

שימוש בגזם מרוסק של עצים כחיפוי קרקע למניעת נגר וסחף

מני בן-חור, חיים טנאו ולאה לייב, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מרכז וולקני, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, בית דגן
meni@volcani.agri.gov.il

תקציר

שלושה מנגנונים עיקריים אחראים להיווצרות הקרום (Agassi et al., 1981; Lado et al., 2004a): (1) הרס מכני של תלכדי הקרקע כתוצאה מאנרגיית המכה של טיפות הגשם; (2) התמוגגות (slaking) תלכדי הקרקע כתוצאה מהרטבה מהירה שלהם; (3) דיספרסיה (ראה מילון מונחים בסוף המאמר) כימית של החרסית בפני הקרקע, כתוצאה מהקטנת ריכוז המלחים אל מתחת לערך הפלוקולציה, תוך שטיפת הקרקע במי הגשם. דיספרסיה זו גורמת להרס נוסף של תלכדי הקרקע ולתנועה של חלקיקי החרסית עם המים. תנועתם האנכית של המים עם חלקיקי החרסית לעומק הקרקע יכולה לגרום לאטימה של חלק מנקבובי הקרקע ולהיווצרות קרום צפוף יותר. במקביל, התנועה האופקית של חלקיקי החרסית עם הסחף מאיימת על הסביבה, עקב יכולתה לספוח מזהמים ולהסיעם במרחב.

לתכונות הקרקע השפעה רבה על מידת רגישותה להיווצרות קרום. שתי תכונות קרקע עיקריות שנבחנו בהקשר זה הן: מרקם הקרקע ותכולת החומר האורגני. Ben-Hur וחוב' (1985) מצאו, שהעלייה באחוז החרסית בקרקע עד ל-20% גרמה להיווצרות קרום מפותח יותר, לחידור מים מועט יותר ולערכי נגר וסחף גבוהים יותר. תהליכים אלו הוסברו בכך, שהעלייה באחוז החרסית בקרקע לרמה זו גרמה לאטימה רבה יותר של נקבובי הקרקע על-ידי חלקיקי החרסית הדיספרסיביים. המשך העלייה באחוז החרסית בקרקע אל מעל 20%, גרם להגדלת ערכי החידור ולהקטנת שיעורי הנגר והסחף. במקרה זה, החרסית שימשה כחומר מלכד (מלט), שהפחית את הרס התלכדיים בפני הקרקע ואת היווצרות הקרום. חומר אורגני קרקעי נמצא כמטייב מבנה, מפני שהוא משמש כחומר מלט בייצוב התלכדיים (Emerson, 1977). מכאן, שהעלייה בתכולת החומר האורגני בקרקע מקטינה בדרך כלל את היווצרות הקרום, הנגר והסחף, (Lado et al., 2004a)

גיוזם עצים מהווה חלק חשוב בממשק הגן והיער. כמות הגזם בישראל מוערכת בכ-500 אלף טון בשנה (לפי המשרד לאיכות הסביבה). הגזם הנוצר מהווה בעיה סביבתית, מכיוון ששריפתו אסורה ואילו הרחקתו לאתרי פסולת יקרה. אחת האפשרויות היא לרסק את הגזם ולהשתמש בו כחיפוי קרקע. לחיפוי פני הקרקע ברסק גזם יתרונות רבים: החיפוי יכול למנוע את היווצרות הקרום ואת התפתחות העשבייה ולהקטין את כמויות הנגר, הסחף וההתאדות מהקרקע. חיפוי פני הקרקע מונע את מכות טיפות הגשם וכך מקטין את הרס התלכדיים ואת היווצרות הקרום. כתוצאה מכך, ערכי החידור של הקרקע

גיוזם עצים מהווה חלק חשוב בממשק הגן והיער. הגזם המתקבל מהווה בעיה סביבתית כי שרפתו אסורה והרחקתו לאתרי פסולת יקרה. באזורים צחיחים וצחיחים-למחצה כמו ישראל, כמויות הנגר והסחף הנוצרות במהלך גשם מושפעות מאוד מקיום קרום בפני הקרקע. אחד הפתרונות האפשריים לשתי הבעיות הוא לרסק את הגזם ולהשתמש בו בשימוש חוזר כחיפוי קרקע, למניעת נגר וסחף. מטרת המחקר הנוכחי היו: (1) לבחון את השפעת חיפוי פני הקרקע ברסק גזם על ערכי החידור, הנגר והסחף בקרקעות אופייניות לארץ, בתנאי גשם מבוקרים. (2) ללמוד את ההשפעה ארוכת הטווח של החיפוי ברסק גזם על הצטברות חומר אורגני בקרקע ועל התכונות ההידראוליות שלה. המאמר דן בניסויים שנערכו במדמה גשם בשלוש קרקעות אופייניות: חמרה, לס וגרומוסול, וכן במדידות שנערכו בקרקע גן שהייתה מחופה ברסק גזם במשך שש שנים. חיפוי הקרקע בשכבת רסק גזם בעובי של שלושה ס"מ מנע היווצרות קרום בקרקעות השונות. כתוצאה מכך, פחתו שיעורי הנגר והסחף באופן מובהק בהשוואה לקרקע חשופה. השפעה חיובית זו של רסק גזם הייתה אפקטיבית בשיפועי מדרון שונים בין 9% ל-25%. חיפוי הקרקע ברסק גזם במשך שש שנים גרם לעלייה בתכולת החומר האורגני בקרקע עד לעומק של 10 ס"מ, ובעיקר ב-2 ס"מ העליונים. החומר האורגני הביא לייצוב מבנה הקרקע ולמניעת התמוגגות התלכדיים עם הרטבתם. כתוצאה מכך, ערכי המוליכות ההידראולית של קרקע מחופה היו גבוהים באופן מובהק מאשר אלו של קרקע חשופה.

