

דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 304-0329-08-

חיפוי קרקע להפחתת נזקי המלחה במטעים

Mulching to reduce salinity damage in orchards

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

אלון בן-גל, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת
אלכס פורמן, הנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל
ערן רווה, המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת
שמואל אסולין, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, מרכז ולקני

Alon Ben-Gal, Soil and Water, ARO, Gilat Research Center.

Alex Furman, Civil and Environmental Engineering, The Technion

Eran Raveh, Plant Sciences, ARO, Gilat Research Center.

Shmuel Assouline, Soil and Water, ARO, Volcani Center

יוני 2009

**הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.
הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים
חתימת החוקר _**

תקציר

במהלך השנים האחרונות ישנו מעבר להשקיית מטעים במים שוליים המאופיינים ברמת מלחים גבוהה. בנגב הדבר מלווה בתהליך של התנוונות מטעים במשולב עם סימפטומים של נזקי המלחה. בחינה ראשונה מראה כי מקור הנזק הוא במלחים המצטברים בשכבת הקרקע העליונה במהלך עונת ההשקיה ואשר מוחדרים לאזור בית השורשים על ידי גשמי החורף. הגדלת מקדמי שטיפה והשקיה בזמן אירוע של גשם לא פתרו את הבעיה. מטרת הפרויקט הייתה לבחון שילוב של חיפוי קרקע והכוונת נגר על מנת לצמצם את נזקי המלחה. עבודת המחקר כללה שילוב של מחקר מעשי בפרדס שנטע במרכז מחקר גילת עם כיולו של מודל נומרי (על בסיס HYDRUS-3D) לניתוח תנועת מים ומלחים בקרקע בתנאי הנגב. בפרדס בגילת נבדקו ארבעה טיפולים בארבע חזרות: א) ביקורת (שטח אופקי ללא חיפוי); ב) שטח אופקי עם חיפוי של 1.5 מ' לכל צד של העץ על ידי יריעה לא חדירה; ג) הכוונת נגר (שיפוע לכוון העץ) ללא חיפוי; ו- ד) הגברת נגר ע"י חיפוי והכוונתו אל העץ (בשני הטיפולים האחרונים, רוחב השיפוע ממנו נאסף הנגר וסוג החיפוי היה בדומה לזה שבטיפול ב'). ב-2006 שטח הניסוי הוכן ונטעו העצים. בעונות הגידול 2007 ו-2008 מדדו פרמטרים של רטיבות ומליחות בקרקע ופרמטרים של גידול העצים. במקביל פותח מודל הזרימה וההסעה. מדידות של רטיבות ומליחות בקרקע מראות כי למרות שלא הייתה הצטברות משמעותית של מליחים, החיפוי כן שמר רטיבות גבוהה יותר בשכבת הקרקע העליונה. בטיפול של השיפוע כולל חיפוי נראתה הגברת הרטיבות בקרקע אחרי הגשם בצורה משמעותית וסימנים של דחיקת מלחים לעומק. החוקרים מציעים כי הוחלט לא להמשיך ולממן את הניסוי מטעם המדען הראשי ולכן לא יהיה אפשר להסיק מסקנות על עצים בוגרים אחרי הצטברות של מלח משמעותית.

תאור הבעיה ומטרות המחקר

המים המשמשים להשקיית מרבית מטעי הנגב הם מים שוליים (קולחין ומים מבארות מקומיים) המאופיינים ברמות מלחים גבוהות יחסית. המעבר להשקיה במים מליחים אלו לווה בהגדלת מקדמי השטיפה בדומה לנעשה ביתר המטעים המושקים במים שוליים. אף על פי כן החלו להצטבר עדויות על פגיעה והתנוונות של מטעים. הפגיעה מלווה בסימפטומים של נזקי המלחה (ראה איור 1), ונצפתה הן במטעים הנטועים על קרקעות הלס (למשל עצי אשכוליות באזור אופקים, מטעי הזיתים ברביבים וכרמים באזור רמת נגב) והן במטעים הנטועים בקרקעות החוללס (עצי לימון על כנת וולקה בגבולות ואשכוליות על כנת טרוייר בבשור). לרוב, הסימפטומים מופיעים בסוף החורף, כאשר עוצמת הפגיעה מושפעת מרגישות הזן או הכנה עליה מורכבים העצים למלח. חשוב להדגיש כי הפגיעה במטעים השונים מתרחשת למרות הגדלת מקדמי השטיפה, ולמרות הפרקטיקה הנהוגה של השקיה בזמן אירוע של גשם.

