורה באורך 14 מ' לחלקה ב- 50 יא"ז; מדידות גובה 3 צמחים לחלקה ב- 50, 70 ו- 87 יא"ז; אורך וקוטר הגבעולים סמוך לפני הקרקע של 10 צמחים לחלקה ב- 87 יא"ז; קוטר הקרקפות של 10 צמחים לחלקה ב- 87 ו- 114 יא"ז. יכול החמניות נקטף מכל החלקה (80.6 מ'ר) בקומביין ב- 169 יא"ז. הגרעינים נשלחו למכון למיון וקביעת דרגת ניקיון. לפני הקטיף נמדדו הקטעים ללא צמחים בכל חלקה והיבול חושב לשטח חלקה ברוטו ולשטח נושא צמחים נטו. ניתוחי תוצאות בדיקות הקרקע וספירות הצמחים עד הפעלת טיפולי ההשקיה בשנת 2003 נעשו לפי 5 טיפולים (טבלה 3). בדיקות צמח אחרות נותחו לפי 8 טיפולים (טבלה 4). המשך המחקר אחרי פיזור גבס בסתיו 2003 כלל את כל 9 הטיפולים.

טבלה 4. הטיפולים במועדי בדיקות הקרקע והצמח.

| בדיקות קרקע למליחות | | | | |
|---------------------|-------------------|---|------------------|---------------|
| מועד | מס. טיפולים לקרקע | טיפולים שאוחדו | פרופילים לחלקה | סה"כ פרופילים |
| סתיו 01 | מצב תחילי | | 1 | 6 |
| אביב 02 | 2 | (fsc + sfc + ssc), (fs + fs + sf + ssg + ss + ssg) | 1 | 12 |
| סתיו 02 | 4 | fsc, (fs + fs), (ssg sf++ ss + ssg), (sfc + ssc) | 2 | 108 |
| אביב 03 | 5 | fsc, (fs + fs), (sf + ss), (ssg + ssg), (sfc + ssc) | 2 | 108 |
| סתיו 03 | 8 | fsc, sf, ssg, sfc, ss, ssg, ssc, (fs + fs) | 2 | 108 |
| בדיקות נשימת קרקע | | | | |
| חורף 02 | 5 | fs, fsc, ss, ssg, ssc | 1 | 30 |
| בדיקות צמח | | | | |
| כותנה | 4 | fsc, (fs + fs), (ssg sf++ ss + ssg), (sfc + ssc) | כל הנתונים | 54 חלקות |
| חמניות | 5 | fsc, (fs + fs), (sf + ss), (ssg + ssg), (sfc + ssc) | עד תחילת טפטוף | 54 חלקות |
| חמניות | 8 | fsc, sf, ssg, sfc, ss, ssg, ssc, (fs + fs) | אחרי תחילת טפטוף | 54 חלקות |

תוצאות ודיון.

בדיקות הקרקע.

מליחות תמיסת מיצוי עיסה רוויה בקרקע בסתיו 2001 (אחרי חיטה) ולפני תחילת הטיפולים הייתה כ- 2 דצ"ס/ס"מ בשכבות העליונות ועלתה עם העומק עד של 150 ס"מ לרמה של כ- 4 דצ"ס/ס"מ. ה SAR היה בתחום 6 עד 10 (טבלה 5).

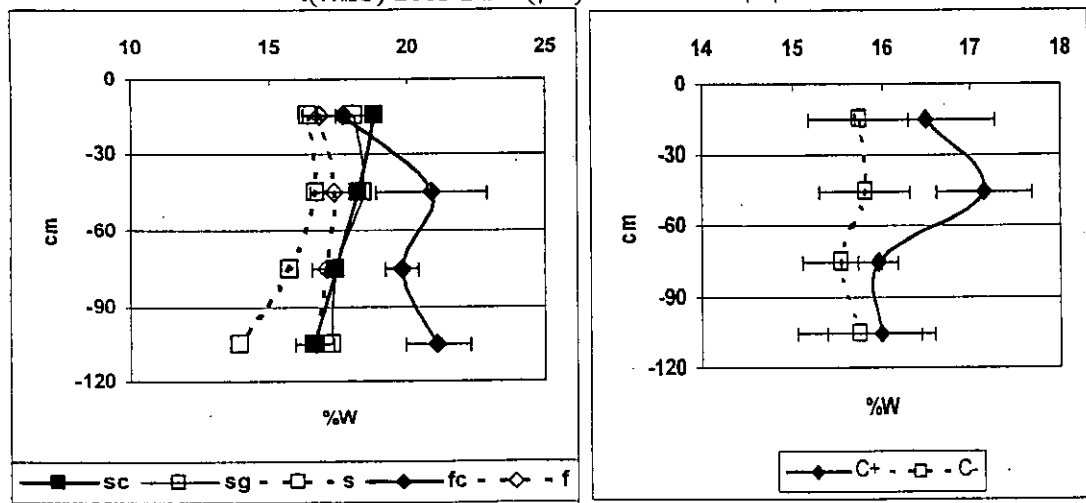
טבלה 5. נתוני מליחות הקרקע בסתיו 2001 (מצב לפני הטיפול).

| SAR | | SO ₄ meq/l | | Ca+Mg meq/l | | Na meq/l | | CL meq/l | | EC dS/m | | עומק ס"מ |
|------|-------|--------------------------|-------|----------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|------------|-------|-------------|
| ש.ת. | ממוצע | ש.ת. | ממוצע | ש.ת. | ממוצע | ש.ת. | ממוצע | ש.ת. | ממוצע | ש.ת. | ממוצע | |
| 0.65 | 7.13 | 0.79 | 5.63 | 1.35 | 6.41 | 2.45 | 12.92 | 3.58 | 11.28 | 0.41 | 2.07 | 0-30 |
| 0.97 | 10.10 | 0.82 | 7.39 | 2.44 | 8.69 | 4.51 | 20.83 | 6.87 | 19.93 | 0.81 | 3.16 | 30-60 |
| 0.87 | 10.60 | 0.68 | 7.54 | 2.62 | 8.45 | 4.73 | 21.25 | 7.22 | 20.20 | 0.84 | 3.23 | 60-90 |
| 0.86 | 8.39 | 1.77 | 13.88 | 2.89 | 16.23 | 1.88 | 23.00 | 4.93 | 23.48 | 0.47 | 3.86 | 90-120 |
| 0.64 | 7.26 | 2.83 | 13.81 | 2.13 | 21.52 | 1.75 | 23.33 | 3.60 | 29.00 | 0.29 | 4.24 | 120-150 |

רטיבות באביב

באביב 2002, אחרי גשמי חורף של 440 מ"מ, היו הרטיבויות בחלקות בהן הוצנע תירס מקוצץ בסתיו 2001 גבוהות ב-1.5% לפי משקל, עד לעומק של 60 ס"מ וכ-0.4% לפי משקל בעומק 60 עד 120 ס"מ בהשוואה לחלקות ללא תירס (איור 1 ימין, טבלה 6). ההבדלים בין הערכים היו מובהקים בממוצע לכל הפרופיל ולשכבות העליונות. באביב 2003, אחרי גשם בשיעור של 500 מ"מ, היו רטיבויות הקרקע בסדר הבא: מים מליחים ללא טיפול > מי שפד"ן ללא טיפול > מים מליחים עם טיפול תירס בסתיו 2001 = מים מליחים עם טיפול גבס בסתיו 2002 > מי שפד"ן עם טיפול תירס בסתיו 2001 (איור 1 שמאל). בממוצע לכל הפרופיל, טיפול תירס בסתיו 2001 העלה את הרטיבות המשקלית בקרקע באביב 2002 ב-0.9% ובאביב 2003 ב-2.0% או ב-3.0% בחלקות מים מליחים או מי שפד"ן, בהתאמה. גם גבס בסתיו 2002 העלה את הרטיבות המשקלית באביב 2003 ב-2% בחלקות שהושקו במים מליחים. השקיה במי שפד"ן בקיץ 2002 העלתה את הרטיבות המשקלית בעוד 1.5% עד 2% בחלקות בלי ועם תירס (טבלה 6). בנוכחות תירס, תוספת המים השירורית מהגשם בקרקע באביב 2002 היתה 20 מ"מ, בעיקר עד לעומק 60 ס"מ, ובאביב 2003 תוספת זו מגיעה ל-30 מ"מ בחלקות שהושקו במים שפירים לפני החורף תוספת המים השירורית בקרקע גדלה ב-20 מ"מ. לכמויות מים כאלה יש השפעה חזקה על התפתחות הצמחים באביב עד להשקיה הראשונה וגם לאחר מכן.

איור 1. השפעת התוספת לקרקע של תירס בסתיו 2001 או גבס בסתיו 2002 ואיכות מי ההשקיה בקיץ 2002 על רטיבות פרופיל הקרקע באביב 2002 (ימין) ואביב 2003 (שמאל).



התירס שהוצנע בסתיו 2001 העלה את רטיבות הקרקע השיוורית לפחות בשני אביבים עוקבים על ידי הגדלת חידור הגשם והתארכות זמן ההתנקזות של כמות מים גדולה יותר. בחורף 2001 - 2002 היו בקרקע בשכבת התריש חתיכות תירס גדולות שהשפיעו על חידור המים עקב חיפוי חלקי של פני השטח והורדת רמת הנתרן בקרקע על ידי הגברת התמוססות גיר הקרקע. התמוססות הגיר הואצה עם עליית ריכוז דו-תחמוצת הפחמן באוויר הקרקע עקב התפרקות החומר האורגני (טבלה 10). בסיכום, העלייה ברטיבות הקרקע בנוכחות תירס באביב 2002 הייתה גדולה עד לעומק 60 ס"מ ונמשכה גם בשנת 2003 עד לעומק 120 ס"מ. השפעת הגבס שפוזר בסתיו 2002 נבחנה באביב 2003 הגבס העלה את רטיבות

טבלה 6. אחוז רטיבות משקלי ממוצע בפרופיל הקרקע באביב 2002 בהשפעת טיפול תירס בסתיו 2001 ובאביב 2003 בהשפעת הטיפולים: תירס בסתיו 2001, איכות מי ההשקיה בקיץ 2002 וגבס בסתיו 2002 (נתונים ממוצעים של 6 חזרות).

| תירס ב 2001 | W% אביב 2002 | גבס ב 2002 | מים ב 2002 | W% באביב 2003 |
|-------------|--------------|------------|------------|---------------|
| + | 19.6a* | - | מליחים | 17.8a** |
| - | | + | מליחים | 17.8a |
| - | 18.7b | - | מליחים | 15.7b |
| + | | - | שפד"ן | 19.9a |
| - | | - | שפד"ן | 17.0b |

הקרקע בגלל העלאת יכולת החידור של קרום הקרקע. העלייה ברטיבות הקרקע בחלקות שהושקו במי שפד"ן עם טיפול תירס הייתה אף גדולה יותר בהשוואה לחלקות שהושקו במים מליחים. השקיה במים שפירים העלתה את תכולת הרטיבות באביב גם בהעדר תירס השקיה במי שפד"ן בכמות קטנה יחסית של 480 מ"מ בקיץ 2002 הספיקה כדי לטייב את הקרקע ללא טיפול אחר ולהוסיף לטיוב בחלקות התירס..

המליחות ורמת ה - SAR של תמיסת הקרקע.

המעקב אחרי השפעות הטיפולים על מליחות הקרקע מחולק לשלושה מועדים. מועד ראשון הוא אחרי שטיפה ב 440 מ"מ גשם בחורף 2001 - 2002 אחרי הצנעת תירס מקוצץ בסתיו 2001 מדגמי הקרקע נלקחו ממרכזי הערוגות שהוכנו בחורף לקראת כותנה. מועד שני הוא אחרי שחלו תהליכי המלחה וטיוב בתקופת השקיית כותנה בקיץ 2002 ב 467 מ"מ מי באר מליחים או 491 מ"מ מי שפד"ן. בגלל השונות בהרטבה במערכת טפטוף עם שלוחות במרחק 1.96 מ', באמצע כל מרווח שני, וטפטפות כל 75 ס"מ לאורך השלוחות הקרקע נדגמה סמוך לקו הטפטוף (L), במקום בו כמויות המים מרביות ועיקר התנועה שלהם אנכית וברטיבויות גבוהות, ובשורה (R) שהוא בערך מקום חזית ההרטבה אליה נעים המים עם מרכיב אופקי חזק יותר וברטיבויות נמוכות יותר. מועד שלישי הוא לאחר שטיפה ב 521 מ"מ גשם בחורף 2002 - 2003. לפני חורף זה פוזר גבס בשעור של 500 ק"ג לדונם על פני השטח במחצית

החלקות שהושקו במים מליחים בקיץ 2002 ולא הוצנע בהן תירס. גם במועד זה נדגמה הקרקע ליד השלוחה ובשורת הצמחים.

- ערכי ה-EC וה-SAR בפרופילי הקרקע בכל המועדים מובאים בטבלאות 7-9 ובאיורים 2 ו-3. בהנחה שתהליכי שקיעה והתמוססות של אלקטרוליטים אינה קיימת במערכת, והשפעת חילוף הקטיונים על ה-SAR ניתנת להזנחה, מתקיימת המשוואה הבאה:

$$SAR_b = SAR_a (EC_b/EC_a)^{-1/2} \quad (1)$$

(מועד א = a, מועד ב = b)

ערכי ה-EC וה-SAR בפרופילי הקרקע בהעדר ובנוכחות תירס בקרקע נקבעו באפריל 2002 אחרי 440 מ"מ גשם בחורף (טבלה 7, איורים 2, 3). בחלקות עם תירס הייתה המליחות נמוכה וכמעט אחידה עד עומק 120 ס"מ. בחלקות בלי תירס הייתה המליחות נמוכה באותה מידה רק בשכבה 0-30 ועלתה עם העומק. פרופילי ה-SAR בחלקות עם וללא תירס כמעט מקבילים. הערכים עולים עם העומק, מהר בהתחלה, ומגיעים למכסימום בעומק 60-90 ס"מ, ערכי ה-SAR בחלקות עם תירס היו נמוכים ב-3.1 עד 4.2 יחידות בכל העומקים.

טבלה 7. השפעת הצנעת תירס בסתיו 2001 על פרופילי ה-EC וה-SAR באפריל 2002 אחרי 440 מ"מ גשם (השוואה סטטיסטית נעשתה בנפרד בכל שכבה ב-6 חזרות).

| עם תירס (C) | | בלי תירס | | שם מק |
|-------------|---------|-----------|----------|--------|
| EC דצ"ס/מ | SAR | EC דצ"ס/מ | SAR | |
| 0-30 | 5.29b* | 1.41 | 9.50a* | 0-30 |
| 30-60 | 8.99b* | 2.32 | 12.05a* | 30-60 |
| 60-90 | 9.99b* | 2.90 a* | 13.67a* | 60-90 |
| 90-120 | 7.89b* | 4.37 a** | 12.14a* | 90-120 |
| 0-120 | 8.04b** | 2.75 a** | 11.84a** | 0-120 |

*, ** = רמת מובהקות של 5% או 10% בתוך שכבה או בממוצע לפרופיל.

בספטמבר 2002, סוף תקופת השקיית הכותנה במים משתי איכויות, מושווים ערכי ה-EC, ה-SAR וה-ESP לפי 3 גורמים: הצנעת תירס בסתיו 01, איכות המים בקיץ 02 ומקום הדיגום ביחס לשלוחת הטפטוף (סה"כ 8 פרופילים בטבלה 8, ובאיורים 2, 3). הבדלי ה-EC בין הטיפולים היו מובהקים עד לעומק 90 ס"מ. ברוב המקרים מלחות הקרקע בשכבה העליונה היתה גבוהה יותר בנוכחות תירס בהשוואה לאלה בהעדרו. לעומת זאת בעומק הפרופיל התמונה הפוכה בשכבות העליונות המליחות גבוהה ביותר בטיפולי מים מליחים עם תירס בשורה (csr) ונמוכה ביותר עם מי שפד"ן ליד השלוחה (fl). הבדלים בגלל איכות המים גדולים ביותר סמוך לשלוחות בחלקות ללא תירס (fl לעומת sl) וקטנים ביותר סמוך לשלוחות בחלקות עם תירס (cfl לעומת csl). המליחות בפרופיל עולה עם העומק בטיפול מים שפירים ללא תירס ליד השלוחה (fl), בעוד שהיא כמעט אחידה בטיפולי מים שפירים עם תירס ליד השלוחה (cfl)

וללא תירס בשורה (fr). בטיפול המים המליחים ליד השלוחה (sl ו- csl) ובטיפול מי שפד"ן עם תירס בשורה (cfr) מכסים המלחות הופיע בעומק 30-60 והמינימום - בעומק 90-120. הבדלים בערכי ה- SAR וה- ESP בין הטיפולים השונים מובהקים רק עד לעומק 60 סמ' (טבלה 8). בנוכחות תירס הערכים במים מליחים נמוכים יותר גם ליד השלוחה (sl לעומת sl) וגם בשורה (cfr לעומת sr) ובמי שפד"ן הערכים נמוכים יותר בשורה (cfr לעומת fr) וגבוהים יותר ליד השלוחה (cfl לעומת fl). בכל ההשוואות הערכים גבוהים יותר במים מליחים מאשר במי שפד"ן. הערכים גבוהים ביותר בפרופיל מים מליחים ללא תירס ליד השלוחה (sl). ערכי SAR נמוכים ביותר בפרופיל שהושקע במי שפד"ן ללא תירס ליד השלוחה (fl) וערכי ESP נמוכים ביותר בפרופיל הקרקע שהושקע במי שפד"ן עם תירס ליד השלוחה (cfl). ההבדלים ב- SAR, EC ו- ESP בין הטיפולים השונים פוחתים עם העומק. לתירס הייתה השפעה משמעותית יחסית על המדדים הנ"ל באביב 2002. רוב תנועת המים והצריכה שלהם מתרחשת בשכבות העליונות ובין השלוחה לשורה. בחלקות בהן הוצנע תירס, צמחי הכותנה היו גדולים יותר מאשר בחלקות ללא תירס (טבלה 11) וסביר שקלטו יותר מים. קליטה מוגברת של מים גוררת גם שינויים בהתפלגות המלחים במרחב. התירס שמעלה את הלחץ החלקי של דו תחמוצת הפחמן מגביר המסת מלחי סידן ומרחיק את הנתרן הספוח מהקרקע לכיוון שולי הנפח המורטב.