מילות מפתח (נוספות על מילות הכותרת): הרס מבנה הקרקע, מוליכות הידראולית, קרום קרקע, תנועה אופקית של מזהמים

מבוא

באזורים צחיחים וצחיחים-למחצה כישאל כמויות הנגר והסחף המתקבלות במהלך גשם מושפעות מאוד מהיווצרות קרום בפני הקרקע (Ben-Hur et al., 1985). הקרום מקטין את ערכי החידור, וכתוצאה מכך כמות הנגר והסחף יכולה לגדול. הנגר, בתנאים מסוימים, הוא איבוד מים, והסחף גורם להידלדלות הקרקע. הנגר והסחף גם משפיעים על הסביבה בכך שהם מסיעים סדימנטים ומזהמים לעבר מקורות מים עיליים.

שלהן מובאות בטבלה. מרקם הקרקע נקבע בשיטת ההידרומטר ותכולת החומר האורגני נקבעה בשיטה הרטובה (Allison, 1965). מדגמי הקרקע יובשו ליובש אוויר, נכתשו, נופו דרך נפה של 4 מ"מ והוכנו להרצה במדמה גשם הממוקם במרכז וולקני בבית דגן (Morin et al., 1967).

הקרקעות המנופות נארוזו במגשים בגודל של 0.3x0.5 מטר, המחוררים בתחתיתם; עובי שכבת הקרקע במגש היה 2 ס"מ. כל מגש עם קרקע הונח בארגו שמוקם על קרוסלה במדמה הגשם. את שיפועי הארגזים עם הקרקעות בקרוסלה ניתן לשנות בתחום שבין 5% ל-25%. הקרקעות בארגזים הורטבו מלמטה בזהירות במי ברז עד קרוב לרוויה, ולאחר מכן הומטרו במשך 71 דקות ב"סופת גשם" של 65 מ"מ מים מזוקקים (חיקוי למי גשם). סופת הגשם בכל ההרצות הייתה בעוצמה של 52 מ"מ/שעה ואנרגיה קינטית של 18.1 ג'אול/מ"מ/מ"ר. נפח התשטף שחלחל בארגזים השונים נאסף בזמנים קבועים במהלך סופת הגשם, ונפחו נמדד לקביעת ערכי החידור של הקרקע. התשטף שהתקבל במהלך כל 20 מ"מ של גשם נאסף ונקבעו בו ערכי המוליכות החשמלית (EC), ה-pH וריכוז החומר האורגני המסיס. מי הנגר שזרמו על פני הקרקע אל מחוץ למגש במהלך כל סופת הגשם נאספו, וכמות הסחף הכללית נקבעה על-ידי שקילת הסדימנטים לאחר ייבושם בתנור ב-105°C. הטיפולים שנבחנו במדמה הגשם היו כלהן: קרקע לס בשיפוע מדרון של 9% עם חיפוי קרקע בשכבת רסק בת 3 ו-6 ס"מ וקרקע חשופה ללא חיפוי; קרקעות חמרה וגרומוסול בשיפוע מדרון של 9% עם חיפוי בשכבת רסק בעובי של 3 ס"מ וקרקע חשופה. קרקע חמרה בשיפועי מדרון של 9%, 15%, 20% ו-25% – חיפוי בשכבת רסק בעובי של 3 ס"מ וקרקע חשופה. כל הטיפולים נעשו בשלוש חזרות (שלושה מגשי קרקע). בכל הטיפולים רסק גזם יבש-אוויר במשקל 0.55 או 1.01 ק"ג פוזר על פני הקרקע באופן אחיד, במידת האפשר, לקבלת עובי שכבת רסק גזם של 3 או 6 ס"מ, בהתאמה. בכל הרצה עם חיפוי נמדדה כמות המים שנשארה ברסק הגזם לאחר סופת הגשם על-ידי ייבוש המדגמים שנלקחו מהרסק הרטוב בתנור ב-105°C.

נשארים גבוהים ולעומתם פוחתים שיעורי הנגר והסחף. Ben-Hur וחוב' (1998) מצאו, שחיפוי של קרקע כבדה בקש מנע את היווצרות הקרום, וערכי החידור נשארו גבוהים מעוצמת הגשם (מעל 40 מ"מ/שעה). חיפוי פני הקרקע יכול להקטין את הסחף, גם כי חומר החיפוי משמש כפילטר אשר מונע את התנועה האופקית של הסדימנטים עם הנגר העילי. נוסף לכך, חיפוי הקרקע יכול להקטין את היווצרות הקרום, כי חלק מהחומר עובר פירוק שמגדיל את תכולת החומר האורגני בפני הקרקע, דבר המגדיל את יציבות התלכידים בפני הקרקע.