בחיפוש אחר מקור הבעיה נעשו אנליזות של הקרקע ומעקב אחר רמת המלחים הנעה בזרם הטרנספירציה של עצי המטע השונים ברחבי הנגב. נמצא כי רמת המוליכות החשמלית בשכבת הקרקע העליונה (0-10 ס"מ) מגיעה בסוף הקיץ לערכים של כ-50 דציסימנס למטר באזור

הטפטפת (נתונים בעיסה רוויה). כמו כן, מדידות הרכב המינרלים הנעים בזרם הטרנספירציה (נוזל הקסילים) הצביעו על עליה חדה בריכוז הכלורידים לקראת סוף החורף (בפרדסים מהבשור וצאליים הערכים עלו מ: 4.9 ל- 9.7 מילימולר כלורידים, בכרמים מרמת נגב הערכים עלו מ: 2.2 ל- 4.7 מילימולר כלורידים). נתונים אלו מצביעים על כך כי ניתן ליחס את עקת המלח המאפיינת את מטעי הנגב לשילוב בין שני גורמים: (א) רמות התאדות גבוהות המובילות להצטברות רמות גבוהות של מלח בשכבת הקרקע העליונה במהלך עונת ההשקיה; (ב) רמות משקעים נמוכות שאינן מאפשרות דחיקה יעילה של מלחים אלו אל מתחת בית השורשים באירוע גשם. הנחה זו נבחנה במטעי הזיתים הצעירים של רביבים. במהלך שנת 2003, תוכנן לבצע חיפוי של אזור פס ההרטבה ביריעות פלסטיק. מטרת החיפוי הייתה למנוע החדרת המלחים המצטברים בפני הקרקע על ידי הגשם אל עבר אזור בית השורשים. עקב אילוצים טכניים הפריסה נעשתה בשלושה מועדים – תחילה, אמצע וסוף החורף. בפועל, באזורים בהם נעשה חיפוי הקרקע בסוף החורף מתו כל העצים, באזורים בהם נעשה החיפוי באמצע החורף מתו כ- 50% מהעצים, ואילו באזורים בהם נעשה החיפוי בתחילת החורף לא נפגע אף עץ. בכל המקרים תמותת העצים לוותה בסימפטומים של עקת מלח.

איור 1. ניתוח אנליזות כלורידים שנעשו לעלי הדורים מפרדסי הנגב במהלך העשור האחרון. כל נקודה מייצגת ממוצע וסטיית תקן של 508-110 דוגמאות שנשלחו באותה שנה על ידי פרדסני הנגב לאנליזה במעבדת שרות שדה.

מטעי הנגב מתמודדים אם כך עם שתי בעיות המלחה. האחת הנובעת ישירות ממי ההשקיה וממשק הגידול, ויוצרת ריכוזי מלחים הגדלים עם העומק (בהתאם למנות השטיפה). בעיות המלחה מסוג זה מטופלות לרוב ע"י שטיפה. הבעיה השנייה נובעת מההתאדות הניכרת ויוצרת שכבת מלח על פני הקרקע. במטע המושקה בטפטוף מלחים אלו נדחקים לעומק הקרקע כמעט בלעדית ע"י הגשם. כאן קיים מצב גבולי בו דחיקת המלחים באופן טבעי אינה מספקת. הבעיה ניתנת לפתרון עקרוני בשני מישורים: (א) דחיקת המלחים: מניעה מוחלטת של הדחיקה, או הגברת הדחיקה כך שהמלחים ידחקו אל מתחת לבית השורשים; (ב) מניעת הצטברות המלחים ע"י הקטנת ההתאדות.

מטרת המחקר הנוכחי הייתה לבחון שתי חלופות למניעת נזקי מלחי פני הקרקע: (א) מניעת דחיקה בעת גשם ע"י חיפוי קרקע בפלסטיק; (ב) הגברת דחיקה ע"י יצירת נגר (ע"י חיפוי הקרקע בפלסטיק) והובלתו אל אזור השורשים (שיפוע "פנימה") ע"מ לגרום לדחיקה אל מתחת לבית השורשים. בשני המקרים צפויה הפחתה בהצטברות המלח בפני הקרקע עקב הקטנת תהליכי ההתאדות (בשל החיפוי) ושיפור תהליכי השטיפה. עבודת המחקר כללה מעקב אחר השפעת חיפוי הפלסטיק והגיאומטריה (מידת השטח התורם נגר) על צימוח העצים, על פזור ותנועת המלחים בקרקע, וכן פיתוח וכיול כלי הדמיה נומרי שמאפשר חיזוי ואופטימיזציה של פרמטרים אגרוטכניים (רמות כסוי וכו').