טבלה 8. ערכי SAR, EC ו- ESP בקרקע בסוף עונת השקיית הכותנה כתלות בנוכחות תירס, איכות מי השקיה ומקום הדיגום.

| עומק | (L) מרכז ערוגה | | | | (R) שורה | | | | מובהק |
|---------|----------------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|--------|-------|
| | cf | cs | f | s | cf | cs | f | s | |
| EC dS/m | | | | | | | | | |
| 0-30 | 1.69cd | 2.99bcd | 0.96d | 3.70abc | 3.24bcd | 5.65a | 2.38bcd | 4.40ab | ** |
| 30-60 | 1.68d | 3.78abc | 1.43d | 4.04ab | 2.03cd | 4.51a | 2.16bcd | 3.97ab | ** |
| 60-90 | 1.53b | 3.07ab | 2.08ab | 3.45a | 1.60b | 3.39a | 2.43ab | 3.69a | ** |
| 90-120 | 1.83 | 2.37 | 2.60 | 3.38 | 2.24 | 2.96 | 2.98 | 3.72 | ns |
| 0-120 | 1.68d | 3.04abcd | 1.77d | 3.65abc | 2.28cd | 4.13a | 2.48bcd | 3.94ab | ** |
| SAR | | | | | | | | | |
| 0-30 | 4.5de | 13.4abc | 3.9e | 16.2a | 8.1cde | 10.2bc | 9.7bcd | 14.7ab | ** |
| 30-60 | 9.7ab | 15.6ab | 9.1b | 16.6a | 11.9ab | 14.3ab | 14.8ab | 17.1a | ** |
| 60-90 | 12.0 | 11.4 | 13.0 | 13.8 | 11.4 | 12.5 | 14.7 | 14.7 | ns |
| 90-120 | 10.9 | 10.3 | 10.1 | 13.5 | 11.1 | 13.4 | 9.2 | 12.1 | ns |
| 0-120 | 9.3b | 13.1ab | 8.6b | 15.2a | 10.6ab | 12.9ab | 11.5ab | 14.6a | ** |
| ESP | | | | | | | | | |
| 0-30 | 3.3d | 12.9ab | 5.2cd | 14.5a | 3.7d | 5.4cd | 8.8bc | 11.2ab | ** |
| 30-60 | 8.1 | 13.8 | 7.5 | 14.7 | 9.7 | 10.1 | 15.1 | 13.8 | * |
| 60-90 | 13.5 | 12.2 | 13.6 | 13.1 | 12.5 | 12.4 | 13.6 | 12.8 | ns |
| 90-120 | 11.4 | 11.4 | 10.7 | 14.5 | 11.2 | 14.3 | 9.6 | 12.7 | ns |
| 0-120 | | | | | | | | | |

עם תירס ומים שפירס - cf, עם תירס ומים מליחים - cs, בלי תירס ומים שפירס - f, בלי תירס ומים מליחים - s.

טבלה 9. ערכי EC ו-SAR בקרקע באביב 2003 כתלות בנוכחות תירס, גבס, איכות מי השקיה ומקום הדיגום.

| עומק | מרכז ערוגה (L) | | | | | שורה (R) | | | | | מובהק |
|---------|----------------|--------|--------|---------|--------|----------|--------|--------|-------|--------|-------|
| | cf | cs | f | s | gs | cf | cs | f | s | gs | |
| EC dS/m | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | 1.0bd | 1.1bcd | 1.0d | 1.5abcd | 1.8ab | 0.9d | 1.1cd | 1.1bcd | 2.1a | 1.7abc | ** |
| 30-60 | 1.4b | 1.5b | 1.7b | 3.5a | 2.1ab | 0.9b | 1.8ab | 2.0ab | 3.5a | 2.5ab | ** |
| 60-90 | 2.2abc | 1.9c | 2.7abc | 4.8a | 3.1abc | 1.4c | 1.9c | 2.6abc | 4.6ab | 3.3abc | ** |
| 90-120 | 2.1c | 2.2c | 4.0abc | 5.6a | 4.0abc | 1.9c | 2.1c | 3.4abc | 4.8ab | 4.0abc | ** |
| 0-120 | 1.7c | 1.7c | 2.3abc | 3.8a | 2.8abc | 1.3c | 1.7c | 2.3bc | 3.8ab | 2.9abb | ** |
| SAR | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | 2.6cd | 3.9cd | 4.7cd | 7.8ab | 5.4bcd | 2.2d | 3.8cd | 5.0cd | 9.1a | 6.6abc | ** |
| 30-60 | 5.4bc | 6.1bc | 8.7abc | 11.1a | 9.3abc | 4.4c | 7.9abc | 9.5ab | 11.2a | 10.4a | ** |
| 60-90 | 9.2 | 8.8 | 10.9 | 11.7 | 9.9 | 8.6 | 9.7 | 9.7 | 11.8 | 10.6 | ns |
| 90-120 | 9.6 | 9.4 | 9.5 | 10.6 | 9.1 | 7.6 | 8.1 | 8.5 | 10.4 | 10.1 | ns |
| 0-120 | 6.7c | 7.1c | 8.5abc | 10.3ab | 8.4abc | 5.7c | 7.4c | 8.1abc | 10.6a | 9.5abc | ** |

עם תירס ומים שפירים - cf, עם תירס ומים מליחים - cs, בלי תירס ומים שפירים - f, בלי תירס ומים מליחים - s, עם מים מליחים וגבס - gs.

במרץ 2003, אחרי 500 מ' גשם, נבחנה השפעת הטיפולים הצונעת תירס בסתיו 01, איכות המים בקיץ 02, פיזור גבס בסתיו 2002 ומרחק הדיגום משלוחת הטפטוף על ערכי ה-EC וה-SAR בתמיסת הקרקע (10 פרופילים בטבלה 9 ובאיורים 2 ו-3). ההבדלים ב-EC בין הפרופילים השונים היו מובהקים עד לעומק 120 סמ' ולגבי ה-SAR היו מובהקים רק עד עומק 60 סמ'. המליחות וה-SAR עולים עם העומק בכל הטיפולים. השפעת מיקום הדיגום היתה קטנה. נוכחות תירס הקטינה את ה-EC וה-SAR. גבס הוריד את ה-EC וה-SAR בכל הפרופיל, אבל השפעתו היתה פחותה מהשפעת התירס. בסוף חורף 02-03 ה-EC וה-SAR בטיפולים השונים פחתו לפי הסדר הבא: מי שפדן בקיץ 02 + תירס בסתיו 01 = מים מליחים בקיץ 02 + תירס בסתיו 01 > מי שפדן בקיץ 02 ללא מטייב > מים מליחים בקיץ 02 + גבס בסתיו 02 > מים מליחים בקיץ 02 ללא מטייב (cf = cs > f > sg > s). בניסוי מורכב זה, כשהטיפולים בתקופות קודמות קובעים את המצב ההתחלתי של כל תקופה, יש לדון בהשתנות לאורך זמן. באיורים 2 ו-3 מובאים ערכי ה-EC וה-SAR ביחד לכל מועדי הדיגום לפי שכבות הקרקע. באיור 4 מובאים הפרשים בשינויי ערכי ה-SAR מהנתונים המדודים והמחושבים ממשוואה (1).

ב-EC רואים הבדלים בין טיפולים בכל השכבות ובכל המועדים. בחורף 02 - 03 נשטפו המלחים בפרופילי הקרקע בהם הוצנע תירס עד לעומק של 120 ס"מ. באביב 2003 היו פרופילי קרקע אלה שטופים לרמת מלחים נמוכה לכל העומק שנבדק (120 סמ'). בפרופילים האחרים הייתה רק השכבה 0-30 שטופה לאותה רמה נמוכה ועם העומק פחתה השטיפה. לשכבה 90-120 ס"מ מתווספים מלחים משכבות עליונות (טבלאות 7 לאביב 02 ו-5 לסתיו 01, איור 2). ללא טיפול שהגביר את חידור המים שטיפת המלחים היתה מוגבלת למרות החורף הגשום יותר (440 לעומת הממוצע 370 מ"מ). ההשקיה בקיץ 02 המליחה את חלק הפרופיל העליון בכל הטיפולים, כולל טיפולי מי שפדן פרט לטיפול f

שנשטף מעט (טבלאות 8 לסתיו 02 ו- 7 לאביב 02, איור 2). עם הגידול בעומק גדל מספר הטיפולים בהם הקרקע נשטפה ע"י מי ההשקיה והמלחת הקרקע בטיפולים האחרים פחתה עד שבועמק 90-120 כל הטיפולים שלא הוצעו בהם תירס נשטפו.

הצנעת תירס הגבירה את ההמלחה בשכבות העליונות של הקרקע בעונת ההשקיה כיוון שעודדה צימוח וצריכת מים. לעומת זאת, לתירס הייתה השפעה חיובית משמעותית על שטיפת המלחים במהלך החורף השני 2002-2003. בכל פרופילי הקרקע עם תירס נשטפו המלחים מכל השכבות לרמה נמוכה כמעט ללא קשר לרמת המליחות בסתיו. לעומת זאת, בהעדר תירס השטיפה הייתה פחותה כבר בעומק 0-30 ס"מ וההפרש בשטיפה גדל עם העומק. ומעומק גדול מ- 60 ס"מ ברב החלקות ללא תירס המליחות עלתה. גבס שהוסף בסתיו 02 לחלקות בהן לא הוצע תירס, הגביר את השטיפה בחורף (לעומת חלקות ללא טיפול).

מלחות הקרקע באביב בנוכחות גבס הייתה גבוהה יותר בהשוואה לקרקע בנוכחות תירס גם כאשר

המליחיות בסתיו היו דומות.

הבדלים ניכרים הובחנו ב- SAR בין הטיפולים השונים עד לעומק 60 ס"מ בכל המועדים. באביב 02 ערכי ה- SAR היו נמוכים בחלקות בהן הוצע תירס בסתיו. בניגוד לירידה בערכי ה- EC בחורף ללא תלות בטיפול, ערכי ה- SAR עלו בחלקות בלי תירס (טבלאות 7 ו- 5, איור 3). השקיה בקיץ 02 הפחיתה את ערכי ה- SAR בשכבה 0-30 בטיפול מי השפד"ן ליד השלוחה (fl - cfl) והעלתה אותם בטיפול מי שפד"ן בשורת הצמחים ובכל טיפולי המים המליחים. בשכבה 30-60 ערכי ה- SAR בקרקע ללא תירס לא השתנו בטיפול מי שפד"ן בשורת הצמחים (fl) ועלו בשאר הטיפולים.

גשמי חורף 02-03 הורידו את ערכי ה- SAR בכל הטיפולים. גבס שפוזר בסתיו 02 הוריד את ה- SAR בכל העומקים. אבל, הערכים עדיין היו גבוהים בהשוואה לטיפול המים המליחים לאחר הצנעת התירס.

ההבדלים ב- SAR יכולים להיות תוצאה של שינוי בריכוז הכללי של המלחים ושל שינוי ביחסי היונים בתמיסה. באיור 4 מובאים הפרשים בשינויי ערכי ה- SAR מהנתונים המדודים והמחושבים ממשוואה (1) וההפרשים בין ערכים אלה וההפרשים המדודים בקיץ 2002 ובחורף 2002-2003. ערכים חיוביים של ההפרש הם תוצאה של הגדלת היחס נתרן/סידן = נתרן וערכים שליליים הם תוצאה של הקטנת היחס נתרן/סידן = טיוב.

התוצאות מעידות שהשנוי ב- SAR בקיץ היה קטן יותר בערכים מוחלטים מאשר הירידה ב- SAR במהלך החורף. השקיה במי שפד"ן גרמה לטיוב הקרקע גם בהעדר תירס מוצנע. הירידה ב- SAR הייתה עקב התמוססות גיר הקרקע. רמת הנתרן בקרקע הייתה גבוהה יותר בהשקיה במים מליחים עם תירס על יד השלוחה ונמוכה יותר בשורה. גשמי החורף 02 - 03 טייבו את רוב פרופילי הקרקע בכל העומקים. הטיוב רב יותר בפרופילים שהיו בעלי SAR גבוה יותר בסתיו. טיפול גבס בסתיו 02-03 טייב את הקרקע, מעבר לטיוב עקב שטיפה עד לעומק 60 ס"מ. הטיוב בחורף מעיד על המסה של מלחי סידן בקרקע.

יצור פחמן דו-חמצני בקרקע.

בדיקות פליטת פחמן דו-חמצני נעשו בקרקע משכבה 0 - 30 סמ' שנדגמה בדצמבר 2002, 13 חודשים אחרי הצנעת התירס בשדה. הבדיקות הראו שבאינקובציה של קרקע רטובה בטמ' של 30° משך 24 שעות, פליטת פחמן דו-חמצני בחלקות בהן הוצנע תירס הייתה גבוהה יותר ב - 46% מאשר בחלקות ללא תירס ובחלקות שטופלו בגבס (טבלה 7). ההבדל הזה מראה שלתירס פוטנציאל טיוב גם בחורף השני, זמן רב אחרי פרוק הסוכרים קלי הפרוק. חשוב מאד לדעת כמה זמן עוד יכול התירס לשמר פוטנציאל טיוב כדי להעריך את ישימות הטיפול ואת כמויות החומר הצמחי שצריך להצניע.

תגובות הצמחים.

מספר צמחים.

באביב 2002 נספרו צמחי הכותנה ביום ה- 45 אחרי הזריעה (יא'ז). בשלב זה של הניסוי כשהופעל רק טיפול הצנעת תירס בסתיו 2001 היו יותר צמחים בחלקות בהן הוצנע תירס (טבלה 10). מכיוון שהמוליכויות החשמליות של תמיסת הקרקע בשכבות העליונות היו נמוכות בחלקות עם וללא תירס (טבלה 7) וזהות בשכבה 0-30 סמ' (1.4 דצס/מ) ההבדלים במספר לא בגלל המליחויות אלא, כנראה בגלל הבדלים ברטיבות הקרקע (טבלה 6) ובחזקת הקרום (הסבר להשפעת התירס על חוזק קרום הקרקע בעמ' 9). שני העומדים בתחום הגבוה של מספר הצמחים הרצוי בשטח וצריכים לאפשר יבול גבוה. טבלה 9. השפעת הטמנת תירס קצוץ בסתיו 2001, איכות מי השקיה בקיץ 2002 ופיזור גבס בסתיו 2002 על יצור פחמן דו-חמצני בקרקע בחורף 2002-2003 (קרקע בארי, דיגום דצמבר 2002 מעורב למיקום שלוחת טפטוף ושורה, לעומק 30 סמ', 6 חזרות).

| טיפול | שעור פליטת דו תחמוצת הפחמן מג'/קג/יום | שעור פליטת דו תחמוצת הפחמן לפי גורם ראשי, מג'/קג/יום |
|-----------------------|--|--|
| תירס ומים מליחים (cs) | 49.7a | תירס 48.2a |
| מים מליחים וגבס (gs) | 31.2b | גבס 33.2b |
| מים מליחים (s) | 33.4ab | מי שפד"ן 40.9 |
| תירס ומי שפד"ן (cf) | 46.2ab | מים מליחים 40.5 |
| מי שפד"ן (f) | 35.2ab | |

באביב 2003 גדלו חמניות אחרי הפעלה של 5 הטיפולים הצנעת תירס, 2 איכויות מים ופיזור גבס. ב - 50 יא'ז לא נמצאו הבדלים במספר הצמחים בין טיפולי הקרקע ובכל הטיפולים היה עומד נמוך בגלל קרחת והצצה לא אחידה בין הקרחת (טבלה 10). יום אחד אחרי הזריעה ב - 24 במרץ ירדו 10 מ' גשם שיצרו קרום שעקב את הנביטה. שתי השקיות קלות להרטבת הקרום וקלטור לשבירתו הצליחו רק

חלקית. הקלטור גם פגע בקטעים בשורות. התוצאה % נביטה נמוך וקרחות בשטח (הוכנס תיקון לשטח הקרחות בהערכת היבול).

טבלה 10. השפעות: הצנעת תירס בסתיו 2001, 440 מ"מ גשם בחורף 2001–2002, השקיה ב - 467 מ"מ מים מליחים או 491 מ"מ מי שפדן בעונת ההשקיה 2002 ופיזור גבס בסתיו 2002 על מספר צמחי הכותנה ב - 45 יא"ז באביב 2002 ומספר צמחי החמניות ב - 50 יא"ז באביב 2003.

| טיפול קרקע לפני כותנה תירס ב 2001 | צמחי כותנה למטר ב - 2002 | טיפול קרקע לפני חמניות | | צמחי חמניות למטר ב 2003 |
|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------|----------------------------|
| | | גבס ב 2002 | איכות מים ב 2002 | |
| + | 13.6 | - | מ | 3.07 |
| - | 9.7 | + | מ | 3.03 |
| - | | - | מ | 3.15 |
| + | | + | ש | 2.89 |
| - | | - | ש | 3.39 |
| מובהק | ** | | | ns |

צימוח ווגטטיבי.

לפני השקיה הראשונה הופעל בניסוי הכותנה רק טיפול הצנעת תירס וממנה והלאה הופעלו 2 טיפולי איכות מים והיו לכן 4 טיפולים. כבר ב - 60 יא"ז, מועד ההשקיה הראשונה (הבצל), היו צמחי הכותנה בחלקות עם תירס גבוהים יותר באופן מובהק (טבלה 11). הבדלים אלה לפני טיפולי איכות המים כנראה

טבלה 11. השפעת הצנעת 10 טון/דונם תירס קצוץ בסתיו 2001 ואיכות מי ההשקיה בעונת 2002 על התארכות צמחי כותנה פימה בעונת 2002.

| טיפולים לפני ובזמן גידול הכותנה | גובה צמחי בס"מ | | | | | |
|---------------------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 60 י.א.ז | 67 י.א.ז | 78 י.א.ז | 87 י.א.ז | 94 י.א.ז | 107 י.א.ז |
| תירס בסתיו + מי שפד"ן | 41.7a | 57.8a | 83.2a | 104.2a | 121.5a | 146.5a |
| תירס בסתיו + מי באר מלוחה | 39.8a | 55.3a | 79.4a | 105.4a | 122.3a | 147.7a |
| ללא תירס בסתיו + מי שפד"ן | 33.7b | 46.4b | 69.8b | 96.3b | 113.1b | 135.7b |
| ללא תירס בסתיו + מי באר מלוחה | 30.3b | 44.7b | 67.5b | 90.2b | 104.7b | 129.3b |

* ימים אחרי זריעה.