החיפוי יכול להקטין את ההתאדות וכך גדלה תכולת הרטיבות בשכבת הקרקע העליונה. דבר זה עשוי להגדיל את האוכלוסייה המיקרוביאלית המייצרת רב-סוכרים, ואלה מעלים את יציבות תלכיד הקרקע (Tisdall & Oades, 1982). החיפוי גם מקטין את עוצמת האור המגיע לפני הקרקע ובכך גורם לניון נבטים לאחר הצצתם ולהפחתת העשבייה. מכאן, שבקרקע מחופה גם פוחת הצורך בטיפול נגד עשבים.

המחקר הנוכחי התמקד בהשפעת חיפוי פני הקרקע ברסק גזם עצים על תכונותיה ההידראוליות. מטרת המחקר היו:

1. לבחון את השפעת חיפוי הקרקע ברסק גזם על ערכי החידור, הנגר והסחף בקרקעות אופייניות בארץ, בתנאי גשם מבוקרים.
2. ללמוד את ההשפעה ארוכת הטווח של שימוש ברסק גזם על הצטברות חומר אורגני בקרקע ועל התכונות ההידראוליות שלה.

חומרים ושיטות

רסק הגזם שנבחר בעבודה הנוכחית היה רסק גן שנאסף מערי גוש דן ויוצר באתר חירייה. אורך השבבים ברסק היה קטן מ-20 ס"מ ועוביים קטן מ-2 ס"מ.

ניסוי במדמה גשם

קרקע חמרה מאזור נתניה, לס מנחל-עוז וגרומוסול מעמק יזרעאל נדגמו משכבות הקרקע בעומק 5-20 ס"מ. קרקעות אלו אופייניות ביותר בארץ; התכונות הכימיות והפיזיקליות הכלליות

טבלה: התכונות הכימיות והפיזיקליות הכלליות של הקרקעות שנחקרו במדמה הגשם

Table 1: Chemical and physical properties of the tested soils in the rainfall simulator

הקרקע Soil	הרכב מכני (%) Mechanical composition (%)			תכולת חומר אורגני (%) Organic matter content (%)	תכולת גיר CaCO ₃ (%)	אחוז נתרן ספוח ESP
	חול Sand	סילט Silt	חרסית Clay			
חמרה Hamra	82	2	16	0.9	~0	1.5
לס Loess	57	17	26	1.3	12.1	3.9
גרומוסול Grumosol	11	26	63	2.4	7	0.9

הסופי של הקרקע. כיוון שהגשם הומטר על קרקע רוויה, ירידה זו בערכי החידור בקרקע החשופה יכולה לנבוע מאחת משתי הסיבות הבאות, או משתייהן יחד: הרס תלכיד הקרקע בפני השטח, כתוצאה ממכות טיפות הגשם ודיספרסיה של החרסית ויצירת קרום צפוף, או ירידה במוליכות ההידראולית הרוויה של כל שכבת הקרקע. לעומת זאת, בקרקעות המחופות, החיפוי מנע את מכות טיפות הגשם על פני הקרקע, וכך נמנעו הרס התלכידים והתפתחות הקרום. בתנאים אלו ערכי החידור של הקרקע נקבעים בעיקר על-ידי המוליכות ההידראולית הרוויה של כל שכבת הקרקע; לכן בכל סוג קרקע ערכי החידור בתנאי חיפוי גבוהים יותר מאשר בקרקע החשופה (איור 1).

למרות שעוצמת הגשם בכל הניסוי הייתה אחידה, 52 מ"מ/שעה, ערכי החידור התחיליים ב-5 מ"מ הגשם הראשוניים בקרקעות החשופות היו שונים: 50 מ"מ/שעה בחמרה, 26 מ"מ/ש' בלס ו-46 מ"מ/שעה בגרומוסול (איור 1). ערכי החידור התחיליים, לפני שנוצר קרום מפותח, נקבעים בעיקר על-ידי המוליכות ההידראולית הרוויה של כל שכבת הקרקע. ערכי החידור התחיליים בלס, הנמוכים יחסית, נבעו כנראה מאחוז הסילט ומאחוז הנתרן הספוח (ESP) הגבוהים בקרקע זו (טבלה), שגרמו לדיספרסיה רבה יותר של חרסית ולאטימת הנקבובים בקרקע תוך כדי הרווייתה. כתוצאה מכך, חלה ירידה במוליכות ההידראולית של כל שכבת הקרקע, שגרמה לירידה בערכי

השפעה ארוכת-טווח של חיפוי הקרקע ברסק גזם

בגן בקמפוס של מרכז וולקני בבית-דגן, ששתולים בו שיחים ובני שיח מושקים בטפטוף, חופה חלק מהגן ברסק גזם לפני שש שנים וחלק אחר נשאר חשוף. הקרקע בגן היא חמרה חסרת גיר בהרכב 20% חרסית, 2% סילט ו-78% חול. כדי לבחון את ההשפעה ארוכת הטווח של החיפוי ברסק על תכונות הקרקע נלקחו מדגמי קרקע בעומקים של 0-2, 2-4, 4-6 ו-6-10 ס"מ מהאזור המחופה והחשוף, כאשר הדגימה נעשתה במרחק הגדול ממטר אחד מהצמחים ומחוץ לאזור המורטב בטפטוף. באזור המחופה הוסר הגזם מעל פני הקרקע לפני שנדגמה.