פעילות הניסוי

במהלך 2006 הוכנה הקרקע על פי התוכנית המקורית: ארבע בלוקים בשטח של קצת מעל לדונם לבלוק. כל בלוק (18 מטר על 60 מטר), הורכב משלוש שורות בנות עשרים עץ לשורה. שתילי העצים שהוכנו במשתלה במהלך קיץ 2006 ניטעו במהלך מרץ 2007. מדובר בקליף אור המורכב על כנת החושש. זהו זן איכותי שיוביל את ענף ההדרים בארץ בשנים הבאות. מרווחי הנטיעה בחלקה עומדים על 6 מטר בין שורה לשורה, ושלושה מטר בתוך השורה (6 מ' על 3 מ'). כל בלוק חולק לארבע מקטעים שווים (18 מטר על 15 מטר; שלוש שורות מקבילות בנות 5 עצים כל אחת) המשמשים לארבעת הטיפולים הנבחנים (ראה איור 2):

- שיפוע קרקע כלפי העץ ללא חיפוי
- שיפוע קרקע כלפי העץ עם חיפוי (ראה איור 3)
- קרקע ישרה ללא חיפוי
- קרקע ישרה עם חיפוי (איור 4)

____ פיזור הטיפולים בבלוקים הינו אקראי. הפלסטיק המשמש לחיפוי הינו אטום למעבר אור; לבן מצידו העליון ושחור מצידו התחתון (תוצרת מפעל גניגר). שיפועי הקרקע, במקרים הרלוונטיים, הם כ-7 מעלות. בטיפולים בהם נעשה חיפוי רוחב החיפוי עומד על 3 מטר (1.5 מטר מכל צד של השורה). משמעות הדבר שהשטח המחופה לעץ באותם טיפולים מחופים עומד על 9 מ"ר. בטיפולים המחופים ישנם פתחים סביב הגזע אשר יאפשרו ניקוז. השתילים נקלטו כראוי ולבלבו, הושקו ודושנו על פי המלצות האזור.

____ במקביל להכנת השטח נרכשה תוכנת HYDRUS-3D (Šimůnek et al., 1989) ששמשה אותנו למידול תנועת המים והמומסים בקרקע, וכן הוכנו והוסדרו אלקטרודות TDR. ניטור חלקת הניסוי כלל מדידות רטיבות ומליחות הקרקע, דיגומי קרקע, ודיגומי עלים.

חורף 2007-2008

____ החורף היה שחון עם פחות מ-150 מ"מ גשם וכלל רק אירוע אחד של גשם משמעותי בסוף ינואר 2008 (איור 5). הקרקע נדגמה לפני ואחרי הגשמים והוצבו חיישנים של TDR בפרדס. 4 חיישנים הוצבו ב-2 חזרות של כל טיפול. בכל חזרה 3 חיישנים סמוך (10 ס"מ) לשלוחת הטפטוף (שליד שורת העצים) בעומקים 10-20, 30-40, 50-60 ו-40 ס"מ וחיישן בודד 40 ס"מ מהשלוחה בעומק 30-40 ס"מ.

חורף 2008-2009

החורף השני של הניסוי היה שחון גם הוא. סה"כ הגשם לעונה היה 177 מ"מ כאשר יותר מחצי (93 מ"מ) ירדו בחודשי פברואר ומרץ וכ-60 מ"מ מזה ירדו באירוע אחד, ב-9-10/02/09. נדגמו פרופילים של הקרקע באוקטובר 2008 לקראת עונת הגשמים. נלקחו דגימות קרקע מ-6 קידוחים בניצב לקו העצים במרחקים 0, 20, 40, 60, 80, 100 ס"מ, כל אחד בשלושה עומקים: 0-5, 5-25, 25-50 ס"מ.

איור 6: 11/02/2009 אחרי הגשם המשמעותי היחיד של החורף.