בגלל הרטיבות השירית הגבוהה יותר מחורף 2001-2002 בגלל טיפול התירס בסתיו ו (טבלה 6). ההבדלים במליחות הקרקע בין חלקות עם וללא תירס עד ל-עומק 90 סמ' היו קטנים ובתחום שכונתה עמידה לו ולא היו צריכים להשפיע (טבלה 7). במהלך תקופת ההשקיה ההבדלים בגובה הצמחים בגלל טיפולי התירס גדלו קצת. בחלקות שטופלו בתירס איכות המים לא השפיעה על התארכות הצמחים. ובחלקות שלא טופלו בתירס התארכות במי שפד"ן הייתה קצת יותר מהירה מאשר במים מליחים וההבדל גדל במקצת (לא מובהק) לקראת סוף העונה. עד לזריעת החמניות הופעלו על הקרקע 5 הטיפולים הצנעת תירס בסתיו 01, איכות מים בקיץ 02 ופיזור גבס בסתיו 02 ועם הפעלת טיפולי השקיה בקיץ 03 גדל מספר הטיפולים ל- 8. גובה צמחי החמניות נמדד 3 פעמים במהלך הגידול (טבלה 12). ב 50 יאח"ז, כשעדיין אין השפעה של טיפולי ההשקיה והרטיבות השירית מהחורף ומליחות הקרקע התחילית קבעו היו הצמחים ארוכים ביותר בחלקות

טבלה 12. גובה הצמחים, קוטר הגבעולים ליד הבסיס וקוטר הקרקפות במועדים (יא"ז) שונים (גובה של 3 צמחים וקוטר גבעולים וקרקפות של 10 צמחים לחלקה).

| טיפול | גובה צמח | | | קוטר גבעול | קוטר קרקפת | |
|-------|----------|-----------|---------|------------|------------|----------|
| | 50 יא"ז | 70 יא"ז | 87 יא"ז | | 87 יא"ז | 114 יא"ז |
| ssc* | 72.8אב** | 137.0אב** | 140.8ג | 29.2בג** | 22.0אב** | 25.0בג** |
| ssg | 64.3בג | 133.8אב** | 138.8ג | 28.6ג | 22.7אבג | 24.7בג |
| ss | 66.4בג | 125.2ג | 131.7ד | 27.7ג | 21.6בג | 23.2ד |
| sfc | 78.4א | 146.8א | 150.5אב | 31.4אב | 23.5אב | 26.5אב |
| sfg | 66.6בג | 143.2אב | 141.9בג | 30.0בג | 23.3אבג | 27.4א |
| sf | 58.9ג | 127.1ג | 143.6בג | 30.1בג | 23.3אבג | 24.8בג |
| fsc | 78.3א | 147.3א | 154.4א | 32.8א | 23.9א | 25.4בג |
| fs | 58.9ג | 133.7בג | 140.3ג | 29.0ג | 21.6ג | 24.8ג |

* משמאל לימין איכות מים בשנים 02 ו- 03 וטיפול נוסף לקרקע.

שהוצנע בהן תירס בסתיו 01 ואח"כ הושקו במי שפד"ן בקיץ 02. היתרון של הצנעת תירס בולט גם כשההשקיה בקיץ הקודם הייתה במים מליחים. בתאריך זה לא היה יתרון מובהק לטיפול הגבס על חוסר טיפול לקרקע. סדר אורך הצמחים מתאים לסדר עולה של הרטיבויות השיריות ולסדר יורד של

המליחיות התחיליות (טבלאות 5 ו- 9). תוספת הצימוח בהמשך עונת ההשקיה הייתה רבה יותר בטיפולים שהושקו באחת השנים במי שפד'ן ובשניה במים מליחים. כיוון שטיפולי המים המליחים הושקו ב- 2003 בפחות מים, וחלקם מי השפד'ן, מאשר בטיפולי מי השפד'ן (טבלה 3) הפחיתה בגידולם יכולה להיות תוצאה גם של עקת מים וגם של עקת מלח. בחלקות של שנתיים מים מליחים היו הצמחים קצרים ביותר לאורך כל העונה. נראה שלרטיבות השירית השפעה חזקה יותר מאשר למליחות התחילית. בחלקות עם רטיבות שירית נמוכה הצמחים קצרים ביותר ובאורך דומה כשמליחיות הקרקע 1.86 או 3.65 דצ"ס/מ בעומק של 30-60 סמ'.

קוטר הגבעולים ב- 87 יא"ז היו, בדומה לגובה, היה גדול ביותר בטיפולים בהם הוצנע תירס וקטן ביותר כשלא ניתן טיפול לקרקע. (טבלה 12). הגבעולים היו דקים יותר בטיפולים שהושקו שנתיים במים מליחים מאשר בטיפולים שהושקו באחת השנים במים מליחים ובשניה במי שפד'ן. אין הבדל ברור אם השנה המלוחה הייתה 2002 או 2003.

קוטר קרקפות נמדד ב- 87 ו- 114 יא"ז (טבלה 12). מילוי הגרעינים המשיך את גידול הקרקפות גם אחרי 87 יא"ז כשגידול הגבעול נפסק. גם במדד זה נראות השפעות גם של איכות המים וגם של הטיפולים לקרקע. הקרקפות היו קטנות יותר בטיפולים של מים מליחים שנתיים. בשונה ממדדי הגבעול נראה שקרקפות בטיפולי מי שפד'ן ב- 2002 ומים מליחים ב- 2003 קטנות יותר מקרקפות טיפולי מים מליחים ב- 2002 ומי שפד'ן ב- 2003. נזכיר שוב שטיפולי מים מליחים ב- 2003 קיבלו פחות מים ולכן קשה להחליט אם הסיבה להבדלים עקת מים או עקת מלח בשלב מילוי הגרעינים. בשילוב של גבס ומי שפד'ן בשנת 2003 היו הקרקפות גדולות ביותר והיבולים גבוהים ביותר. אין לנו הסבר שקושר את היתרון של הגבס לרטיבות או מליחות. גם בטיפולי תירס מוצנע בסתיו 2001 היו הקרקפות גדולות יותר מאשר כשלא ניתן טיפול לקרקע.

יבולים

יבולי הכותנה מקטיף קטפת מובאים בטבלה 13. נתוח לפי 4 הטיפולים שהופעלו עד שלב זה הראו שהצנעת תירס בסתיו 2001 ועליה במליחות מי ההשקיה ב- 2002 גרמו לעליה ביבול. מקובל להסביר הגדלת יבול כותנה בהשפעת מליחות מתונה בריסון מסוים של צמח עודף. הסבר זה אינו מתאים לתרומה של הצנעת תירס להגדלת היבול שהגבירה את הצמח בשני סוגי המים. ייתכן שלתירס תרומה יחודית שאינה מוסברת ברטיבות או מליחות הקרקע.

כמו גודל הקרקפות גם יבול החמניות הושפע מטיפולי המים ומהטיפולים לקרקע. בין טיפולי המים היו היבולים גבוהים ביותר כשנתנו מים מליחים בשנת 2002 ומי שפד'ן ב- 2003 ונמוכים ביותר בטיפולים כשנתנו מי שפד'ן ב- 2002 ומים מליחים ב- 2003 ובמצב ביניים כשנתנו מים מליחים בשתי השנים. נראה שההבדלים בין טיפולי המים יותר בגלל עקת מים מאשר בגלל עקת מלח. ב- 2003 מנת ההשקיה בטיפולי המים המלוחים קטנה ממנת ההשקיה בטיפולי מי השפד'ן. בטיפולים לקרקע היה יכול מרכיב בגלל פיזור גבס בסתיו 2002 ומזערי בחלקות ללא טיפול. אין לנו הסבר ליתרון של הגבס.

טבלה 13. השפעת הצנעת תירס בסתיו 01 ואיכות מים בקיץ 02 על יכול כותנה ב 02 והוספת פיזור גבס בסתיו 02 ושינוי איכות מים ב 03 על יכולי חמניות ב 03.

| יכול חמניות | | מים ב 2002 | גבס ב 2002 | יבול כותנה | מים ב 2001 | תירס ב 2001 |
|---------------------------|----------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| מסחרי לשטח נטו קג/דונם | % שטח עם צמחים | | | | | |
| 255ab* | 0.882 | מ | - | 500a** | מ | + |
| 251ab | 0.905 | מ | + | 446ab | מ | - |
| 233b | 0.913 | מ | - | | מ | - |
| 251ab | 0.863 | ש | - | | מ | + |
| 298a | 0.831 | ש | + | | מ | - |
| 261ab | 0.869 | ש | - | | מ | - |
| 265ab | 0.887 | מ | - | 442ab | ש | + |
| 244b | 0.901 | מ | - | 411b | ש | |
| טיפול קרקע לפני חמניות | | | | | | |
| 257ab* | 0.878 | תירס ב 2001 | | | | |
| 275a | 0.868 | גבס ב 2002 | | | | |
| 245b | 0.896 | ללא טיפול | | | | |
| איכות המים עד קטיף חמניות | | | | | | |
| 247 | 0.878 | מליחים 2002, מליחים 2003 | | | | |
| 270 | 0.868 | מליחים 2002, שפד'ן 2003 | | | | |
| 251 | 0.896 | שפד'ן 2002, מליחים 2003 | | | | |

מסקנות

הצנעת התירס בסתיו שיפרה את חידור מי הגשם לקרקע, הגבירה את שטיפת המלחים והקטינה את ערכי ה SAR בתמיסת הקרקע בשני חורפים לפחות.

הפחיתה ב SAR היתה בגלל התמוססות גיר וחילוף יוני נתרן בסידן וגם בגלל הפחיתה בריכוז המלחים בקרקע.

טיוב הקרקע בנוכחות תירס בחורף השני היה טוב יותר מאשר אחרי טיפול גבס בסתיו.

נוכחות תירס בקרקע העלתה את רטיבותה לאחר החורף בשעור גבוה יותר מזה שהתקבל כאשר גבס

פוזר על פני הקרקע. רטיבות גבוהה באביב עודדה שלבי גידול מוקדמים.

הצמחים הגיבו באופן חיובי לנוכחות תירס בקרקע במשך שנתיים לאחר הצנעתו

השקיה במים שפירים הפחיתה את ריכוז המלחים הקרקע ואת ה SAR.

סיכום עם שאלות מנחות.

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח.

- (1) ללמוד השפעות פיזור גבס על פני הקרקע, ערבוב חומר אורגני בשכבת החריש, וגידול צמחים על תרומת גיר הקרקע להורדת רמות הנטרן הספוח בקרקע. (2) לבחון השפעות שילוב מקורות מים, תוספת גבס וחומר אורגני על מהלכים רב שנתיים של נטרון הקרקע ועל התנודות העונתיות במליחות הקרקע.
- (3) להתאים ממשקי מים וטיפולים לקרקע בהתאם למחזורי הגידולים, תכונות הקרקע ואיכויות המים.

עיקרי הניסויים והתוצאות

בניסוי שדה בבארי המשתנים הם: מחזורים של מי שפד'ן ובאר מליחה וגידולים, ערבוב תירס מקוצץ בשכבת הקרקע העליונה, פיזור גבס על פני הקרקע בסתיו בשנות השקיה במים מליחים. המדדים הנבדקים הם: השינויים העונתיים וארוכי הטווח בקרקע ותגובת גידולי שדה. נמצא שערבוב תירס בשכבת החריש השפיעה לטורך זמן. היא הגדילה גם בחורף הראשון וגם בשני אחרי הטיפול את חידור המים לקרקע, הורידה את ה- EC וה- SAR בשני האביבים העוקבים, העלתה את רטיבות הקרקע בשני האביבים העוקבים, זרזה צמח והגדילה יכולים של שני הגידולים העוקבים כותנה וחמניות. אחרי פיזור גבס בסתיו הפרופיל שטוף יותר ונתרני פחות מאשר ללא טיפול ויותר מאשר אחרי שנה שניה מהצנעת התירס.

מסקנות.

הצנעת כמות תירס גדולה משפרת חידור מים ושיטפה חורפית, מגדיל רטיבות שאריתית בקרקע ובאביב; וגורם לגידול טוב יותר של הצמחים ויבולים גבוהים יותר לפחות שנתיים אחרי הטיפול לעומת חוסר טיפול. עם גמר בדיקות הקרקע מסתיו 2003 אפשר יהיה להשוות את טיפול התירס לטיפולים של החלפת איכות המים בין שנים עם וללא פיזור גבס בשנים של מים מליחים.

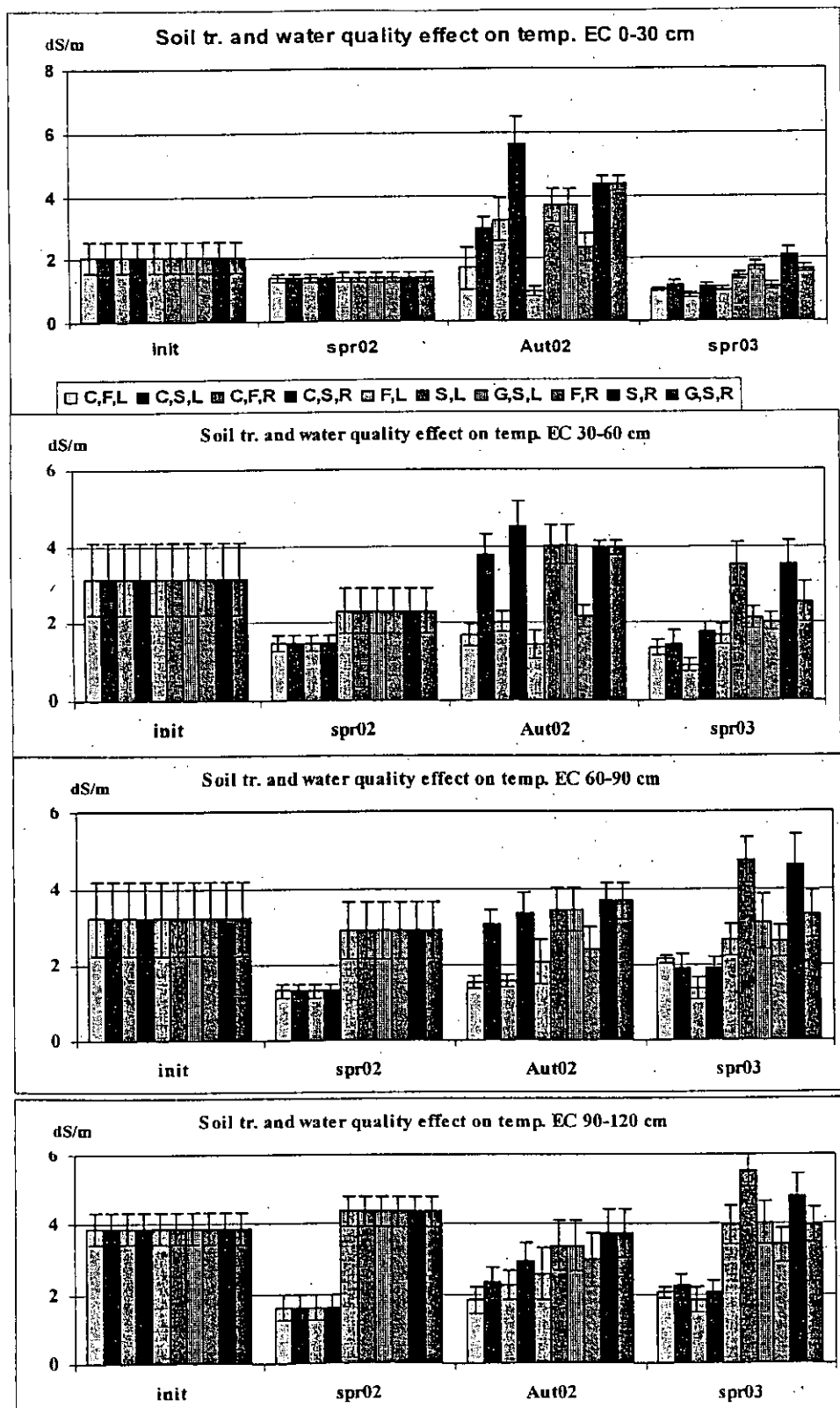
בעיות שנתרן לפתרון

השפעות ארוכות טווח של התירס המוצנע על הקרקע ופרוס המליחים בקרקע. יש לבחון את תהליכי ההמלחה והנטרון בקרקע הנובעים מהשקיה במים מליחים וטיובה עם השקיה במי שפד'ן בנוכחות חומר אורגני בקרקע והתמוססות גיר הקרקע. כימות ומבחן לאורך זמן דורשים המשך הניסוי לתקופה של 3 שנים נוספות, בהתאם לתוכנית.