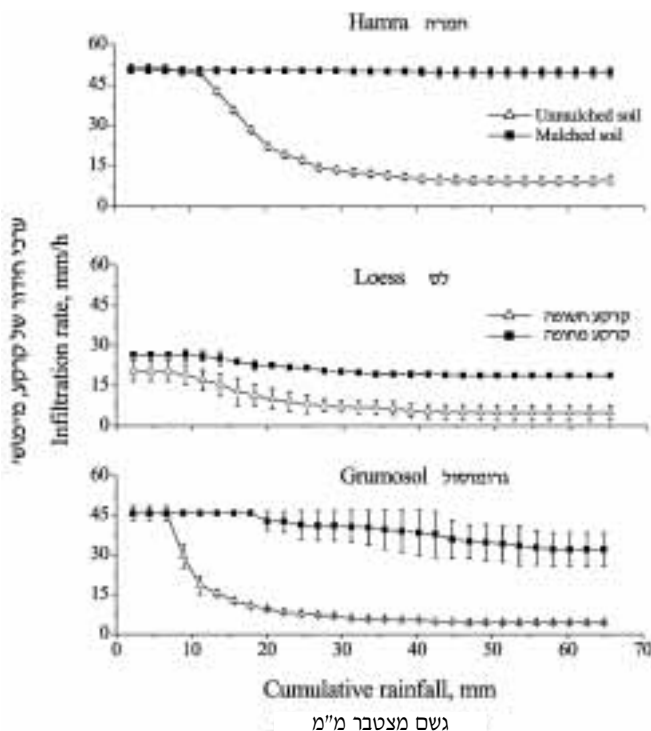
כדי לבחון את השפעתו של החומר האורגני שהצטבר בקרקע עקב החיפוי ברסק על המוליכות ההידראולית הרוויה שלה, נדגמה שכבת קרקע בעומק 0-2 ס"מ באזור החשוף ובאזור המחופה. מדגמי הקרקע יובשו באוויר, נכתשו ונופו דרך נפה של 2 מ"מ. כל מדגם כלל קרקע מנופה בת 150 גרם שהוכנסה לעמודת פלסטיק בקוטר פנימי של 5 ס"מ ובצפיפות גושית של 1.32 גרם/סמ"ק על שכבת חול גס בעובי של 2 ס"מ. הקרקע הורוותה מלמטה בקצב של 10 מ"מ בשעה בתמיסת מלח של 50 מא"ק/ל' (מיליאקווינלנט בליטר) $CaCl_2$. הרטבת הקרקע בתמיסה זו גרמה להרווייתה ללא דיספרסיה או תפיחה (Keren & Ben-Hur, 2003). לאחר הרווייתה הקרקע הוחלף כיוון זרימת המים המלוחים מלמעלה למטה, וערכי המוליכות ההידראולית ברוויה נמדדו בתנאי עומד קבוע. לאחר שטיפת הקרקע ב-3 ~ נפחי נקבובים במים מלוחים הוחלפו מי השטיפה במים מזוקקים, כחיקוי למי גשם. מי התשטיף נאספו בזמנים שונים ונקבעו בהם ערכי ה-EC וה-pH. מדידות המוליכות ההידראולית והאיכות הכימית של מי התשטיף נעשו בשלוש חזרות (שלוש עמודות) לכל קרקע, מחופה וחשופה.

תוצאות ודיון

ניסוי במדמה גשם

לא נמצאו הבדלים מובהקים בכל המדדים שנמדדו במדמה הגשם בין טיפולי החיפוי בשכבת רסק גזם בעובי 3 ס"מ או 6 ס"מ (התוצאות לא מוצגות). על כן, התוצאות המוצגות להלן מתייחסות לחיפוי בשכבת 3 ס"מ בלבד. חשוב לציין, שהשטח המחופה במקרה זה היה קטן (0.15 מ"ר), ולכן פיזור רסק הגזם היה אחיד. בשטחים גדולים בתנאי שדה, פיזור רסק הגזם על פני הקרקע אינו אחיד, דבר העלול להפחית מהאפקטיביות שלו. חשוב לבחון את כמות הגזם האופטימלית גם בתנאי שדה, אולם מטרה זו היא מעבר לתחום המאמר הנוכחי.

באיור 1 מובאים ערכי החידור של הקרקע כתלות בכמות הגשם שהומטרה על קרקעות חמרה, לס וגרומוסול בשיפוע של 9%, חשופות או מחופות ברסק גזם. בקרקעות החשופות חלה ירידה חדה בערכי החידור בתחילת סופת הגשם, והיא התמתנה עם הזמן עד להגעה לערכים קבועים, המוגדרים כערך החידור



איור 1: ערכי החידור כתלות בכמות הגשם המצטברת בקרקעות השונות, חשופות ומחופות, ב-9% שיפוע

Fig. 1: Infiltration rates as a function of cumulative rainfall in various soils with 9% slope under mulched and unmulched conditions

לקרקע המחופה. השפעת החיפוי ברסק במניעת היווצרות קרום בקרקעות השונות הייתה, אם כן, בסדר היורד הבא:

חמרה < גרומוסול < לס (איור 1).