מעקב אחר התפתחות העצים:

במהלך חודש אוקטובר 2007 נדגמו העצים לצורך מעקב אחר רמת המינרלים בעלים (טבלה 1). כלוריד נתרן ואשלגן נבדקו על בסיס מיצוי מימי ואילו זרחן וחנקן על בסיס עיכול בחומצה. לגבי כלוריד, נתרן ואשלגן לא נמצא הבדל בין הטיפולים וכל הערכים היו בתחום התקין. לגבי חנקן נמצא כי היה שוני מובהק בין הטיפולים למרות שכל הערכים נמצאים בתחום המוגדר כתקין. כנ"ל לגבי הזרחן.

טבלה 1. השפעת טיפולי החיפוי על הרכב המינרלים בעלים מדיגום אוקטובר 2007 ו-2008. אותיות שונות באותה שורה מצינות שוני מובהק בין הערכים.

ביקורת יסוד טיפול

חיפוי 2008

2007

חיפוי + שיפוע 2008

2007

שיפוע 2008

2007

2007	2008__Cl	(% DW)_0.10a_0.11a_0.10a_0.13a_0.09a_0.11a_0.10a_0.10a__Na	(%)
		DW)_0.11a_0.06a_0.11a_0.06a_0.09a_0.06a_0.10a_0.06a__K	(%)
		DW)_1.02a_0.65a_1.07a_0.69a_1.04a_0.71a_1.07a_0.68a__N	(%)
		DW)_2.53a_2.64a_2.54a_2.74a_2.28b_2.82a_2.40ab_2.74a__P	(%)
		DW)_0.184a_0.13a_0.199a_0.12a_0.175ab_0.13a_0.172b_0.12a__	

בינואר 2008 ו-2009 נמדד היקף הגזע בטיפולים השונים (טבלה 2) ונפח הנוף (טבלה 3). על פי נתוני היקף הגזע נמצא כי על ציר שתי שנות גידול נוצר יתרון לעצים בהם הקרקע מחופה (ללא תלות בנוכחות או אי נוכחות השיפוע). מבחינת נפח הנוף לא נמצא יתרון לטיפול החיפוי, כאשר עצים מטיפול השיפוע בלבד היו בעלי הנוף הקטן ביותר.

טבלה 2. השפעת הטיפולים על היקף הגזע (ינואר 2008 ו-2009). אותיות שונות באותה עמודה מצינות שוני מובהק בין הערכים.

2008_2009 bc_7.1ab_13.7 ללא חיפוי ללא שיפוע ביקורת a_7.4a_15.0 חיפוי בלבד ללא שיפוע חיפוי_6.8b c_13.3 שיפוע בלבד ללא חיפוי שיפוע_7.1a ab_14.5 חיפוי ושיפוע יחד חיפוי + שיפוע

טבלה 3. השפעת הטיפוליים על נפח הנוף (ינואר 2008 ו- 2009). אותיות שונות באותה עמודה מצינות שוני מובהק בין הערכים.

2008_2009 5.3a_1.5b ללא חיפוי ללא שיפוע ביקורת 5.5a_1.7a חיפוי בלבד ללא שיפוע חיפוי_4.3b_1.4b שיפוע בלבד ללא חיפוי שיפוע_4.8ab_1.5ab חיפוי ושיפוע יחד חיפוי + שיפוע
מסקנות (התפתחות העצים): למרות ההבדלים שנצפו, עדיין אין מקום להסקת מסקנות. במיוחד עקב איכות המים שסופקה ממקורות היתה טובה מהרגיל (מוליכות חשמלית שבין 0.3 ל- 0.8 ד'ס למטר).

פיזור מים ומלח בקרקע

קראיות ה-TDR של רטיבות ומליחות הקרקע נלקחו לפני ואחרי אירוע הגשם (אזור 7 ו- 8) בחורף 2008 ובסוף הקיץ וסוף החורף בעונת 2008-2009. לא נמצאו סימנים להצטברות של מלחים בקרקע. נראה כי החיפוי כן שומר רטיבות גבוהה יותר בשכבת הקרקע העליונה. בטיפול של השיפוע כולל חיפוי רואים הגברת הרטיבות בקרקע אחרי הגשם בצורה משמעותית וסימנים של דחיקת מלחים לעומק.