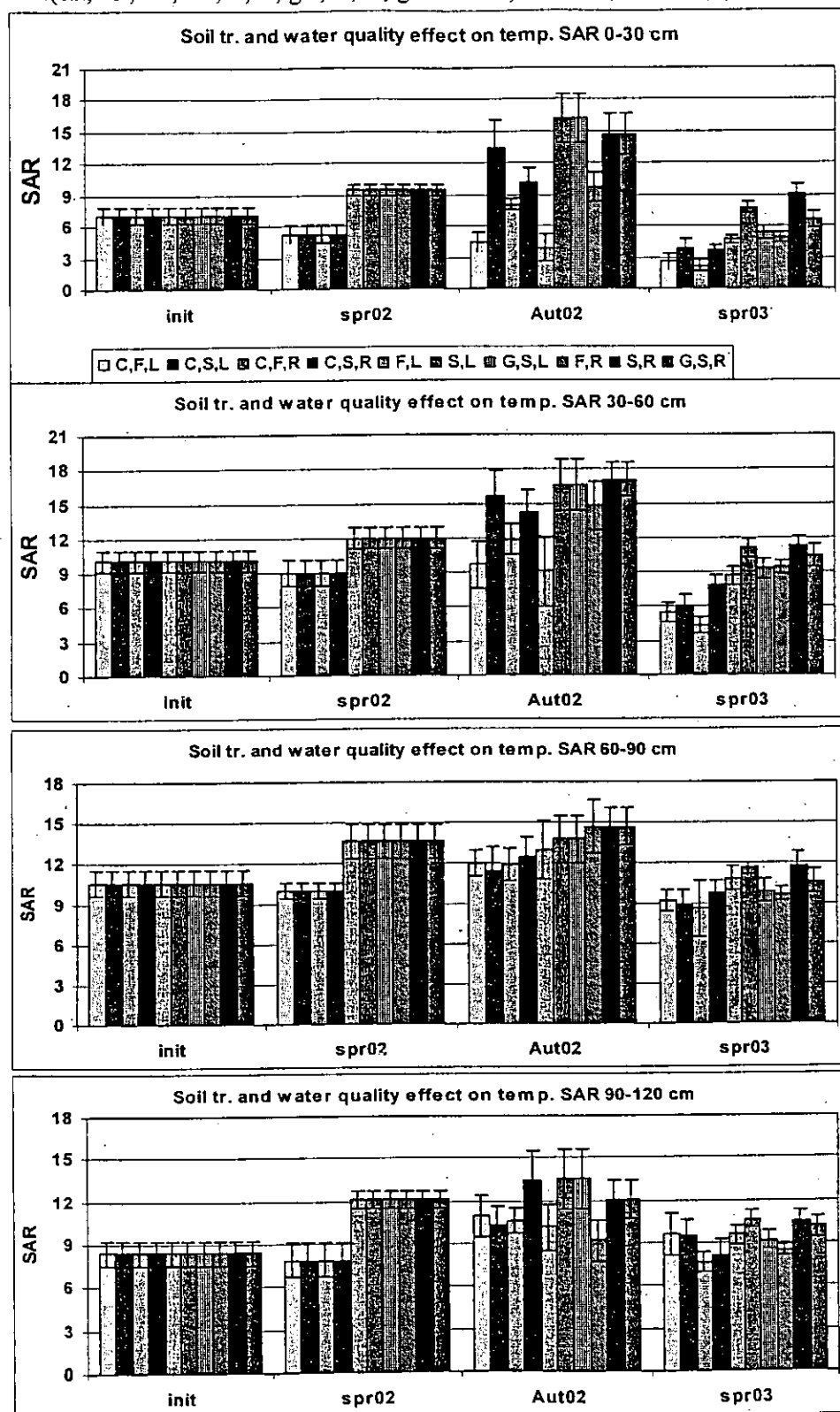
האם הוחל כבר בהפצת הידע.

נתנה הרצאה בכנס דיווחי מחקר של ענף הכותנה ב 2002 וחינתן הרצאה בכנס 2003. אפשרות פרסום הממצאים תבחן עם גמר בדיקות הקרקע מהדיגומים בסתיו 2003.

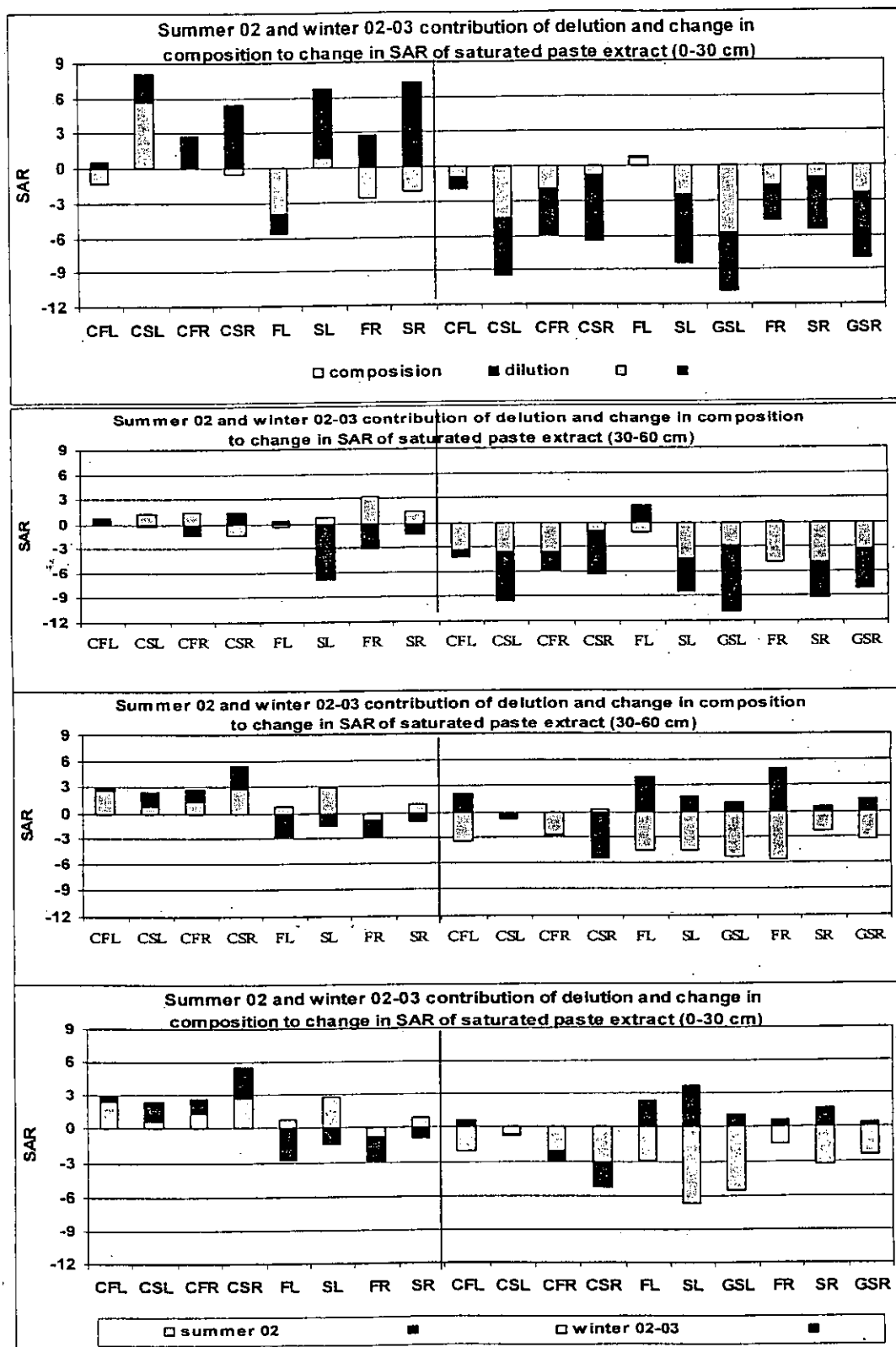
איור 2. השפעת הצנעת תירס, איכות מי ההשקיה, פיזור גבס, מיקום וגשם על ערכי EC לסתיו 01, לחורף 01-02, לקיץ 02 ולחורף 02-03. (טיפולים cfl, csl, cfr, csr, fl, sl, gsl, fr, sr, gsr)



איור 3. השפעת הצנעת חירס, איכות מי ההשקיה, פיזור גבס, מיקום וגשם על ערכי SAR לסתיו 01, לחורף 01-02, לקיץ 02 ולחורף 02-03. (טיפולים cfl, csl, cfr, csr, fl, sl, gsl, fr, sr, gsr)



איור 4. השפעת הצנעת חירס, איכות מי השקיה, פיזור גבס ומיקום על תרומת השינוי בריכוז (dilution - מחושב מ-EC) והשינוי בהרכב תמיסת הקרקע (composition - הפרש בין SAR מודו ומחושב מ-EC) לשינוי ב-SAR לקיץ 02 ולחורף 02-03 (טיפול, cfl, csl, cfr, csr, fl, sl, sr, gsr, fr, sr, gsr).



2001-2003

תקופת המחקר:

302-0298-03

קוד מחקר:

Subject: RECLAMATION OF SODIC SOILS IRRIGATED WITH SALINE WATER USING SOIL CALCIUM CARBONATE

Principal investigator: RAMI KEREN

Cooperative investigator: AVRAHAM MEIRI, NPTLUV BORIS, AMIHI UZHFK, ABRAHAM ZILBERSTEIN, Igal Flash

Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O)

שם המחקר: טיוב קרקעות נתרניות מושקות במים שוליים באמצעות גיר הקרקע

חוקר ראשי: רמי קרן

חוקרים שותפים: אברהם מאירי, בוריס נפתליב, יצחק אמיחי, אברהם זילברשטיין, יגאל פלש

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן 50250

תקציר

הצגת הבעיה: בשטחים המושקים במים מליחים ונתרניים עליהם מפורים גבס בסתיו גדלות כמויות הנתרן והגבס שמוסיפים ומתחזקים בהם נזקי מליחות. עם העלייה ברמת הנתרן הספוח והגבס בקרקע פועלת "משאבת נתרן" שגורמת להעלאת המליחות בתמיסת הקרקע (נתרן סולפט). הנחת העבודה היא שאת נזקי המלחות ניתן להקטין על ידי ממשק של מחזור שנות השקיה במים שפירים ומליחים לסרוגין ופיזור גבס רק בסתיו של שנות המים המליחים. ממשק כזה יקטין את העומסים המצטברים של הנתרן והגבס, ייעל את השטיפה ע"י הגשם, יקטין את תוספת ההשקיה לשטיפה ויגביר את התמוססות גיר הקרקע. תוספת חומר אורגני שיתפרק בקרקע תגביר את התמוססות הגיר.

מטרות: לבחון את השפעות מחזורים של מים באיכויות שונות וגבס בנוכחות חומר אורגני על תהליכי המלחה ונתרון לאורך שנים ולהציע ממשקי השקיה וקרקע משופרים.

מהלך הניסוי, תוצאות ודיון: בשדה, בקיבוץ בארי, נבדקו: ערבוב תירס מקוצץ בשכבת הקרקע העליונה, פיזור גבס על פני הקרקע בסתיו בשנת השקיה במים מליחים ויחס מספרי של שנות מים שפירים ומליחים לסירוגין על השינויים הרב שנתיים בקרקע ועל גידולי שדה. נמצא שמתקיים טיוב קרקע בנוכחות תירס קצוץ בשכבת החריש החל בחורף הראשון שנמשך גם בחורף השני. הטיוב הוריד את רמות הנתרן הספוח וה-SAR, הגביר את חידור המים ושטיפת המלחים, העלה את רטיבות הקרקע באביב, זרז התארכות הצמחים והעלה את יבול הכותנה בשנה הראשונה וחמניות - בעונה השנייה. ההשפעה בגלל פירוק מהיר של תרכובות אורגניות קלות פירוק בתירס בהתחלה ובהמשך כנראה בגלל תוצרי שרשרת של פעילות מיקרוביאלית איטית יותר. טיוב הקרקע בנוכחות תירס היה טוב יותר מגבס. גם שנת השקיה במים שפירים טייבה את הקרקע.

מסקנות והמלצות. התוצאות מאשרות את ההנחות. כימות ומבחן לאורך זמן דורשים המשך הניסוי לתקופה של 3 שנים נוספות, בהתאם לתוכנית. הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים.

09-V

9.04.04 : הופק בתאריך:

דו"ח דיווח מדעי
=====

קוד זיהוי : 302-0298-03

נושא המחקר: טיוב קרקעות נתרניות מושקות במים שוליים באמצעות גיר הקרקע

סוג דו"ח : דו"ח מסכם

חוקר ראשי : קרן רמי

מינהל המחקר החקלאי

מינהל המחקר החקלאי
משרד החקלאות ופיתוח הכפר
מינהל המחקר החקלאי
משקי הדרום

חוקרים משניים: מאירי אברהם
זילברשטיין אברהם
נפתליב בוריס
אמילי יצחק

מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח:

100,000

קרן מדען ראשי

תקציר הדו"ח:

הצגת הבעיה: בשטחים המושקים במים מליחים ונתרניים עליהם מפזרים גבס בסתיו גדלות כמויות הנתרן והגבס שמוסיפים ומתחזקים בהם נזקי מליחות. עם העלייה ברמת הנתרן הספוח והגבס בקרקע פועלת "משאבת נתרן" שגורמת להעלאת המליחות בתמיסת הקרקע (נתרן סולפט). הנחת העבודה היא שאת נזקי המליחות ניתן להקטין על ידי ממשק של מחזור שנות השקיה במים שפירים ומליחים לסרוגין ופיזור גבס רק בסתיו של שנות המים המליחים. ממשק כזה יקטין את העומסים המצטברים של הנתרן והגבס, ייעל את השטיפה ע"י הגשם, יקטין את תוספת ההשקיה לשטיפה ויגביר את התמוססות גיר הקרקע. תוספת חומר אורגני שיתפרק בקרקע תגביר את התמוססות הגיר. מטרות: לבחון את השפעות מחזורים של מים באיכויות שונות וגבס בנוכחות חומר אורגני על תהליכי המליחה ונתרון לאורך שנים ולהציע ממשקי השקיה וקרקע משופרים. מהלך הניסוי, תוצאות ודיון: בשדה, בקיבוץ בארי, נבדקו: ערבוב תירס מקוצץ בשכבת הקרקע העליונה, פיזור גבס על פני הקרקע בסתיו בשנת השקיה במים מליחים ויחס מספרי של שנות מים שפירים ומליחים לסרוגין על השינויים הרב שנתיים בקרקע ועל גידולי שדה. נמצא שמתקיים טיוב קרקע בנוכחות תירס קצוץ בשכבת החריש החל בחורף הראשון שנמשך גם בחורף השני. הטיוב הוריד את רמות הנתרן הספוח וה-SAR, הגביר את חידור המים ושטיפת המליחים, העלה את רטיבות הקרקע באביב, זרז התארכות הצמחים והעלה את יבול הכותנה בשנה הראשונה וחמניות - בעונה השנייה. ההשפעה בגלל פירוק מהיר של תרכובות אורגניות קלות פירוק בתירס בהתחלה ובהמשך כנראה בגלל תוצרי שרשרת של פעילות מיקרוביאלית איטית יותר. טיוב הקרקע בנוכחות תירס היה טוב יותר מגבס. גם שנת השקיה במים שפירים טיבה את הקרקע. מסקנות והמלצות. התוצאות מאשרות את ההנחות. כימות ומבחן לאורך זמן דורשים המשך הניסוי לתקופה של 3 שנים נוספות, בהתאם לתוכנית.

29.4.04 2.5.04
א/מ יוס (מיוצג)
היחידה לתכניות
עבודה ותקציב

א.מ.י.
אמרכלות

מ.ש.ל.כ.ט.
מנהל המכון

מ.ש.ל.כ.ט.
מנהל המחלקה

חוקר ראשי

דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 302-0298-02

טיוב קרקעות נתרניות מושקות במים שוליים באמצעות גיר הקרקע

**Reclamation of sodic soil irrigated with saline water by using soil
calcium carbonate**

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות והנהלת ענף הכותנה
ע"י

ר. קרן. המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן 50250.

א. מאירי. המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן 50250.

ב. נפתלייב. המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן 50250.

Rami Keren. Inst. Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Bet Dagan 50250. E-

mail: rkeren@agri.gov.il.

Avraham Meiri. Inst. Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Bet Dagan 50250. E-

mail: vwmria@agri.gov.il.

Boris Naftaleyev. Inst. Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Bet Dagan 50250. E-

mail: vwboris@agri.gov.il

E_mail Joon_Z@Nir-Oz.org.il

E_mail Iflash@cotton.co.il

E_mail Negev@cotton.co.il

א.זילברמן (ג'ון) שרות השדה, נגב מערבי

י. פלש שה'ם. משרד החקלאות.

י. אמיתי. גד'ש שער הנגב.

צוות גד'ש בארי.

תקציר.

הצגת הבעיה: בשטחים המושקים במים מליחים ונותרניים עליהם מפזרים גבס בסתיו גדלות כמויות הנתרן והגבס שמוסיפים ומתחזקים בהם נזקי מליחות. עם העלייה ברמת הנתרן הספוח והגבס בקרקע פועלת "משאבת נתרן" שגורמת להעלאת המליחות בתמיסת הקרקע (נתרן סולפט). הנחת העבודה היא שאת נזקי המליחות ניתן להקטין על ידי ממשק של מחזור שנות השקיה במים שפירים ומליחים לסרוגין ופיזור גבס רק בסתיו של שנות המים המליחים. ממשק כזה יקטין את העומסים המצטברים של הנתרן והגבס, ייעל את השטיפה ע"י הגשם, יקטין את תוספת ההשקיה לשטיפה ויגביר את התמוססות גיר הקרקע. תוספת חומר אורגני שיתפרק בקרקע תגביר את התמוססות הגיר. **מטרות:** לבחון את השפעות מחזורים של מים באיכויות שונות וגבס בנוכחות חומר אורגני על תהליכי המליחה ונתרון לאורך שנים ולהציע ממשקי השקיה וקרקע משופרים. **מהלך הניסוי, תוצאות ודיון:** בשדה, בקיבוץ בארי, נבדקו: ערבוב תירס מקוצץ בשכבת הקרקע העליונה, פיזור גבס על פני הקרקע בסתיו בשנת השקיה במים מליחים ויחס מספרי של שנות מים שפירים ומליחים לסירוגין על השינויים הרב שנתיים בקרקע ועל גידולי שדה. נמצא שמתקיים טיוב קרקע בנוכחות תירס קצוץ בשכבת החריש החל בחורף הראשון שנמשך גם בחורף השני. הטיוב הוריד את רמות הנתרן הספוח וה- SAR, הגביר את חידור המים ושטיפת המלחים, העלה את רטיבות הקרקע באביב, זרז התארכות הצמחים והעלה את יבול הכותנה בשנה הראשונה וחמניות - בעונה השניה. ההשפעה בגלל פירוק מהיר של תרכובות אורגניות קלות פירוק בתירס בהתחלה ובהמשך כנראה בגלל תוצרי שרשרת של פעילות מיקרוביאלית איטית יותר. טיוב הקרקע בנוכחות תירס היה טוב יותר מגבס. גם שנת השקיה במים שפירים טיבה את הקרקע. **מסקנות והמלצות.** התוצאות מאשרות את ההנחות. כימות ומבחן לאורך זמן דורשים המשך הניסוי לתקופה של 3 שנים נוספות, בהתאם לתוכנית. הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

מרץ 2004.