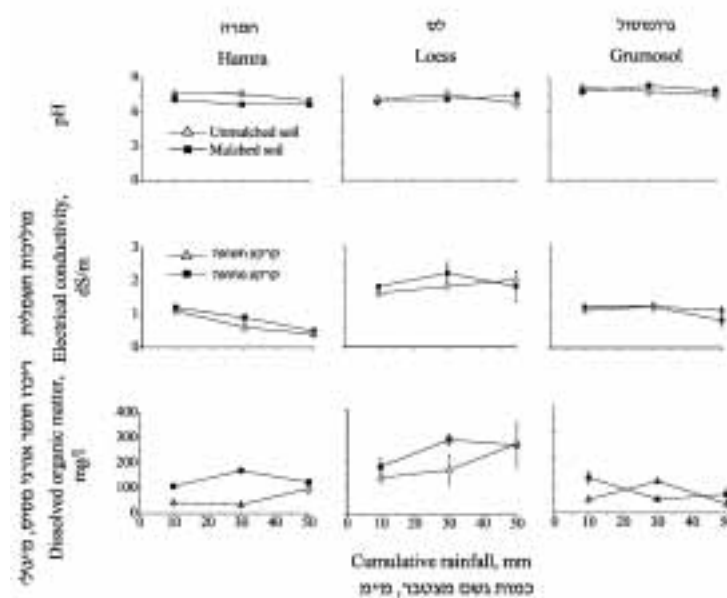
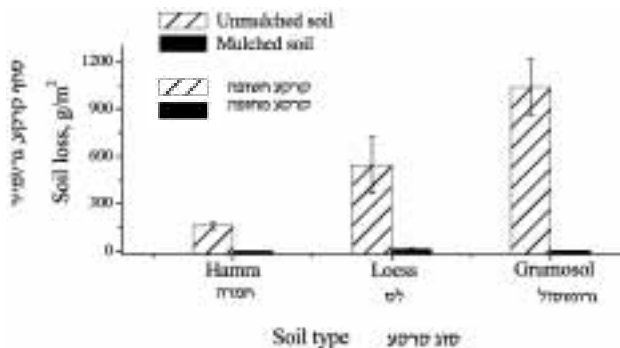
חיפוי הקרקע הקטין באופן מובהק את כמות הסחף לעומת קרקע חשופה בשלושת טיפוסים הקרקע (איור 2); כמויות הסחף שהתקבלו מהקרקעות המחופות היו קטנות מ-14 גרם/מ"ר, לעומת כמויות גדולות מ-160 גרם/מ"ר בקרקעות החשופות. החיפוי משפיע על הסחף בשלושה אופנים: (1) מונע את מכות טיפות הגשם על פני הקרקע, ועל-ידי כך מקטין את תהליך הניתוק (detachment); (2) מצמצם את היווצרות הקרום, וכתוצאה מכך קטנות כמות הנגר ויכולת ההסעה (transportation) של הסחף; (3) החיפוי משמש כפילטר ומקטין את מהירות הזרימה של הנגר העילי ועל-ידי כך מצמצם את התנועה האופקית של חלקיקי הקרקע הנסחפים.

ערכי pH, EC וריכוז החומר האורגני המסיס בתשטיפים שהתקבלו מהקרקעות השונות במהלך סופת הגשם, בטיפולי החיפוי ובקרקע חשופה, מובאים באיור 3. לא נמצאו הבדלים מובהקים בערכי ה-pH וה-EC בתשטיפים שהתקבלו מהטיפול המחופה והחשוף עבור שלושת סוגי הקרקע, מה שמרמז שלחיפוי לא הייתה השפעה על המלחה והחמצה של הקרקע המחופה. לעומת זאת, הייתה לחיפוי השפעה על ריכוז החומר האורגני המסיס בתשטיפים של החמרה והלס, הקרקעות שתכולת החרסית בהן הייתה נמוכה יחסית, פחות מ-26% (טבלה). נראה, שהגזם עובר תהליך פירוק שיוצר חומרים אורגניים קלי תמס במים. בקרקע גרומוסול, שבה תכולת החרסית גבוהה, 63%, החרסית שבקרקע סופחת כנראה את המולקולות האורגניות המסיסות שנשטפו מהגזם. כתוצאה מכך, ריכוז המולקולות האורגניות המסיסות בתשטיפ של גרומוסול מחופה היה נמוך יחסית, ודומה לריכוז בתשטיפ מהקרקע החשופה. כיוון שלמולקולות אורגניות מסיסות יש השפעה משמעותית על תנועת מיקרו-מזהמים בקרקע, נושא זה צריך להילמד ביתר פירוט בעבודות נוספות.