איור 7: רטיבות נפחית של הקרקע במדידות TDR. מדידה ראשונה לפני הגשם בינואר 2008 (09/01/08), שנייה אחרי אירוע הגשם של סוף ינואר 2008 (מדידה ב 07/02/08), מדידה שלישית באוגוסט 2008 ורביעית במרץ 2009. שלושה חיישני ה-TDR נמצאים סמוך לקו הטפטפות (סימנים מלאים) ב-3 עומקים וחיישן אחד 40 ס"מ מקו הטפטוף (סימנים פתוחים) בעומק 35 ס"מ. הנתונים הם ממוצע של 2 חזרות.

איור 8: מוליכות חשמלית גושית (bulk EC) של הקרקע במדידות TDR. מדידה ראשונה לפני הגשם בינואר 2008 (09/01/08), שנייה אחרי אירוע הגשם של סוף ינואר 2008 (מדידה ב 07/02/08), מדידה שלישית באוגוסט 2008 ורביעית במרץ 2009. שלושה חיישני ה-TDR נמצאים סמוך לקו הטפטפות (סימנים מלאים) ב-3 עומקים וחיישן אחד 40 ס"מ מקו הטפטוף (סימנים פתוחים) בעומק 35 ס"מ. הנתונים הם ממוצע של 2 חזרות.

איור 9: רטיבות משקלית בחתכי הקרקע (12/10/2008). A) ביקורת (שטח אופקי ללא חיפוי); B) שטח אופקי עם חיפוי של 1.5 מ' לכל צד של העץ על ידי יריעה לא חדירה; C) הכוונת נגר (שיפוע לכוון העץ) ללא חיפוי; ו- D) הגברת נגר ע"י חיפוי והכוונתו אל העץ.

איור 10: מוליכות חשמלית במיצוי קרקע (עיסה רוויה) מדיגום חתכי הקרקע 12/10/2008. (A) ביקורת (שטח אופקי ללא חיפוי); (B) שטח אופקי עם חיפוי של 1.5 מ' לכל צד של העץ על ידי יריעה לא חדירה; (C) הכוונת נגר (שיפוע לכוון העץ) ללא חיפוי; ו-(D) הגברת נגר ע"י חיפוי והכוונתו אל העץ.

איור 11: כוז כלוריד במיצוי קרקע (עיסה רוויה) מדיגום חתכי הקרקע 12/10/2008. (A) ביקורת (שטח אופקי ללא חיפוי); (B) שטח אופקי עם חיפוי של 1.5 מ' לכל צד של העץ על ידי יריעה לא חדירה; (C) הכוונת נגר (שיפוע לכוון העץ) ללא חיפוי; ו-(D) הגברת נגר ע"י חיפוי והכוונתו אל העץ.

דיגום הקרקע באוקטובר 2008 מראה כי חיפוי מעלה רטיבות (איור 9) ומוריד מליחות (איור 10, 11) באופן משמעותי. בטיפולים עם שיפוע, רטיבות הקרקע נמוכה בקצת בהשוואה עם טיפולים השטוחים ומליחות עולה יותר מהר כאשר מתרחקים מקו הטפטוף. תוצאות הדיגום מגדישות את פוטנציאל להמלחת בית השורשים הפעיל בזמן גשם ומחזק את יעילות חיפוי הקרקע למניעת אותה מליחות.

טומוגרפיה חשמלית

באביב 2009 ביצענו מדידות טומוגרפיה חשמלית בארבעה חתכים. מטרת הטומוגרפיה הייתה לקבל אינדיקציה מרחבית לפירוש המים בחתך הקרקע (כלומר לקבל תמונה מרחבית של פירוש הרטיבות ולא תמונה חד ממדית המבודדת על חיישנים המצויים באזור הרטוב), ולקבל הערכה של יכולת השיטה (טומוגרפיה חשמלית) לתפקד בתנאי הניסוי. המדידות כללו פרישת 48 אלקטרודות במרווחים של 20 ס"מ בניצב לכוון השורות (ראה איור 12), וביצוע כ-2,500 מדידות בכל חתך. כל מדידה כוללת הזרקות זרם חשמלי בין זוג אלקטרודות ומדידת הפוטנציאל בין זוג אלקטרודות נוספות.