חתימת החוקר

רקע

ממשק המים המליחים-נתרניים בנגב המערבי כולל פיזור גבס על פני הקרקע לפני החורף כדי למנוע התקרמות הקרקע. קרום הקרקע מקטין את חידור הגשם והרטבת הקרקע ושטיפתה ממליחים, מקטין עומד צמחים, צימוח ויבול. התקרמות זו היא תוצאה של חשיפת קרקע עם אחוז נתרן ספוח גבוה מערך קריטי למי הגשם המזוקקים. כיוון שהגבס מתמוסס לאורך זמן רב במי הגשם נוכחותו על פני השטח היא לכל תקופת הגשמים ולפיכך חוזרת לקרקע תמיסת גבס המונעת התקרמות ברמות נתרן ספוח בתונות ויוני הסידן שבה מחליפים יוני נתרן ספוח בשכבה העליונה ומקטינים את רגישות הקרקע למי הגשם. הנתרן הנדחק מהתצמיד הסופח נע לעומק כתמיסת נתרן סולפט ודוחק סידן חליף בעומק הקרקע ששוקע כגבס. במהלך השנים עולות רמות הנתרן הספוח ומשקעי הגבס בעומק הקרקע. משקעי הגבס האלה וחלקיקי גבס שלא התמוססו ועורבבו בשכבות הקרקע עם העיבודים משמשים מקור מתמיד ליוני סידן וסולפט בפרופיל במהלך החורף ובעונת ההשקיה. עם התחלת השטיפה של הפרופיל נמשכת המסת הגבס שבקרקע, יורד ה SAR של תמיסת הקרקע, הנתרן הספוח מוחלף בסידן ונשאר מסיס יחד עם יוני הסולפט ושומר על מליחות קרקע גבוהה במיוחד בשנים שחונות. התהליכים של המסת הגבס והחלפתו בנתרן "משאבת הנתרן" גורמים לנזקי מליחות כששטיפת סולפט הנתרן לעומק על ידי הגשם לא מספקת גם כשמלחי הכלוריד נשטפו לרמה לא מזיקה. התהליך הזה יכל לתרום גם לעליית מליחות הקרקע בעונת ההשקיה. ניתן לצמצם את מנות הגבס או לוותר על גבס אם גיר הקרקע הפחות מסיס ימלא את מקומו. פירוק חומר אורגני בקרקע וגידול צמחים מעלים את ריכוזו דו תחמוצת הפחמן באוויר הקרקע מחמיצים את תמיסת הקרקע ומגבירים את המסת הגיר. גידול צמחים מוסיף גם הפרשות שרש חמוצות עם השפעה דומה. אם חלק ממי ההשקיה יהיו לא מליחים ובעלי יחס ספיחת נתרן (SAR) נמוך, יקטן עומס הנתרן הממוצע לאורך זמן ליחידת שטח ויוסף סידן לקרקע. בתנאים אלה יהיה יותר זמן להמסת הגיר ויהיה אפשר להקטין את מנות הגבס או לוותר על פיזור גבס להרבה שנים בקרקעות המכילות כמויות גדולות של גיר בתנאי של שינויים אגרוטכניים (למשל גימום).

מטרות המחקר.

1. ללמוד השפעות פיזור גבס על פני הקרקע, ערבוב חומר אורגני בשכבת החרש, וגידול צמחים על תרומת גיר הקרקע להורדת רמות הנתרן הספוח בקרקע.
2. לבחון השפעות שילוב מקורות מים, תוספת גבס וחומר אורגני על מהלכים רב שנתיים של נתרן הקרקע ועל התבונות העונתיות במליחות הקרקע.
3. להתאים ממשקי מים וטיפולים לקרקע בהתאם למחזורי הגידולים, תכונות הקרקע ואיכויות מקורות המים.

חומרים ושיטות.

המחקר בוצע בשדה בקבוץ בארי וניסויי אינקובציה במעבדה בבית דגן.

בקיבוץ בארי בשדה עם רמת מליחות בינונית וכמות קטנה של גבס שאריתי (טבלה 5) התחלנו ניסוי רב שנתי שבוחן השפעות לטוח ארוך על הקרקע והגידולים של הצנעת תירס קצוץ בסתיו, שילוב שנות מים שפירים ושנות מים מליחים ופיזור גבס בסתיו בשנת השקיה במים מליחים על פני השטח. בקרקע נבחנו ההשפעות לאורך זמן על נתרון הקרקע, מאזני הגבס והגיר בקרקע, שטיפת המליחים והדחת הנתרון בחורף ובקיץ. בגידולי הקיץ המושקים נלמדת ההשפעה של העברת ההשפעות בין שנים וההשפעה של המליחות המצטברת במהלך השנה על עומד הצמחים, גידולם ויבולם. התכנון הוא חלקות מפוצלות ב- 6 בלוקים כשטיפול ההשקיה הן חלקות ראשיות וטיפול הקרקע הן חלקות משניות (טבלה 1). שטח חלקת משנה הוא כ- 80 מ². סדר הגידולים היה חטה, כותנה וחמניות בשנים 2001, 2002 ו- 2003 בהתאמה. בסתיו 2001 נדגמה הקרקע לעומק 150 ס"מ ב- 6 נקודות בשדה לקביעת המליחות התחילית. בחלקות המתאימות פוזר ידנית תירס קצוץ בכמות של 10 טון לדונם (W 25% חומר יבש) והשדה נחרש לעומק 30 ס"מ. השדה נשאר חרוש עד לתחילת האביב ואז הוכנו ערוגות לזריעת כותנה. בחורף 2001 – 2002 ירדו 440 מ"מ גשם. באביב 2002 נדגמה הקרקע לעומק 120 ס"מ ב- 12 חלקות שהוגרלו בין כל החלקות עם וללא תוספת תירס קצוץ ב- 6 חזרות (טבלה 4). במדגמים אלה נקבעו תכולות הרטיבות ומדדי המליחות. באפריל נזרעה בשדה כותנה שהושקתה בטפטוף כל מרווח שני, דרך ציוד רע"ם (של נטפים) עם טפטפות של 2.3 ל"ש כל 75 ס"מ מונחות במרכזי ערוגות של 2 שורות (כל מרווח שני). 2/3 מהחלקות הושקו במי באר מליחים ו 1/3 מהחלקות הושקו במי שפד"ן. (הרכב המים נתון בטבלה 2 ומנות ההשקיה הכוללות נתונות בטבלה 3). בספטמבר 2002 נדגמה הקרקע לבדיקות מליחות בכל החלקות לעומק 120 ס"מ במרכז ערוגה במקום של שלוחות הטפטוף (L) ובמקום של אחת השורות (R) באותה ערוגה במרחק של כ- 50 ס"מ משלוחת הטפטוף (סה"כ 108 פרופילים – טבלה 4). בדצמבר 2002 נדגמה הקרקע לעומק 30 ס"מ ב- 5 טיפולים לבדיקת פליטת דו-תחמוצת הפחמן באינקובציה בטמפרטורה של 30°C במכלים סגורים בנוכחות NaOH. השטח הוכן לקראת חמניות באוקטובר על ידי משחת מערג, סימון ערוגות ופיזור גבס בכמות של 500 ק"ג/דונם במחצית מהחלקות שהושקו בשנת 2002 במים מליחים ולא הוצנע בהן תירס בשנת 2001 (טבלה 1). בחורף 2002 – 2003 ירדו 521 מ"מ גשם. באביב 2003 נדגמה הקרקע לעומק 120 ס"מ בכל החלקות בשני המרחקים משלוחות הטפטוף. בשלב זה היו במחקר 8 טיפולים (טבלה 4). במדגמים אלה נקבעו תכולות הרטיבות ומדדי המליחות. ב- 24 למרץ

טבלה 1. היסטורית הטיפולים בשדה הניסוי בבארי הבוחן השפעות תירס קצוץ וגבס לקרקע ושילוב שנות בעל או שנות השקיה במים מליחים על ניתרון הקרקע, שטיפת המלחים ויבולי כותנה וחמניות.

| טיפול | שנת 2001 | | | שנת 2002 | | | שנת 2003 | | |
|--------|----------|-----|-----------------|----------|-----------|-----------------|----------|-----------|-----------------|
| | גידול | מים | טיפול קרקע בסחי | גידול | מים | טיפול קרקע בסחי | גידול | מים | טיפול קרקע בסחי |
| tsc*** | חסה | בעל | תירס קצוץ* | כותנה | באר מלוחה | באר מלוחה | חמניות | באר מלוחה | באר מלוחה |
| sag | חסה | בעל | | כותנה | באר מלוחה | באר מלוחה | חמניות | באר מלוחה | באר מלוחה |
| ss | חסה | בעל | | כותנה | באר מלוחה | באר מלוחה | חמניות | באר מלוחה | באר מלוחה |
| sfc | חסה | בעל | תירס קצוץ* | כותנה | באר מלוחה | באר מלוחה | חמניות | שפד"ן | שפד"ן |
| sfg | חסה | בעל | | כותנה | באר מלוחה | באר מלוחה | חמניות | שפד"ן | שפד"ן |
| sf | חסה | בעל | | כותנה | באר מלוחה | באר מלוחה | חמניות | שפד"ן | שפד"ן |
| fsc | חסה | בעל | תירס קצוץ* | כותנה | שפד"ן | שפד"ן | חמניות | באר מלוחה | באר מלוחה |
| fs | חסה | בעל | | כותנה | שפד"ן | שפד"ן | חמניות | באר מלוחה | באר מלוחה |
| fs | חסה | בעל | | כותנה | שפד"ן | שפד"ן | חמניות | באר מלוחה | באר מלוחה |

* 10 טון/דונם, ** 500 ק"ג/דונם – לא ניתן ב-2003 – בגלל הפסקת המחקר. *** משמאל: איכות מי השקיה בשנים 02 ו-03 וטיפול נוסף לקרקע (תירס = c, גבס = g).

טבלה 2. הרכב מי ההשקיה בבארי בשנים 2002 ו-2003.

| מדד | מי באר מליחים | | מי שפד"ן | |
|---------------------------|---------------|-------|----------|-------|
| | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 |
| | ש.ת. | ממוצע | ש.ת. | ממוצע |
| PH | 7.67 | 0.25 | 7.36 | 0.23 |
| EC דצ"ס/מ | 4.39 | 0.16 | 1.62 | 0.24 |
| Cl מא"ק/ל | 26.9 | 4.95 | 7.24 | 0.26 |
| Na מא"ק/ל | 34.9 | 7.00 | 7.01 | 0.15 |
| CaMg מא"ק/ל | 6.98 | 0.38 | 6.94 | 0.20 |
| SAR (מא"ק/ל) ² | 18.7 | 3.81 | 3.77 | 0.07 |
| CO ₃ מא"ק/ל | 7.16 | 0.70 | 5.14 | 0.46 |
| SO ₄ מא"ק/ל | 4.36 | 1.41 | 0.33 | 0.16 |
| B ח.מ. | 2.47 | 0.53 | 0.34 | 0.05 |

טבלה 3. מנות המים הכוללות במ"מ ומליחות המים המשוקללת בהשקיה והמשוקללת הכללית (ds/m) – בהשקיה וגשם בטיפולים השונים לעונות 2002, 2003 בהן ירדו גשמים בשעור 440 ו-521 מ"מ, בהתאמה).

| טיפול | שנת 2002 | | | | שנת 2003 | | | | מסביר | |
|-------|----------|-------|----------------|----------|----------|-------|----------------|----------|----------------|----------|
| | מליחים | שפד"ן | מליחות משוקללת | כולל גשם | מליחים | שפד"ן | מליחות משוקללת | כולל גשם | מליחות משוקללת | כולל גשם |
| tsc | 467 | | 2.26 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 3.54 | 55 | 4.11 |
| sag | 467 | | 2.26 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 3.54 | 55 | 4.11 |
| ss | 467 | | 2.26 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 3.54 | 55 | 4.11 |
| sfc | 467 | | 2.26 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 3.54 | 55 | 4.11 |
| sfg | 467 | | 2.26 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 3.54 | 55 | 4.11 |
| sf | 467 | | 2.26 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 3.54 | 55 | 4.11 |
| fsc | 491 | | 0.88 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 3.54 | 55 | 4.11 |
| fs | 491 | | 0.88 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 3.54 | 55 | 4.11 |
| fs | 491 | | 0.88 | 174 | 55 | 3.54 | 1.08 | 3.54 | 55 | 4.11 |

נזרעו בשדה חמניות מזן "עומר" לריבוי, ב 2 שורות לערוגה ו- 7 זרעים למ' שורה. יום אחרי הזריעה ירדו 10 מ"מ גשם שיצרו קרום שפגע בבטיטה אותו רככו על ידי 2 השקיות של 15 מ"מ בהמטרה במי שפד"ן בימים 7 ו-15 אחרי הזריעה (יא'ז) וקלטור. ביום 34 אחרי הזריעה ירדו עוד 11 מ"מ גשם. השקיה בטפטוף ניתנה בימים 38 עד 82 אחרי הזריעה באותה מערכת ובאותה הצבה ששמשו להשקיית הכותנה. גם בשנת 2003 הושקו 2/3 מהחלקות במי באר מליחים כאשר 1/3 מהחלקות הושקו שנה שנייה

במים מליחים, 1/3 מהחלקות הושקו במים מליחים אחרי מי שפד"ן בשנת 2002 ו- 1/3 החלקות הנוספות הושקו במי שפד"ן אחרי מים מליחים בשנת 2002 (טבלה 1). בשתי ההשקיות האחרונות הושקו כל החלקות במי שפד"ן בכמות כוללת של כ- 25 עד 30 מ"מ בגלל תקלה באספקת המים המליחים. (הרכב המים נתון בטבלה 2 ומנות ההשקיה הכוללות בפועל נתונות בטבלה 3). הבקרה על ההשקיה נעשתה דרך הפיקוד המרכזי של קיבוץ בארי ומנות המים הן קריאות בשעון נפרד מהמערכת הראשית בראש השטח. בגמר ההשקיה ביולי - 2003 נדגמה הקרקע בכל החלקות לעומק 120 ס"מ במיקומים דומים לאלה של הדיגומים באביב. במדגמים אלה נבדקת המליחות.

בדיקות הכותנה כללו: ספירת צמחים ביום ה- 45 אחרי הזריעה. מדידות גובה 3 צמחים לחלקה 6 פעמים במהלך תקופת ההתארכות מ- 60 עד 117 יא"ז (ימים אחרי הזריעה). יכול הכותנה נקטף בקטפת מ- 2 שורות באורך 14 מ' בחלקה. בדיקות החמניות כללו: ספירת צמחים בשורה באורך 14 מ' לחלקה ב- 50 יא"ז; מדידות גובה 3 צמחים לחלקה ב- 50, 70 ו- 87 יא"ז; אורך וקוטר הגבעולים סמוך לפני הקרקע של 10 צמחים לחלקה ב- 87 יא"ז; קוטר הקרקפות של 10 צמחים לחלקה ב- 87 ו- 114 יא"ז. יכול החמניות נקטף מכל החלקה (80.6 מ'ר) בקומביין ב- 169 יא"ז. הגרעינים נשלחו למכון למיון וקביעת דרגת ניקיון. לפני הקטיפה נמדדו הקטעים ללא צמחים בכל חלקה והיבול חושב לשטח חלקה ברוטו ולשטח נושא צמחים נטו. ניתוחי תוצאות בדיקות הקרקע וספירות הצמחים עד הפעלת טיפולי ההשקיה בשנת 2003 נעשו לפי 5 טיפולים (טבלה 3). בדיקות צמח אחרות נותחו לפי 8 טיפולים (טבלה 4). המשך המחקר אחרי פיזור גבס בסתיו 2003 כלל את כל 9 הטיפולים.

טבלה 4. הטיפולים במועדי בדיקות הקרקע והצמח.

| בדיקות קרקע למליחות | | | | |
|---------------------|-------------------|--|------------------|---------------|
| מועד | מס. טיפולים לקרקע | טיפולים שאוחדו | פרופילים לחלקה | סה"כ פרופילים |
| סתיו 01 | מצב תחילי | | 1 | 6 |
| אביב 02 | 2 | (fsc + sfc + ssc), (fs + fs + sf + ssg + ss + ssg) | 1 | 12 |
| סתיו 02 | 4 | (fsc + sfc + ssc), (ssg + sf + ss + ssg), (fs + fs), fsc | 2 | 108 |
| אביב 03 | 5 | (fsc + sfc + ssc), (ssg + ssg), (sf + ss), fsc | 2 | 108 |
| סתיו 03 | 8 | (fs + fs), fsc, sf, ssg, sfc, ss, ssg, ssc | 2 | 108 |
| בדיקות נשימת קרקע | | | | |
| חורף 02 | 5 | fs, fsc, ss, ssg, ssc | 1 | 30 |
| בדיקות צמח | | | | |
| כותנה | 4 | (fsc + sfc + ssc), (ssg + sf + ss + ssg), (fs + fs), fsc | כל הנחורים | 54 חלקות |
| חמניות | 5 | (fsc + sfc + ssc), (ssg + ssg), (sf + ss), fsc | עד תחילת טפטוף | 54 חלקות |
| חמניות | 8 | (fs + fs), fsc, sf, ssg, sfc, ss, ssg, ssc | אחרי תחילת טפטוף | 54 חלקות |

תוצאות ודיון.

בדיקות הקרקע.

מליחות תמיסת מיצוי עיסה רוויה בקרקע בסתיו 2001 (אחרי חיטה) ולפני תחילת הטיפולים הייתה כ- 2 דצ"ס/מ בשכבות העליונות ועלתה עם העומק עד של 150 ס"מ לרמה של כ- 4 דצ"ס/מ. ה SAR היה בתחום 6 עד 10 (טבלה 5).