מניעת נגר וסחף על-ידי חיפוי פני הקרקע ברסק גזם יכולה להיעשות בשטחים עם שיפועי מדרון שונים. השפעת יחסי הגומלין בין חיפוי הקרקע ברסק גזם ושיפוע המדרון על ערכי החידור וכמות הסחף הכללית במהלך סופת גשם בקרקע חמרה מובאים באיורים 4 ו-5, בהתאמה. בקרקע החשופה, לשיפוע המדרון הייתה השפעה מובהקת על ערך החידור הסופי של הקרקע (איור 4); הגדלת השיפוע מ-9% ל-25% העלתה את ערך החידור הסופי מ-10 ל-17 מ"מ/שעה. תוצאות דומות בטיפוסי קרקע שונים התקבלו על-ידי Ben-Hur וחוב' (1992). במהלך סופת גשם חל תהליך של בניית קרום ובמקביל מתרחשים הרס וסחיפה של הקרום שנוצר; ערך החידור הסופי המתקבל הוא תוצר שיווי המשקל של שני התהליכים. נראה, שהגדלת השיפוע הגבירה את ההרס והסחיפה של הקרום שנוצר, וכך העלתה את ערכי החידור הסופיים של הקרקע (איור 4). בקרקע המחופה, בכל שיפועי המדרון, כמויות הסחף היו קטנות ביותר, פחות

איור 2: כמות הסחף הכללית בקרקעות השונות, חשופות ומחופות, ב-9% שיפוע

Fig. 2: Total soil loss in the different soils with 9% slope under unmulched and mulched conditions

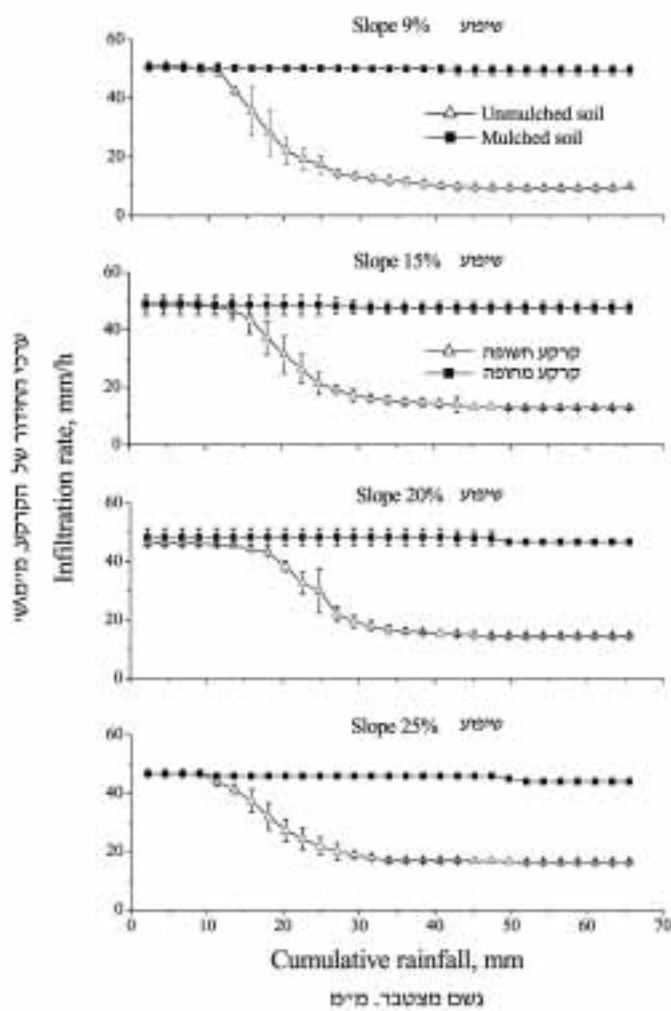


איור 3: איכות מי התשטיפ במהלך סופת הגשם בקרקעות ובטיפולים השונים

Fig. 3: Leachate quality of the studied unmulched and mulched soils during the rainstorm

החידור. בחמרה, לעומת זאת, ערכי החידור התחיליים הגבוהים יחסית נבעו כנראה מאחוזי החרסית והסילט הנמוכים בקרקע זו, שמנעו את הירידה בערכי המוליכות ההידראולית הרוויה של הקרקע. בגרומוסול, האחוז הגבוה של החרסית המונטמורילוניטית שנוטה לתפוח, מצד אחד, ומצד שני ערך ה-ESP הנמוך בקרקע זו, הם שגרמו כנראה לערכי המוליכות ההידראולית ברוויה להיות בערך ביניים, בין החמרה ללס, וכמוהם גם ערכי החידור התחיליים. המשך המטרת הגשם בקרקעות החשופות השונות גרם להתפתחות הקרום ולירידה בערכי החידור לערכים סופיים של 9.5, 5.0 ו-4.5 מ"מ/שעה, בקרקעות חמרה, לס וגרומוסול בהתאמה (איור 1).