איור 12. 22/03/2009

המדידות נערכו באמצעות מכשיר מסוג SYSCAL PRO96 מתוצרת Iris Instruments, France. תוצאות המדידות עוברות סינון רעשים ידני כאשר הקריטריון העיקרי הוא סטיית תקן של האות הנמדד הקטנה מ-5% (למעשה אנו חוזרים על כל מדידה 3-6 פעמים), ופענוח (פתרון הבעיה ההפוכה של זרימת החשמל). במקרה זה השתמשנו בכלי RES2DINV של חברת GEOTOMO.

עבור שלושה חתכים קיבלנו תוצאות סבירות מבחינת שגיאת העיבוד (ראה איורים 13-15), אם כי ברור שעיבוד נוסף (בעיקר הכנסת אילוצי החלקה מקומיים) תשפר את איכות התמונה לאין ערוך. עבור חתך רביעי קיבלנו תוצאות רעות מאד, כנראה בשל רעשים חשמליים סביבתיים. חשוב לשים לב לכך שההתנגדות החשמלית באיורים השונים אינה באותה סקאלה. מיקום שורת העצים בקירוב סביב $x = 4$.

איור 13: חתך מוליכות חשמלית עבור שתילה מישורית עם חיפוי. האיור העליון מרכז המדידות הגולמיות, האיור המרכזי מרכז את שיחזור התוצאות במודל המפוענח, והאיור התחתון מתאר את המודל החשמלי המפוענח. מסומן האזור הרטוב

איור 14: חתך מוליכות חשמלית עבור שתילה מישורית ללא חיפוי. האיור העליון מרכז המדידות הגולמיות, האיור המרכזי מרכז את שיחזור התוצאות במודל המפוענח, והאיור התחתון מתאר את המודל החשמלי המפוענח. מסומן האזור הרטוב

איור 15: חתך מוליכות חשמלית עבור שתילה משופעת ללא חיפוי. האיור העליון מרכז המדידות הגולמיות, האיור המרכזי מרכז את שיחזור התוצאות במודל המפוענח, והאיור התחתון מתאר את המודל החשמלי המפוענח. מסומן האזור הרטוב

כפי שניתן לראות התמונה המתקבלת מאד רועשת. רעש זה עשוי לנבוע ממספר גורמים, ובהם רעש חשמלי סביבתי, שבחלקו נובע ממגעים לא טובים (מאד אופייני לאזורים צחיחים). למרות הרעש ניתן לזהות בצורה ברורה את אזור בתי השורשים בכל שלוש הטיפולים. לפיכך אנו מעריכים כי טיפול אינטנסיבי יותר בתוצאות המדידה, כולל רגולריזציה, שימוש במודל התחלתי מבוסס יותר, סינון חלק מהמדידות שבשוליים, ושימוש נכון באילוצי החלקה יסייעו לקבלת תוצאה טובה יותר. לצורך כל יש לעבור לשימוש בקוד נומרי אלטרנטיבי (למשל R2 של Binley).

סימולציות נומריות

בהתאם לתכנית המקורית, אחת ממטרות המחקר היא פיתוח המודל הנומרי לתיאור הצטברות ותנועת המלחים בקרקע (על בסיס HYDRUS-3D). מבלי לפרט המודל מניח משוואות ריצטארדס (Richards, 1931) עם פרמטרים הידראולים של (van Genuchten, 1980) ותנועת מומסים מבוססת הסעה ודיספרסיה (ADE, למשל Warrick, 2003). בשלב זה נבנו ארבעה מודולים לתיאור ארבעת הטיפולים בשדה, כאשר כיול המודולים מיועד להמשך (לאחר איסוף נתוני אמת משמעותי). לצערינו אין בשלב זה די נתונים לכיוול על בסיס גשם ואנו מתכננים לכייל בעתיד, באם לא יצטברו די נתונים, על בסיס גשם מלאכותי. בשלב זה כל המודולים הם דו ממדיים, ברובם של 3 מ' (חצי רוחב) ובעומק של 2 מ'. במודולים הכוללים הגברת נגר שיפוע פני הקרקע הוא 10%. בגבולות