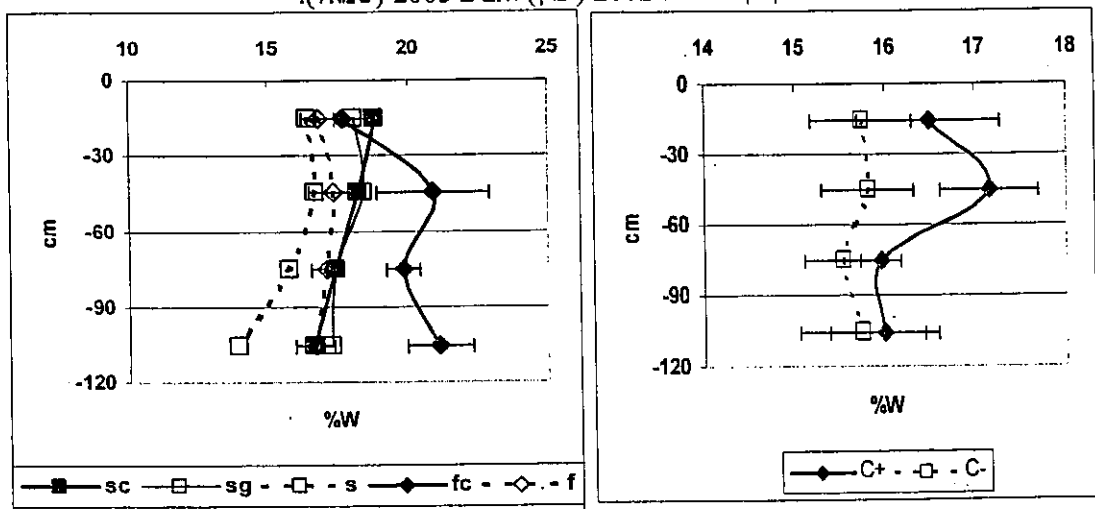
טבלה 5. נתוני מליחות הקרקע בסתיו 2001 (מצב לפני הטיפולים).

| SAR | | SO ₄ meq/l | | Ca+Mg meq/l | | Na meq/l | | CL meq/l | | EC dS/m | | עומק סמ' |
|------|-------|-----------------------|-------|-------------|-------|----------|-------|----------|-------|---------|-------|----------|
| ש.ח. | ממוצע | ש.ח. | ממוצע | ש.ח. | ממוצע | ש.ח. | ממוצע | ש.ח. | ממוצע | ש.ח. | ממוצע | |
| 0.65 | 7.13 | 0.79 | 5.63 | 1.35 | 6.41 | 2.45 | 12.92 | 3.58 | 11.28 | 0.41 | 2.07 | 0-30 |
| 0.97 | 10.10 | 0.82 | 7.39 | 2.44 | 8.69 | 4.51 | 20.83 | 6.87 | 19.93 | 0.81 | 3.16 | 30-60 |
| 0.87 | 10.60 | 0.68 | 7.54 | 2.62 | 8.45 | 4.73 | 21.25 | 7.22 | 20.20 | 0.84 | 3.23 | 60-90 |
| 0.86 | 8.39 | 1.77 | 13.88 | 2.89 | 16.23 | 1.88 | 23.00 | 4.93 | 23.48 | 0.47 | 3.86 | 90-120 |
| 0.64 | 7.26 | 2.83 | 13.81 | 2.13 | 21.52 | 1.75 | 23.33 | 3.60 | 29.00 | 0.29 | 4.24 | 120-150 |

רטיבות באביב

באביב 2002, אחרי גשמי חורף של 440 מ"מ, היו הרטיבויות בחלקות בהן הוצנע תירס מקוצץ בסתיו 2001 גבוהות ב- כ- 1.5 % לפי משקל, עד לעומק של 60 ס"מ וכ- 0.4% לפי משקל בעומק 60 עד 120 ס"מ בהשוואה לחלקות ללא תירס (איור 1 ימין, טבלה 6). ההבדלים בין הערכים היו מובהקים בממוצע לכל הפרופיל ולשכבות העליונות. באביב 2003, אחרי גשם בשיעור של 500 מ"מ, היו רטיבויות הקרקע בסדר הבא: מים מליחים ללא טיפול > מי שפד"ן ללא טיפול > מים מליחים עם טיפול תירס בסתיו 2001 = מים מליחים עם טיפול גבס בסתיו 2002 > מי שפד"ן עם טיפול תירס בסתיו 2001 (איור 1 שמאל). בממוצע לכל הפרופיל, טיפול תירס בסתיו 2001 העלה את הרטיבות המשקלית בקרקע באביב 2002 ב- 0.9% ובאביב 2003 ב- 2.0% או ב- 3.0% בחלקות מים מליחים או מי שפד"ן, בהתאמה. גם גבס בסתיו 2002 העלה את הרטיבות המשקלית באביב 2003 ב- 2% בחלקות שהושקו במים מליחים. השקיה במי שפד"ן בקיץ 2002 העלתה את הרטיבות המשקלית בעוד 1.5% עד 2% בחלקות בלי ועם תירס (טבלה 6). בנוכחות תירס, תוספת המים השירית מהגשם בקרקע באביב 2002 הייתה 20 מ"מ, בעיקר עד לעומק 60 ס"מ, ובאביב - 2003 תוספת זו מגיעה ל- 30 מ"מ. בחלקות שהושקו במים שפירים לפני החורף תוספת המים השירית בקרקע גדלה ב- 20 מ"מ. לכמויות מים כאלה יש השפעה חזקה על התפתחות הצמחים באביב עד להשקיה הראשונה וגם לאחר מכן.

איור 1. השפעת התוספת לקרקע של תירס בסתיו 2001 או גבס בסתיו 2002 ואיכות מי ההשקיה בקיץ 2002 על רטיבות פרופיל הקרקע באביב 2002 (ימין) ואביב 2003 (שמאל).



התירס שהוצנע בסתיו 2001 העלה את רטיבות הקרקע השיורית לפחות בשני אביבים עוקבים על ידי הגדלת חידור הגשם והתארכות זמן ההתנקזות של כמות מים גדולה יותר. בחורף 2001 - 2002 היו בקרקע בשכבת החריש חתיכות תירס גדולות שהשפיעו על חידור המים עקב חיפוי חלקי של פני השטח והורדת רמת הנתרן בקרקע על ידי הגברת התמוססות גיר הקרקע. התמוססות הגיר הואצה עם עליית ריכוז דו-תחמוצת הפחמן באוויר הקרקע עקב התפרקות החומר האורגני (טבלה 10). בסיכום, העלייה ברטיבות הקרקע בנוכחות תירס באביב 2002 הייתה גדולה עד לעומק 60 ס"מ ונמשכה גם בשנת 2003 עד לעומק 120 ס"מ. השפעת הגבס שפוזר בסתיו 2002 נבחנה באביב 2003 הגבס העלה את רטיבות

טבלה 6. אחוז רטיבות משקלי ממוצע בפרופיל הקרקע באביב 2002 בהשפעת טיפול תירס בסתיו 2001 ובאביב 2003 בהשפעת הטיפולים: תירס בסתיו 2001, איכות מי ההשקיה בקיץ 2002 וגבס בסתיו 2002 (נתונים ממוצעים של 6 חזרות).

| תירס ב 2001 | W% אביב 2002 | גבס ב 2002 | מים ב 2002 | W% באביב 2003 |
|-------------|--------------|------------|------------|---------------|
| + | 19.6a* | - | מליחים | 17.8a** |
| - | | + | מליחים | 17.8a |
| - | 18.7b | - | מליחים | 15.7b |
| + | | - | שפד"ן | 19.9a |
| - | | - | שפד"ן | 17.0b |

הקרקע בגלל העלאת יכולת החידור של קרום הקרקע. העלייה ברטיבות הקרקע בחלקות שהושקו במי שפד"ן עם טיפול תירס הייתה אף גדולה יותר בהשוואה לחלקות שהושקו במים מליחים. השקיה במים שפירים העלתה את תכולת הרטיבות באביב גם בהעדר תירס השקיה במי שפד"ן בכמות קטנה יחסית של 480 מ"מ בקיץ 2002 הספיקה כדי לטייב את הקרקע ללא טיפול אחר ולדוסיף לטיוב בחלקות התירס..

המליחות ורמת ה - SAR של המיסת הקרקע.

המעקב אחרי השפעות הטיפולים על מליחות הקרקע מחולק לשלושה מועדים. מועד ראשון הוא אחרי שטיפה ב 440 מ"מ גשם בחורף 2001 - 2002 אחרי הצנעת תירס מקוצץ בסתיו 2001 מדגמי הקרקע נלקחו ממרכזי הערוגות שהוכנו בחורף לקראת כותנה. מועד שני הוא אחרי שחלו תהליכי המלחה וטיוב בחקופת השקיית כותנה בקיץ 2002 ב 467 מ"מ מי באר מליחים או 491 מ"מ מי שפד"ן. בגלל השונות בהרטבה במערכת טפטוף עם שלוחות במרחק 1.96 מ', באמצע כל מרווח שני, וטפטפות כל 75 ס"מ לאורך השלוחות הקרקע נדגמה סמוך לקו הטפטוף (L), במקום בו כמויות המים מרביות ועיקר התנועה שלהם אנכית וברטיבויות גבוהות, ובשורה (R) שהוא בערך מקום חזית ההרטבה אליה נעים המים עם מרכיב אופקי חזק יותר וברטיבויות נמוכות יותר. מועד שלישי הוא לאחר שטיפה ב 521 מ"מ גשם בחורף 2002 - 2003. לפני חורף זה פוזר גבס בשעור של 500 ק"ג לדונם על פני השטח במחצית

החלקות שהושקו במים מליחים בקיץ 2002 ולא הוצנע בהן תירס. גם במועד זה נדגמה הקרקע ליד השלוחה ובשורת הצמחים.

- ערכי ה-EC וה- SAR בפרופילי הקרקע בכל המועדים מובאים בטבלאות 7-9 ובאיורים 2 ו-3. בהנחה שתהליכי שקיעה והתמוססות של אלקטרוליטים אינה קיימת במערכת, והשפעת חילוף הקטיונים על ה- SAR ניתנת להזנחה, מתקיימת המשוואה הבאה:

$$SAR_b = SAR_a (EC_b/EC_a)^{-1/2} \quad (1)$$

(מועד א = a, מועד ב = b)

ערכי ה-EC וה- SAR בפרופילי הקרקע בהעדר ובנוכחות תירס בקרקע נקבעו באפריל 2002 אחרי 440 מ"מ גשם בחורף (טבלה 7, איורים 2, 3). בחלקות עם תירס הייתה המליחות נמוכה וכמעט אחידה עד עומק 120 ס"מ. בחלקות בלי תירס הייתה המליחות נמוכה באותה מידה רק בשכבה 0-30 ועלתה עם העומק. פרופילי ה- SAR בחלקות עם וללא תירס כמעט מקבילים. הערכים עולים עם העומק, מהר בהתחלה, ומגיעים למכסימום בעומק 60-90 ס"מ. ערכי ה- SAR בחלקות עם תירס היו נמוכים ב-3.1 עד 4.2 יחידות בכל העומקים.

טבלה 7. השפעת הצנעת תירס בסתיו 2001 על פרופילי ה-EC וה- SAR באפריל 2002 אחרי 440 מ"מ גשם (השוואה סטטיסטית נעשתה בנפרד בכל שכבה ב-6 חזרות).

| עם תירס (C) | | בלי תירס | | עומק ס"מ |
|--------------|---------|--------------|----------|-------------|
| EC דצ"ס/מ | SAR | EC דצ"ס/מ | SAR | |
| 0-30 | 5.29b* | 1.41 | 9.50a* | 0-30 |
| 30-60 | 8.99b* | 2.32 | 12.05a* | 30-60 |
| 60-90 | 9.99b* | 2.90 a* | 13.67a* | 60-90 |
| 90-120 | 7.89b* | 4.37 a** | 12.14a* | 90-120 |
| 0-120 | 8.04b** | 2.75 a** | 11.84a** | 0-120 |

*, ** רמת מובהקות של 5% או 10% בתוך שכבה או בממוצע לפרופיל.

בספטמבר 2002, סוף תקופת השקיית הכותנה במים משתי איכויות, מושוים ערכי ה-EC, ה- SAR וה- ESP לפי 3 גורמים: הצנעת תירס בסתיו 01, איכות המים בקיץ 02 ומקום הדיגום ביחס לשלוחת הטפטוף (סה"כ 8 פרופילים בטבלה 8, ובאיורים 2, 3). הבדלי ה-EC בין הטיפולים היו מובהקים עד לעומק 90 ס"מ. ברוב המקרים מלחות הקרקע בשכבה העליונה הייתה גבוהה יותר בנוכחות תירס בהשוואה לאלה בהעדרו. לעומת זאת בעומק הפרופיל התמונה הפוכה בשכבות העליונות המליחות גבוהה ביותר בטיפולי מים מליחים עם תירס בשורה (csr) ונמוכה ביותר עם מי שפד"ן ליד השלוחה (fl). הבדלים בגלל איכות המים גדולים ביותר סמוך לשלוחות בחלקות ללא תירס (fl לעומת sl) וקטנים ביותר סמוך לשלוחות בחלקות עם תירס (cfl לעומת csl). המליחות בפרופיל עולה עם העומק בטיפול מים שפירים ללא תירס ליד השלוחה (fl), בעוד שהיא כמעט אחידה בטיפולי מים שפירים עם תירס ליד השלוחה (cfl)

וללא תירס בשורה (fr). בטיפול המים המליחים ליד השלוחה (sl ו- csl) ובטיפול מי שפד"ן עם תירס בשורה (cfr) מכסימום המלחות הופיע בעומק 30-60 והמינימום - בעומק 90-120. הבדלים בערכי ה- SAR וה- ESP בין הטיפולים השונים מובהקים רק עד לעומק 60 סמ' (טבלה 8). בנוכחות תירס הערכים במים מליחים נמוכים יותר גם ליד השלוחה (csl לעומת sl) וגם בשורה (cfr לעומת sr) ובמי שפד"ן הערכים נמוכים יותר בשורה (cfr לעומת fr) וגבוהים יותר ליד השלוחה (cfl לעומת fl). בכל ההשוואות הערכים גבוהים יותר במים מליחים מאשר במי שפד"ן. הערכים גבוהים ביותר בפרופיל מים מליחים ללא תירס ליד השלוחה (sl). ערכי SAR נמוכים ביותר בפרופיל שהושקה במי שפד"ן ללא תירס ליד השלוחה (fl) וערכי ESP נמוכים ביותר בפרופיל הקרקע שהושקה במי שפד"ן עם תירס ליד השלוחה (cfl). ההבדלים ב- SAR, EC ו- ESP בין הטיפולים השונים פוחתים עם העומק. לתירס הייתה השפעה משמעותית יחסית על המדדים הנ"ל באביב 2002. רוב תנועת המים והצריכה שלהם מתרחשת בשכבות העליונות ובין השלוחה לשורה. בחלקות בהן הוצנע תירס, צמחי הכותנה היו גדולים יותר מאשר בחלקות ללא תירס (טבלה 11) וסביר שקלטו יותר מים. קליטה מוגברת של מים גוררת גם שינויים בהתפלגות המלחים במרחב. התירס שמעלה את הלחץ החלקי של דו תחמוצת הפחמן מגביר המסת מלחי סידן ומרחיק את הנתרן הספוח מהקרקע לכיוון שולי הנפח המורטב.

טבלה 8. ערכי SAR, EC ו- ESP בקרקע בסוף עונת השקיית הכותנה כתלות בנוכחות תירס, איכות מי השקיה ומקום הדיגום.

| עומק | (L) מרכז ערוזה | | | | (R) שורה | | | | מובהק |
|---------|----------------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|--------|-------|
| | cf | cs | f | s | cf | cs | f | s | |
| EC dS/m | | | | | | | | | |
| 0-30 | 1.69cd | 2.99bcd | 0.96d | 3.70abc | 3.24bcd | 5.65a | 2.38bcd | 4.40ab | ** |
| 30-60 | 1.68d | 3.78abc | 1.43d | 4.04ab | 2.03cd | 4.51a | 2.16bcd | 3.97ab | ** |
| 60-90 | 1.53b | 3.07ab | 2.08ab | 3.45a | 1.60b | 3.39a | 2.43ab | 3.69a | ** |
| 90-120 | 1.83 | 2.37 | 2.60 | 3.38 | 2.24 | 2.96 | 2.98 | 3.72 | ns |
| 0-120 | 1.68d | 3.04abcd | 1.77d | 3.65abc | 2.28cd | 4.13a | 2.48bcd | 3.94ab | ** |
| SAR | | | | | | | | | |
| 0-30 | 4.5de | 13.4abc | 3.9e | 16.2a | 8.1cde | 10.2bc | 9.7bcd | 14.7ab | ** |
| 30-60 | 9.7ab | 15.6ab | 9.1b | 16.6a | 11.9ab | 14.3ab | 14.8ab | 17.1a | ** |
| 60-90 | 12.0 | 11.4 | 13.0 | 13.8 | 11.4 | 12.5 | 14.7 | 14.7 | ns |
| 90-120 | 10.9 | 10.3 | 10.1 | 13.5 | 11.1 | 13.4 | 9.2 | 12.1 | ns |
| 0-120 | 9.3b | 13.1ab | 8.6b | 15.2a | 10.6ab | 12.9ab | 11.5ab | 14.6a | ** |
| ESP | | | | | | | | | |
| 0-30 | 3.3d | 12.9ab | 5.2cd | 14.5a | 3.7d | 5.4cd | 8.8bc | 11.2ab | ** |
| 30-60 | 8.1 | 13.8 | 7.5 | 14.7 | 9.7 | 10.1 | 15.1 | 13.8 | * |
| 60-90 | 13.5 | 12.2 | 13.6 | 13.1 | 12.5 | 12.4 | 13.6 | 12.8 | ns |
| 90-120 | 11.4 | 11.4 | 10.7 | 14.5 | 11.2 | 14.3 | 9.6 | 12.7 | ns |
| 0-120 | | | | | | | | | |

* עם תירס ומים שפירים - cf, עם תירס ומים מליחים - cs, בלי תירס ומים שפירים - f, בלי תירס ומים מליחים - s.