השפעת החיפוי על ערכי החידור נבדלה בין הקרקעות השונות (איור 1). חיפוי הקרקע מונע את היווצרות הקרום, אבל אינו משפיע על המוליכות ההידראולית של שכבת הקרקע. לכן אפשר להעריך את השפעת החיפוי במניעת היווצרות קרום בקרקעות השונות על-פי ההבדלים בערכי החידור בין הקרקע החשופה



איור 4: ערכי החידור כתלות בכמות הגשם המצטברת בקרקע חמרה חשופה ומחופה, בשיפועי מדרון שונים

Fig. 4: Infiltration rates as a function of cumulative rainfall in Hamra soil with various slopes under unmulched and mulched conditions

טיפול הקרקע השינוי באיכות מי השטיפה ממים מליחים למים מזוקקים לא גרם לשינוי מובהק בערכי המוליכות ההידראולית. מכאן, שההבדל בערכי המוליכות ההידראולית בין הקרקע שהייתה מחופה לקרקע החשופה לא נבע מתהליכי דיספרסיה של החרסית בקרקע. כמו כן, תפיחת החרסית אינה יכולה להסביר את ההבדלים הללו בין שני טיפולי הקרקע, כי קרקע חמרה אינה נוטה לתפוח עם הרטבתה. מתוצאות אלו ניתן להסיק, שערכי המוליכות ההידראולית הגבוהים יותר בקרקע המחופה מאשר בקרקע החשופה נבעו מתכולת החומר האורגני הגבוהה יותר בראשונה (איור 7). החומר האורגני בקרקע המחופה שיפר את ייצוב מבנה הקרקע ומנע את תהליך ההתמוגגות עם הרטבת הקרקע הזו מלמטה. כתוצאה מכך, ערכי המוליכות ההידראולית של קרקע זו היו גבוהים מתחילת שטיפתה. למסקנה דומה הגיעו Lado וחוב' (2004b).

מ-0.6 גרם/מ"ר, וההבדלים ביניהם לא היו מובהקים (איור 5). ניתן להסיק מתוצאות אלו, שחיפוי הקרקע ברסק גזם למניעת סחף יעיל גם במדרונות תלולים בשיפוע של 25%.

חיפוי ברסק גזם יכול לגרום לאיבוד מים כתוצאה מלכידת מי הגשמים במהלך הסופה (Interception). מחישובי תכולת הרטיבות של הגזם לאחר גמר סופת הגשם בכל הקרקעות ובכל שיפועי המדרון נמצא, שתאחיזת המים הממוצעת על-ידי רסק הגזם הייתה 113% על בסיס משקלי. מכאן, ששכבת גזם בעובי של 3 ס"מ אוגרת, במהלך סופת גשם, כמות מים שוות ערך ל-4 מ"מ גשם שלא מגיעים לקרקע. כמות מים זו היא ברובה הפסד לצמח, מכיוון שהיא מתאדה ואינה מגיעה למערכת השורשים. באזורים שסופות הגשם קטנות יחסית, הפסד זה של מים יכול להיות משמעותי. אולם, מצד שני, החיפוי בגזם יכול להקטין את התאדות המים מהקרקע, וכך להקטין את הפסד המים הכולל.

השפעה ארוכת-טווח של חיפוי הקרקע ברסק גזם

תכולת החומר האורגני הכללית בעומקים שונים בקרקע הגן החשופה ובקרקע שהייתה מחופה ברסק במשך שש שנים מוצגת באיור 6. בקרקע החשופה תכולת החומר האורגני עד לעומק של 10 ס"מ הייתה נמוכה, 0.1% בממוצע. בקרקע שהייתה מחופה, לעומת זאת, תכולת החומר האורגני בכל עומק קרקע שנדגם הייתה גבוהה מאשר בקרקע החשופה (איור 6); התכולה בשכבה 0-2 ס"מ בקרקע המחופה הייתה גבוהה במיוחד, 2.7%, אך בשכבות העמוקות יותר, 2-10 ס"מ, חלה פחיתה ניכרת בתכולת החומר האורגני לערך ממוצע של 0.7%. עלייה זו בתכולת החומר האורגני בקרקע שהייתה מחופה נבעה מפירוק של הגזם במהלך הזמן, והפיכתם של תוצרי הפירוק לחלק מחומר ההומוס בקרקע. לעלייה בתכולת החומר האורגני יכולה להיות השפעה על מבנה הקרקע ויציבותה, ומכאן גם על התכונות ההידראוליות שלה.

ערכי המוליכות ההידראולית הרוויה, ה-pH וה-EC בתשטיף כתלות בנפחו בקרקע המחופה או החשופה, כפי שנדגם מהשכבה העליונה (0-2 ס"מ), מובאים באיור 7. בהכללה, ניתן לסכם כי חיפוי הקרקע לא הייתה השפעה מובהקת על ערכי ה-pH וה-EC בתשטיף (איור 7). ערכי ה-EC בתשטיפים היו כמובן גבוהים, 5.5 dS/m בממוצע, כל עוד מי השטיפה היו מים מליחים. החלפת מי השטיפה למים מזוקקים הורידה את ערכי ה-pH בתשטיפים עד לערך קבוע של 0.07 dS/m. ערכי ה-pH עלו עם שטיפת הקרקע המחופה והחשופה במים מליחים עד לערך של 7.1, והמשך שטיפת הקרקעות במים מזוקקים הביא לעלייה נוספת בערכי ה-pH עד ל-8.0.

ערכי המוליכות ההידראולית של הקרקע המחופה היו גבוהים באופן מובהק מאשר הערכים של הקרקע החשופה מתחילת השטיפה ועד סופה (איור 7). שטיפת הקרקע במים מזוקקים עד ערכי EC של 0.07 dS/m יכלה לגרום לדיספרסיה של החרסית בקרקע ולירידה במוליכות ההידראולית, אולם בשני

סיכום ומסקנות

ההידראולית של הקרקע המחופה היו גבוהים באופן מובהק מאשר של קרקע חשופה.