האנכיים של המודולים נקבעו תנאי גבול אטום (Neumann) משיקולי סימטריה, ואילו בגבול התחתון נקבע גרדיאנט גרביטציוני (unit gradient). בגבול העליון נקבעה רצועה ברוחב 10 ס"מ לכניסת מים (השקיה או נגר), 1 מ' נוספים נקבעו כגבול אטום (במקרים שכוללים חיפוי; בשלב כיוול יותאמו הממדים לתנאים האמיתיים בשטח). בשאר השטח הנחנו כי אחוז מסוים (בשלב זה, טרם כיוול, 50%) מהגשם חודר והשאר הופך לנגר. התאדות פוטנציאלית נקבעה לפי התאדות גיגית. כל הנתונים המטאורולוגיים (גשמים והתאדות) נלקחו עבור שנת 2001/2 ונתקבלו ממאגר הנתונים מתחנת המטאורולוגית בגילת. תנאי השפה למומסים נקבעו בשלב זה עפ"י 200 מג"ל כלוריד למי השקיה, ו-10 מג"ל כלוריד למי גשם. כל תנאי השפה הם מסוג שלישי. תיאור סכימאתי של תנאי השפה מובא באיור 16.

איור 16: תיאור של הרשת הנומריית ומערכת תנאי השפה עבור מקרה של שיפוע עם חיפוי

פרמטרים הידראוליים נקבעו עפ"י ערכים של מוליכות הידראולית ברוויה ועקומי תאחיזת מים שנמדדו במעבדה וגם עפ"י שיטות אינברס לפי מודל של Wooding (1968) ומדידות של חידור. סימולציה בוצעה למשך שנה, כאשר על מנת לנטרל השפעת תנאי התחלה בוצעה על הריצה לשנה נוספת. בשלב זה עדיין לא ממודלת קליטת מים ומומסים ע"י צמחים. איורים 17 ו-18 מציגים תוצאות השוואתיות של ארבעת החזרות לגבי כלורידים.

איור 17: פרופיל כלורידים לאחר שנה עבור ניסוי שיפוע עם (ימין) ובלי (שמאל) כיסוי

איור 18: פרופיל כלורידים לאחר שנה עבור ניסוי ללא שיפוע עם (ימין) ובלי (שמאל) כיסוי

ניתן להבחין בעיקר במקרה שאינו כולל שיפוע בהשפעת החיפוי. פחות נראה לעין אך הבדלים קיימים גם בפירוס המלח עבור המקרים המשופעים (קיים היסט של כ-40 ס"מ במיקומה האופקי של חזית המליחות). האיורים הם עבור סוף העונה ההידרולוגית (סוף אוגוסט).

ספרות

- Lazarovitch, N., Ben-Gal A., Simunek J. and Shani U. (2007) Uniqueness of Soil Hydraulic Parameters Determined by a Combined Wooding-Inverse Approach. Soil Science Society of America Journal. 71, 860-865
- Richards, L.A. 1931. Capillary conduction of liquids through porous mediums. Physics 1:318-333.
- Šimůnek, J., M. Sejna, and M. Th. van Genuchten. 1999. The HYDRUS 2D software package for simulating the two dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media. Version 2.0. U.S. Salinity Laboratory. Riverside, CA.

- van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:892–898.
- Warrick, A.W., 2003. *Soil Water Dynamics*, Oxford University Press, Oxford, 391 pp.
- Wooding, R.A. 1968. Steady infiltration from a shallow circular pond. *Water Resour. Res.* 4:1259–1273.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה

לבחון שתי חלופות למניעת נזקי מלחי פני הקרקע : א) מניעת דחיקה בעת גשם ע"י חיפוי קרקע בפלסטיק ; ב) הגברת דחיקה ע"י יצירת נגר (ע"י חיפוי הקרקע בפלסטיק) והובלתו אל אזור השורשים (שיפוע "פנימה") ע"מ לגרום לדחיקה אל מתחת לבית השורשים. עיקרי הניסויים והתוצאות.ב.2006 שטח הניסוי הוכן ונטעו העצים. בעונת הגידול 2007 ו2008 מדדו פרמטרים של רטיבות ומליחות בקרקע ופרמטרים של גידול העצים, והחל בפיתוח מודל הזרימה וההסעה

בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה;
התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר?

החורפים היו שחונים עם מעט אירועי גשם משמעותיים. בנייה של מליחות בבית השורשים של הפרדס הצעיר בגילת הייתה נמוכה מהצפוי. שלוש שנים לא מספיקים לקבלת מסקנות בניסוי בפרדס.

הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:

פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי;
פוטנטיים - יש לציין שם ומס' פטנט;

הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.

פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח:

(סמן אחת מהאופציות)

רק בספריות

X ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)

חסוי – לא לפרסם

האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? - כן –