טבלה 9. ערכי EC ו-SAR בקרקע באביב 2003 כתלות בנוכחות תירס, גבס, איכות מי השקיה ומקום הדיגום.

| עומק | (L) מרכז ערוגה | | | | | (R) שורה | | | | | מובהק |
|--------|----------------|--------|--------|---------|--------|----------|--------|--------|-------|--------|-------|
| | cf | cs | f | s | gs | cf | cs | f | s | gs | |
| | EC dS/m | | | | | | | | | | |
| 0-30 | 1.0bd | 1.1bcd | 1.0d | 1.5abcd | 1.8ab | 0.9d | 1.1cd | 1.1bcd | 2.1a | 1.7abc | ** |
| 30-60 | 1.4b | 1.5b | 1.7b | 3.5a | 2.1ab | 0.9b | 1.8ab | 2.0ab | 3.5a | 2.5ab | ** |
| 60-90 | 2.2abc | 1.9c | 2.7abc | 4.8a | 3.1abc | 1.4c | 1.9c | 2.6abc | 4.6ab | 3.3abc | ** |
| 90-120 | 2.1c | 2.2c | 4.0abc | 5.6a | 4.0abc | 1.9c | 2.1c | 3.4abc | 4.8ab | 4.0abc | ** |
| 0-120 | 1.7c | 1.7c | 2.3abc | 3.8a | 2.8abc | 1.3c | 1.7c | 2.3bc | 3.8ab | 2.9abb | ** |
| | SAR | | | | | | | | | | |
| 0-30 | 2.6cd | 3.9cd | 4.7cd | 7.8ab | 5.4bcd | 2.2d | 3.8cd | 5.0cd | 9.1a | 6.6abc | ** |
| 30-60 | 5.4bc | 6.1bc | 8.7abc | 11.1a | 9.3abc | 4.4c | 7.9abc | 9.5ab | 11.2a | 10.4a | ** |
| 60-90 | 9.2 | 8.8 | 10.9 | 11.7 | 9.9 | 8.6 | 9.7 | 9.7 | 11.8 | 10.6 | ns |
| 90-120 | 9.6 | 9.4 | 9.5 | 10.6 | 9.1 | 7.6 | 8.1 | 8.5 | 10.4 | 10.1 | ns |
| 0-120 | 6.7c | 7.1c | 8.5abc | 10.3ab | 8.4abc | 5.7c | 7.4c | 8.1abc | 10.6a | 9.5abc | ** |

עם תירס ומים שפירים – cf, עם תירס ומים מליחים – cs, בלי תירס ומים שפירים – f, בלי תירס ומים מליחים – s, עם מים מליחים וגבס – gs.

במרץ 2003, אחרי 500 מ' גשם, נבחנה השפעת הטיפולים הצנעת תירס בסתיו 01, איכות המים בקיץ 02, פיזור גבס בסתיו 2002 ומרחק הדיגום משלוחת הטפטוף על ערכי ה-EC וה- SAR בתמיסת הקרקע (10 פרופילים בטבלה 9 ובאיורים 2 ו-3). ההבדלים ב-EC בין הפרופילים השונים היו מובהקים עד לעומק 120 ס'מ ולגבי ה- SAR היו מובהקים רק עד עומק 60 ס'מ. המליחות וה- SAR עולים עם העומק בכל הטיפולים. השפעת מיקום הדיגום היתה קטנה. נוכחות תירס הקטינה את ה-EC ו-SAR. גבס הוריד את ה-EC וה- SAR בכל הפרופיל, אבל השפעתו היתה פחותה מהשפעת התירס. בסוף חורף 02-03 ה-EC וה- SAR בטיפולים השונים פחתו לפי הסדר הבא: מי שפזן בקיץ 02 + תירס בסתיו 01 = מים מליחים בקיץ 02 + תירס בסתיו 01 > מי שפזן בקיץ 02 ללא מטייב > מים מליחים בקיץ 02 + גבס בסתיו 02 > מים מליחים בקיץ 02 ללא מטייב (cf = cs > f > sg > s). בניסוי מורכב זה, כשהטיפולים בתקופות קודמות קובעים את המצב ההתחלתי של כל תקופה, יש לדון בהשתנות לאורך זמן. באיורים 2 ו-3 מובאים ערכי ה-EC וה- SAR ביחד לכל מועדי הדיגום לפי שכבות הקרקע. באיור 4 מובאים הפרשים בשינויי ערכי ה- SAR מהנתונים המדודים והמחושבים ממשוואה (1).

ב-EC רואים הבדלים בין טיפולים בכל השכבות ובכל המועדים. בחורף 02 – 03 נשטפו המליחים בפרופילי הקרקע בהם הוצנע תירס עד לעומק של 120 ס'מ. באביב 2003 היו פרופילי קרקע אלה שטופים לרמת מליחים נמוכה לכל העומק שנבדק (120 ס'מ). בפרופילים האחרים הייתה רק השכבה 0-30 שטופה לאותה רמה נמוכה ועם העומק פחתה השטיפה. לשכבה 90-120 ס'מ מתווספים מליחים משכבות עליונות (טבלאות 7 לאביב 02 ו-5 לסתיו 01, איור 2). ללא טיפול שהגביר את חידור המים שטיפת המליחים היתה מוגבלת למרות החורף הגשום יותר (440 לעומת הממוצע 370 מ'מ). ההשקיה בקיץ 02 המליחה את חלק הפרופיל העליון בכל הטיפולים, כולל טיפולי מי שפזן פרט לטיפול f

שנשטף מעט (טבלאות 8 לסתיו 02 ו- 7 לאביב 02, איור 2). עם הגידול בעומק גדל מספר הטיפולים בהם הקרקע נשטפה ע"י מי ההשקיה והמלחת הקרקע בטיפולים האחרים פחתה עד שבעומק 90-120 כל הטיפולים שלא הוצנע בהם תירס נשטפו.

הצנעת תירס הגבירה את ההמלחה בשכבות העליונות של הקרקע בעונת ההשקיה כיוון שעודדה צימוד וצריכת מים. לעומת זאת, לתירס הייתה השפעה חיובית משמעותית על שטיפת המלחים במהלך החורף השני 2002-2003. בכל פרופילי הקרקע עם תירס נשטפו המלחים מכל השכבות לרמה נמוכה כמעט ללא קשר לרמת המליחות בסתיו. לעומת זאת, בהעדר תירס השטיפה היתה פחותה כבר בעומק 0-30 ס"מ וההפרש בשטיפה גדל עם העומק. ומעומק גדול מ- 60 ס"מ ברב החלקות ללא תירס המלחות עלתה. גבס שהוסף בסתיו 02 לחלקות בהן לא הוצנע תירס, הגביר את השטיפה בחורף (לעומת חלקות ללא טיפול). מלחות הקרקע באביב בנוכחות גבס היתה גבוהה יותר בהשוואה לקרקע בנוכחות תירס גם כאשר המליחיות בסתיו היו דומות.

הבדלים ניכרים הובחנו ב - SAR בין הטיפולים השונים עד לעומק 60 ס"מ בכל המועדים. באביב 02 ערכי ה - SAR היו נמוכים בחלקות בהן הוצנע תירס בסתיו. בניגוד לירידה בערכי ה - EC בחורף ללא תלות בטיפול, ערכי ה - SAR עלו בחלקות בלי תירס (טבלאות 7 ו- 5, איור 3). השקיה בקיץ 02 הפחיתה את ערכי ה - SAR בשכבה 0-30 בטיפול מי השפד"ן ליד השלוחה (fl - 1) והעלתה אותם בטיפול מי שפד"ן בשורת הצמחים ובכל טיפולי המים המליחים. בשכבה 30-60 ערכי ה - SAR בקרקע ללא תירס לא השתנו בטיפול מי שפד"ן בשורת הצמחים (fl) ועלו בשאר הטיפולים. גשמי חורף 02-03 הורידו את ערכי ה - SAR בכל הטיפולים. גבס שפוזר בסתיו 02 הוריד את ה - SAR בכל העומקים. אבל, הערכים עדיין היו גבוהים בהשוואה לטיפול המים המליחים לאחר הצנעת התירס.

ההבדלים ב - SAR יכולים להיות תוצאה של שינוי בריכוז הכללי של המלחים ושל שינוי ביחסי היונים בתמיסה. באיור 4 מובאים הפרשים בשינויי ערכי ה - SAR מהנתונים המדודים והמחושבים ממשוואה (1) וההפרשים בין ערכים אלה וההפרשים המדודים בקיץ 2002 ובחורף 2002-2003. ערכים חיוביים של ההפרש הם תוצאה של הגדלת היחס נתרן/סידן = נתרן וערכים שליליים הם תוצאה של הקטנת היחס נתרן/סידן = טיוב.

התוצאות מעידות שהשנוי ב-SAR בקיץ היה קטן יותר בערכים מוחלטים מאשר הירידה ב SAR במהלך החורף. השקיה במי שפד"ן גרמה לטיוב הקרקע גם בהעדר תירס מוצנע. הירידה ב-SAR היתה עקב התמוססות גיר הקרקע. רמת הנתרן בקרקע היתה גבוהה יותר בהשקיה במים מליחים עם תירס על יד השלוחה ונמוכה יותר בשורה. גשמי החורף 02 - 03 טייבו את רוב פרופילי הקרקע בכל העומקים. הטיוב רב יותר בפרופילים שהיו בעלי SAR גבוה יותר בסתיו. טיפול גבס בסתיו 02-03 טייב את הקרקע, מעבר לטיוב עקב שטיפה עד לעומק 60 ס"מ. הטיוב בחורף מעיד על המסה של מלחי סידן בקרקע.

יצור פחמן דו-חמצני בקרקע.

בדיקות פליטת פחמן דו-חמצני נעשו בקרקע משכבה 0 - 30 סמ' שנדגמה בדצמבר 02, 13 חודשים אחרי הצנעת התירס בשדה. הבדיקות הראו שבאינקובציה של קרקע רטובה בטמ' של 30° משך 24 שעות, פליטת פחמן דו-חמצני בחלקות בהן הוצנע תירס הייתה גבוהה יותר ב - 46% מאשר בחלקות ללא תירס ובחלקות שטופלו בגבס (טבלה 7). ההבדל הזה מראה שלתירס פוטנציאל טיוב גם בחורף השני, זמן רב אחרי פרוק הסוכרים קלי הפרוק. חשוב מאד לדעת כמה זמן עוד יכול התירס לשמר פוטנציאל טיוב כדי להעריך את ישימות הטיפול ואת כמויות החומר הצמחי שצריך להצניע.

הגובות הצמחים.

מספר צמחים.

באביב 2002 נספרו צמחי הכותנה ביום ה- 45 אחרי הזריעה (יא'ז). בשלב זה של הניסוי כשהופעל רק טיפול הצנעת תירס בסתיו 2001 היו יותר צמחים בחלקות בהן הוצנע תירס (טבלה 10). מכיוון שהמוליכויות החשמליות של תמיסת הקרקע בשכבות העליונות היו נמוכות בחלקות עם וללא תירס (טבלה 7) וזהות בשכבה 0-30 סמ' (1.4 דצ/מ) ההבדלים במספר לא בגלל המליחויות אלא, כנראה בגלל הבדלים ברטיבות הקרקע (טבלה 6) ובחזק הקרום (הסבר להשפעת התירס על חזק קרום הקרקע בעמ' 9). שני העומדים בתחום הגבוה של מספר הצמחים הרצוי בשטח וצריכים לאפשר יכול גבוה. טבלה 9. השפעת הטמנת תירס קצוץ בסתיו 2001, איכות מן השקיה בקיץ 2002 ופיזור גבס בסתיו 2002 על יצור פחמן דו-חמצני בקרקע בחורף 2002-2003 (קרקע בארי, דיגום דצמבר 2002 מעורב למיקום שלוחת טפטוף ושורה, לעומק 30 סמ', 6 חזרות).

| טיפול | שעור פליטת דו חמצנות הפחמן מג/קג/יום | שעור פליטת דו חמצנות הפחמן לפי גורם ראשי, מג/קג/יום |
|-----------------------|---|--|
| תירס ומים מליחים (cs) | 49.7a | תירס 48.2a |
| מים מליחים וגבס (gs) | 31.2b | גבס 33.2b |
| מים מליחים (s) | 33.4ab | מי שפד"ן 40.9 |
| תירס ומי שפד"ן (cf) | 46.2ab | מים מליחים 40.5 |
| מי שפד"ן (f) | 35.2ab | |

באביב 2003 גודלו חמניות אחרי הפעלה של 5 הטיפולים הצנעת תירס, 2 איכויות מים ופיזור גבס. ב - 50 יא'ז לא נמצאו הבדלים במספר הצמחים בין טיפולי הקרקע ובכל הטיפולים היה עומד נמוך בגלל קרחת והצצה לא אחידה בין הקרחת (טבלה 10). יום אחד אחרי הזריעה ב - 24 במרץ ירדו 10 מ"מ גשם שיצרו קרום שעקב את הנביטה. שתי השקיות קלות להרטבת הקרום וקלטור לשבירתו הצליחו רק

חלקית. הקלטור גם פגע בקטעים בשורות. התוצאה % נביטה נמוך וקרחות בשטח (הוכנס תיקון לשטח הקרחות בהערכת היבול).

טבלה 10. השפעות: הצנעת תירס בסתיו 2001, 440 מ"מ גשם בחורף 2001–2002, השקיה ב - 467 מ"מ מים מליחים או 491 מ"מ מי שפדן בעונת ההשקיה 2002 ופיזור גבס בסתיו 2002 על מספר צמחי הכותנה ב - 45 יא"ז באביב 2002 ומספר צמחי החמניות ב - 50 יא"ז באביב 2003.

| טיפול קרקע לפני כותנה | צמחי כותנה למטר ב - 2002 | טיפול קרקע לפני חמניות | | צמחי חמניות למטר ב 2003 |
|-----------------------|-----------------------------|------------------------|------------|----------------------------|
| | | איכות מים ב 2002 | גבס ב 2002 | |
| תירס ב 2001 | | | | |
| + | 13.6 | מ | - | 3.07 |
| - | 9.7 | מ | + | 3.03 |
| - | | מ | - | 3.15 |
| + | | ש | + | 2.89 |
| - | | ש | - | 3.39 |
| מובהק | ** | | | ns |

צימוח ווגטטיבי.

לפני השקיה הראשונה הופעל בניסוי הכותנה רק טיפול הצנעת תירס וממנה והלאה הופעלו 2 טיפולי איכות מים והיו לכן 4 טיפולים. כבר ב - 60 יא"ז, מועד ההשקיה הראשונה (הבצל), היו צמחי הכותנה בחלקות עם תירס גבוהים יותר באופן מובהק (טבלה 11). הבדלים אלה לפני טיפולי איכות המים כנראה

טבלה 11. השפעת הצנעת 10 טון/דונם תירס קצוץ בסתיו 2001 ואיכות מי ההשקיה בעונת 2002 על התארכות צמחי כותנה פומה בעונת 2002.

| טיפול לפני ובזמן גידול הכותנה | גובה צמחי בס"מ | | | | | |
|-------------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | 60 י.א.ז. | 67 י.א.ז. | 78 י.א.ז. | 87 י.א.ז. | 94 י.א.ז. | 107 י.א.ז. |
| תירס בסתיו + מי שפד"ן | 41.7a | 57.8a | 83.2a | 104.2a | 121.5a | 146.5a |
| תירס בסתיו + מי באר מלוחה | 39.8a | 55.3a | 79.4a | 105.4a | 122.3a | 147.7a |
| ללא תירס בסתיו + מי שפד"ן | 33.7b | 46.4b | 69.8b | 96.3b | 113.1b | 135.7b |
| ללא תירס בסתיו + מי באר מלוחה | 30.3b | 44.7b | 67.5b | 90.2b | 104.7b | 129.3b |

ימים אחרי זריעה.

בגלל הרטיבות השיורית הגבוהה יותר מחורף 2001-2002 בגלל טיפול התירס בסתיו ו (טבלה 6). ההבדלים במליחות הקרקע בין חלקות עם וללא תירס עד ל-עומק 90 סמ' היו קטנים ובתחום שכונתה עמידה לו ולא היו צריכים להשפיע (טבלה 7). במהלך תקופת ההשקיה ההבדלים בגובה הצמחים בגלל טיפולי התירס גדלו קצת.. בחלקות שטופלו בתירס איכות המים לא השפיעה על התארכות הצמחים. ובחלקות שלא טופלו בתירס התארכות במי שפד"ן הייתה קצת יותר מהירה מאשר במים מליחים וההבדל גדל במקצת (לא מובהק) לקראת סוף העונה. עד לזריעת החמניות הופעלו על הקרקע 5 הטיפולים הצנעת תירס בסתיו 01, איכות מים בקיץ 02 ופיזור גבס בסתיו 02 ועם הפעלת טיפולי השקיה בקיץ 03 גדל מספר הטיפולים ל - 8. גובה צמחי החמניות נמדד 3 פעמים במהלך הגידול (טבלה 12). ב 50 יאח"ז, כשעדיין אין השפעה של טיפולי ההשקיה והרטיבות השיורית מהחורף ומליחות הקרקע התחילית קבעו היו הצמחים ארוכים ביותר בחלקות

טבלה 12. גובה הצמחים, קוטר הגבעולים ליד הבסיס וקוטר הקרקפות במועדים (יא"ז) שונים (גובה של 3 צמחים וקוטר גבעולים וקרקפות של 10 צמחים לחלקה).

| טיפול | גובה צמח | | | קוטר גבעול | קוטר קרקפת | |
|-------|----------|-----------|---------|------------|------------|----------|
| | 50 יא"ז | 70 יא"ז | 87 יא"ז | | 87 יא"ז | 114 יא"ז |
| ssc* | 72.8אב** | 137.0אב** | 140.8ג | 29.2בג** | 22.0אב** | 25.0בג** |
| ssg | 64.3בג | 133.8אב** | 138.8ג | 28.6ג | 22.7אב | 24.7בג |
| ss | 66.4בג | 125.2ג | 131.7ד | 27.7ג | 21.6בג | 23.2ד |
| sfc | 78.4א | 146.8א | 150.5אב | 31.4אב | 23.5אב | 26.5אב |
| sfg | 66.6בג | 143.2אב | 141.9בג | 30.0בג | 23.3אב | 27.4א |
| sf | 58.9ג | 127.1ג | 143.6בג | 30.1בג | 23.3אב | 24.8בג |
| fsc | 78.3א | 147.3א | 154.4א | 32.8א | 23.9א | 25.4בג |
| fs | 58.9ג | 133.7בג | 140.3ג | 29.0ג | 21.6ג | 24.8ג |

* משמאל לימין איכות מים בשנים 02 ו - 03 וטיפול נוסף לקרקע.

שהוצנע בהן תירס בסתיו 01 ואח"כ הושקו במי שפד"ן בקיץ 02. היתרון של הצנעת תירס בולט גם כשההשקיה בקיץ הקודם הייתה במים מליחים. בתאריך זה לא היה יתרון מובהק לטיפול הגבס על חוסר טיפול לקרקע. סדר אורך הצמחים מתאים לסדר עולה של הרטיבויות השיוריות ולסדר יורד של

המליחות התחיליות (טבלאות 5 ו- 9). תוספת הצימוח בהמשך עונת ההשקיה הייתה רבה יותר בטיפולים שהושקו באחת השנים במי שפד'ן ובשניה במים מליחים. כיוון שטיפולי המים המליחים הושקו ב- 2003 בפחות מים, וחלקם מי השפד'ן, מאשר בטיפולי מי השפד'ן (טבלה 3) הפחיתה בגידולם יכולה להיות תוצאה גם של עקת מים וגם של עקת מלח. בחלקות של שנתיים מים מליחים היו הצמחים קצרים ביותר לאורך כל העונה. נראה שלרטיבות השירית השפעה חזקה יותר מאשר למליחות התחילית. בחלקות עם רטיבות שירית נמוכה הצמחים קצרים ביותר ובאורך דומה כשמליחות הקרקע 1.86 או 3.65 דצ"ס/מ בעומק של 30-60 ס"מ.

קוטר הגבעולים ב- 87 יא"ז היו, בדומה לגובה, היה גדול ביותר בטיפולים בהם הוצנע תירס וקטן ביותר כשלא ניתן טיפול לקרקע. (טבלה 12). הגבעולים היו דקים יותר בטיפולים שהושקו שנתיים במים מליחים מאשר בטיפולים שהושקו באחת השנים במים מליחים ובשניה במי שפד'ן. אין הבדל ברור אם השנה המלוחה הייתה 2002 או 2003.

קוטר קרקפות נמדד ב- 87 ו- 114 יא"ז (טבלה 12). מילוי הגרעינים המשיך את גידול הקרקפות גם אחרי 87 יא"ז כשגידול הגבעול נפסק. גם במדד זה נראות השפעות גם של איכות המים וגם של הטיפולים לקרקע. הקרקפות היו קטנות יותר בטיפולים של מים מליחים שנתיים. בשונה ממדדי הגבעול נראה שקרקפות בטיפולי מי שפד'ן ב- 2002 ומים מליחים ב- 2003 קטנות יותר מקרקפות טיפולי מים מליחים ב- 2002 ומי שפד'ן ב- 2003. נזכיר שוב שטיפולי מים מליחים ב- 2003 קיבלו פחות מים ולכן קשה להחליט אם הסיבה להבדלים עקת מים או עקת מלח בשלב מילוי הגרעינים. בשילוב של גבס ומי שפד'ן בשנת 2003 היו הקרקפות גדולות ביותר והיבולים גבוהים ביותר. אין לנו הסבר שקושר את היתרון של הגבס לרטיבות או מליחות. גם בטיפולי תירס מוצנע בסתיו 2001 היו הקרקפות גדולות יותר מאשר כשלא ניתן טיפול לקרקע.

יבולים

יבולי הכותנה מקטיף קטפת מובאים בטבלה 13. נתוח לפי 4 הטיפולים שהופעלו עד שלב זה הראו שהצנעת תירס בסתיו 2001 ועליה במליחות מי ההשקיה ב- 2002 גרמו לעליה ביבול. מקובל להסביר הגדלת יבול כותנה בהשפעת מליחות מתונה בריסון מסוים של צמוח עודף. הסבר זה אינו מתאים לתרומה של הצנעת תירס להגדלת היבול שהגבירה את הצמוח בשני סוגי המים. ייתכן שלתירס תרומה יחודית שאינה מוסברת ברטיבות או מליחות הקרקע.

כמו גודל הקרקפות גם יבול החמניות הושפע מטיפולי המים ומהטיפולים לקרקע. בין טיפולי המים היו היבולים גבוהים ביותר כשנתנו מים מליחים בשנת 2002 ומי שפד'ן ב- 2003 ונמוכים ביותר בטיפולים כשנתנו מי שפד'ן ב- 2002 ומים מליחים ב- 2003 ובמצב ביניים כשנתנו מים מליחים בשתי השנים. נראה שההבדלים בין טיפולי המים יותר בגלל עקת מים מאשר בגלל עקת מלח. ב- 2003 מנת ההשקיה בטיפולי המים המלוחים קטנה ממנת ההשקיה בטיפולי מי השפד'ן. בטיפולים לקרקע היה יבול מרבי בגלל פיזור גבס בסתיו 2002 ומזערי בחלקות ללא טיפול. אין לנו הסבר ליתרון של הגבס.

טבלה 13. השפעת הצנעת תירס בסתיו 01 ואיכות מים בקיץ 02 על יבול כותנה ב 02 והוספת פיזור גבס בסתיו 02 ושינוי איכות מים ב 03 על יבולי חמניות ב 03.

| יבול חמניות | | מים ב 2002 | גבס ב 2002 | יבול כותנה | מים ב 2001 | תירס ב 2001 |
|----------------------------|----------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| מסחרי לשטח נטו קג/דונם | % שטח עם צמחים | מ | - | 500a** | מ | + |
| 255ab* | 0.882 | מ | - | | מ | - |
| 251ab | 0.905 | מ | + | 446ab | מ | - |
| 233b | 0.913 | מ | - | | מ | - |
| 251ab | 0.863 | ש | - | | מ | + |
| 298a | 0.831 | ש | + | | מ | - |
| 261ab | 0.869 | ש | - | | מ | - |
| 265ab | 0.887 | מ | - | 442ab | ש | + |
| 244b | 0.901 | מ | - | 411b | ש | |
| טיפול קרקע לפני חמניות | | | | | | |
| 257ab* | 0.878 | תירס ב 2001 | | | | |
| 275a | 0.868 | גבס ב 2002 | | | | |
| 245b | 0.896 | ללא טיפול | | | | |
| איכות המים עד קטיף החמניות | | | | | | |
| 247 | 0.878 | מליחים 2002, מליחים 2003 | | | | |
| 270 | 0.868 | מליחים 2002, שפדן 2003 | | | | |
| 251 | 0.896 | שפדן 2002, מליחים 2003 | | | | |

מסקנות

הצנעת התירס בסתיו שיפרה את חידור מי הגשם לקרקע, הגבירה את שטיפת המלחים והקטינה את ערכי ה SAR כתמיסת הקרקע בשני חורפים לפחות. הפחיתה ב SAR היתה בגלל התמוססות גיר וחילוף יוני נתרן בסידן וגם בגלל הפחיתה בריכוז המלחים בקרקע.

טיוב הקרקע בנוכחות תירס בחורף השני היה טוב יותר מאשר אחרי טיפול גבס בסתיו. נוכחות תירס בקרקע העלתה את רטיבותה לאחר החורף בשעור גבוה יותר מזה שהתקבל כאשר גבס פוזר על פני הקרקע. רטיבות גבוהה באביב עודדה שלבי גידול מוקדמים. הצמחים הגיבו באופן חיובי לנוכחות תירס בקרקע במשך שנתיים לאחר הצנעתו השקיה במים שפירים הפחיתה את ריכוז המלחים הקרקע ואת ה SAR.

סיכום עם שאלות מנחות.

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח.

- (1) ללמוד השפעות פיזור גבס על פני הקרקע, ערבוב חומר אורגני בשכבת החריש, וגידול צמחים על תרומת גיר הקרקע להורדת רמות הנתרן הספוח בקרקע. (2) לבחון השפעות שילוב מקורות מים, תוספת גבס וחומר אורגני על מהלכים רב שנתיים של נחרון הקרקע ועל התנודות העונתיות במליחות הקרקע.
- (3) להתאים ממשקי מים וטיפולים לקרקע בהתאם למחזורי הגידולים, תכונות הקרקע ואיכויות המים.

עיקרי הניסויים והתוצאות

בניסוי שדה בבארי המשתנים הם: מחזורים של מי שפד'ן ובאר מליחה וגידולים, ערבוב תירס מקוצץ בשכבת הקרקע העליונה, פיזור גבס על פני הקרקע בסתיו בשנות השקיה במים מליחים. המדדים הנבדקים הם: השינויים העונתיים וארוכי הטווח בקרקע ותגובת גידולי שדה. נמצא שערבוב תירס בשכבת החריש השפיעה לטורך זמן. היא הגדילה גם בחורף הראשון וגם בשני אחרי הטיפול את חידור המים לקרקע, הורידה את ה- EC וה- SAR בשני האביבים העוקבים, העלתה את רטיבות הקרקע בשני האביבים העוקבים, זרזה צמח והגדילה יכולים של שני הגידולים העוקבים כותנה וחמניות. אחרי פיזור גבס בסתיו הפרופיל שטוף יותר ונתרני פחות מאשר ללא טיפול ויותר מאשר אחרי שנה שניה מהצנעת התירס.

מסקנות.

הצנעת כמות תירס גדולה משפרת חידור מים ושיטפה חורפית, מגדיל רטיבות שאריתית בקרקע ובאביב וגורם לגידול טוב יותר של הצמחים ויבולים גבוהים יותר לפחות שנתיים אחרי הטיפול לעומת חוסר טיפול. עם גמר בדיקות הקרקע מסתיו 2003 אפשר יהיה להשוות את טיפול התירס לטיפולים של החלפת איכות המים בין שנים עם וללא פיזור גבס בשנים של מים מליחים.

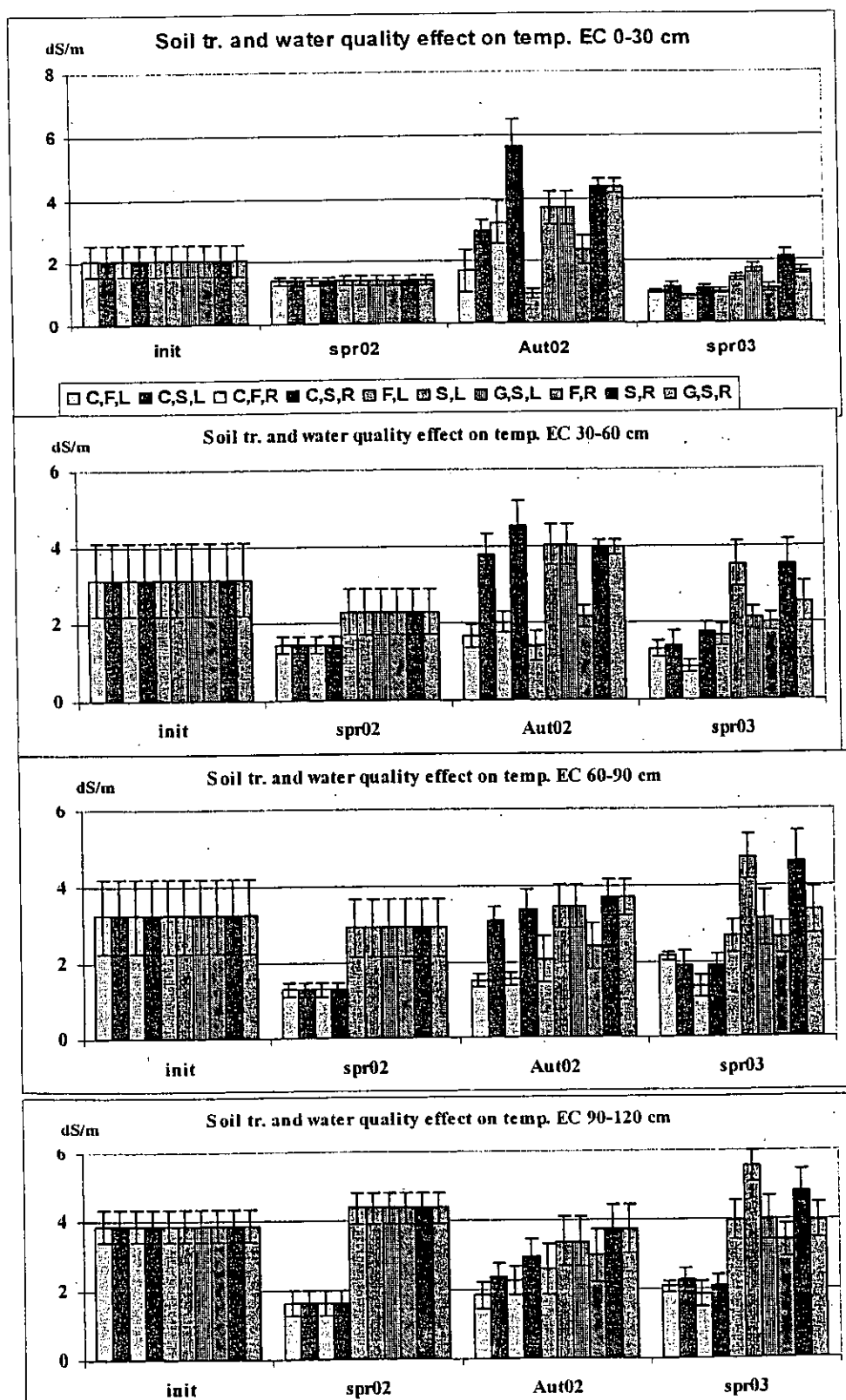
בעיות שנתרו לפתרון

השפעות ארוכות טווח של התירס המוצנע על הקרקע ופרוס המליחים בקרקע. יש לבחון את תהליכי ההמלחה והנתרון בקרקע הנובעים מהשקיה במים מליחים וטיובה עם השקיה במי שפד'ן בנוכחות חומר אורגני בקרקע והתמוססות גיר הקרקע. כימות ומבחן לאורך זמן דורשים המשך הניסוי לתקופה של 3 שנים נוספות, בהתאם לתוכנית.

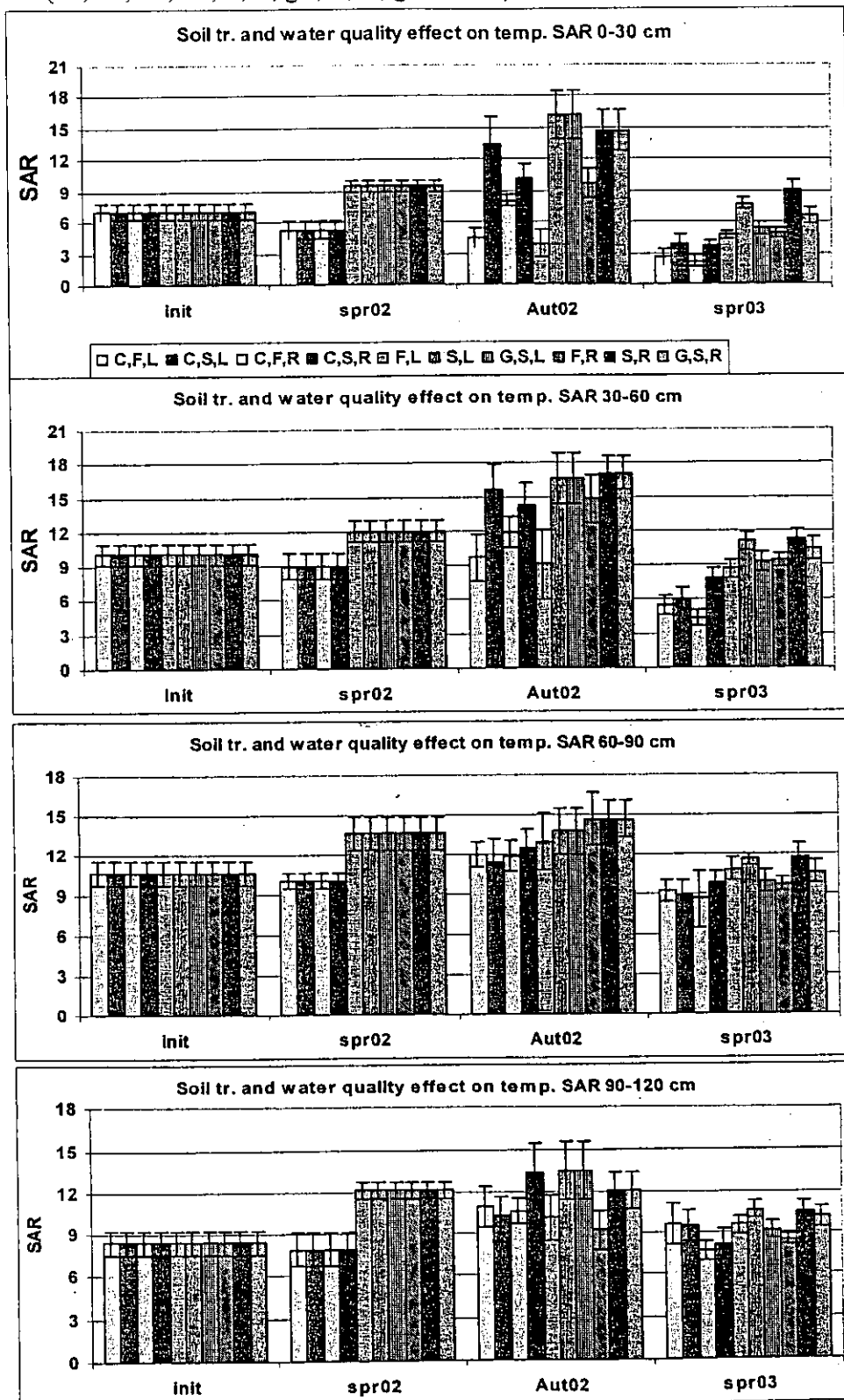
האם הוחל כבר בהפצת הידע.

נתנה הרצאה בכנס דיווחי מחקר של ענף הכותנה ב 2002 ותינתן הרצאה בכנס 2003. אפשרות פרסום הממצאים תבחן עם גמר בדיקות הקרקע מהדיגומים בסתיו 2003.

איור 2. השפעת הצנעת חירס, איכות מי ההשקיה, פיזור גבס, מיקום וגשם על ערכי EC לסתיו 01, לחורף 01-02, לקיץ 02 ולחורף 02-03. (טיפולים cfl, csl, cfr, csr, fl, sl, gsl, fr, sr, gsr)



איור 3. השפעת הצנעת חירס, איכות מי ההשקיה, פיזור גבס, מיקום וגשם על ערכי SAR לסתיו 01, לחורף 01-02, לקיץ 02 ולחורף 02-03. (טיפולים cfl, csl, cfr, csr, fl, sl, gsl, fr, sr, gsr)



איור 4. השפעת הצנעת תירס, איכות מי השקיה, פיזור גבס ומיקום על תרומת השינוי בריכוז (dilution- מחושב מיחסי EC) והשינוי בהרכב תמיסת הקרקע (composition) הפרש בין SAR מדוד ומחושב מיחסי EC) לשינוי ב-SAR לקיץ 02 ולחורף 02-03 (טיפולים, cfl, csl, cfr, csr, fl, sl, sr, gsl, fr, sr, gsr).