מילון מונחים

המוליכות ההידראולית של הקרקע – כושר הקרקע להוליך מים. דיספרסיה – פיזור חלקיקי קרקע או חרסית במים כתוצאה מדחיה חשמלית בין החלקיקים.

התמוגגות – התפרקות של תלכיד הקרקע בעקבות הרטבה מהירה. ערך החידור – כמות המים שחודרת את פני הקרקע ביחידת שטח וזמן.

פלוקולציה – התלכדות חלקיקים מרחפים במים הגורמת לשקיעתם. צפיפות גושי – היחס בין משקל הקרקע לנפחה הכולל את הנקבובים.

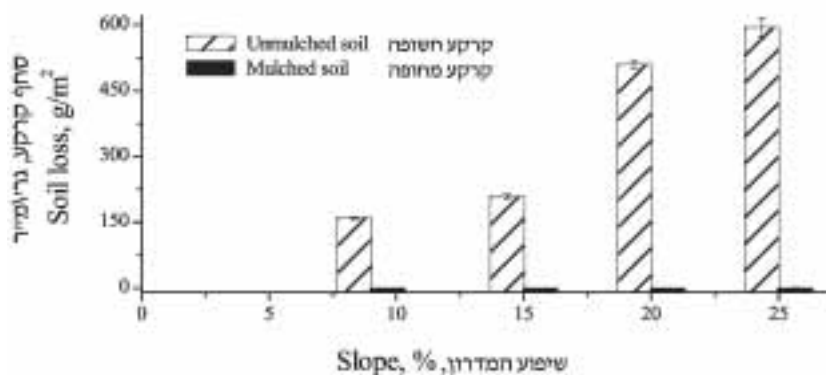
חיפוי הקרקע בשכבת רסק גזם בעובי של 3 ס"מ הפחית את שיעורי הנגר והסחף באופן מובהק בקרקעות המחופות בהשוואה לקרקעות החשופות בקרקעות חמרה, לס וגרומוסול. ההשפעה החיובית של חיפוי ברסק גזם במניעת היווצרות קרום והקטנה בכמויות הנגר והסחף הייתה אפקטיבית בשיפועי מדרון שונים בין 9% ל-25%.

לא נמצאו הבדלים מובהקים בין טיפולי החיפוי בשכבת רסק גזם בעובי 3 ס"מ או 6 ס"מ בכל המדדים שנמדדו במכשיר הגשם. אולם בשטחים גדולים בתנאי שדה, פיזור רסק הגזם על פני הקרקע אינו אחיד, וחוסר אחידות זה בחיפוי הקרקע יכול לגרום לפחיתה באפקטיביות שלו. לכן, בשדה יהיה צורך, כנראה, בשכבת גזם עבה מ-3 ס"מ.

חיפוי הקרקע ברסק גזם במשך שש שנים גרם לעלייה בתכולת החומר האורגני בקרקע עד לעומק של 10 ס"מ, בעיקר ב-2 הס"מ העליונים. כתוצאה מכך, התייצב מבנה הקרקע ונמנעה התמוגגות התלכידים בעת הרטבתם וערכי המוליכות

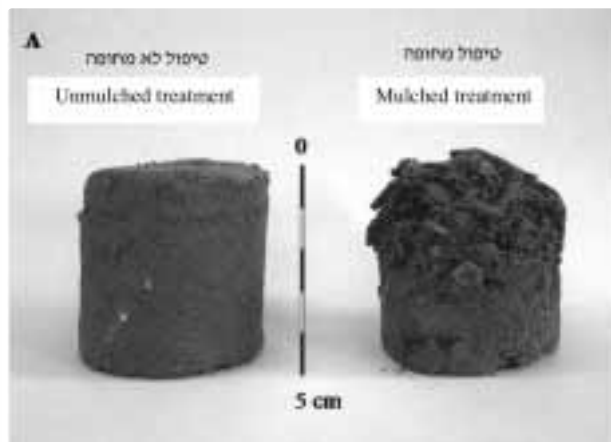
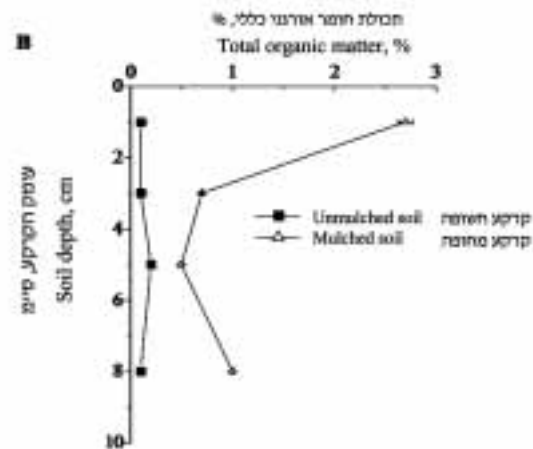
הבעת תודה

מחקר זה מומן על-ידי המדען הראשי של המשרד לאיכות הסביבה, ועל כך נתונה תודתנו.



איור 5: כמות הסחף הכללית בקרקע חמרה חשופה ומחופה בשיפועי מדרון שונים

Fig. 5: Total soil loss in Hamra soil with various slopes under unmulched and mulched conditions

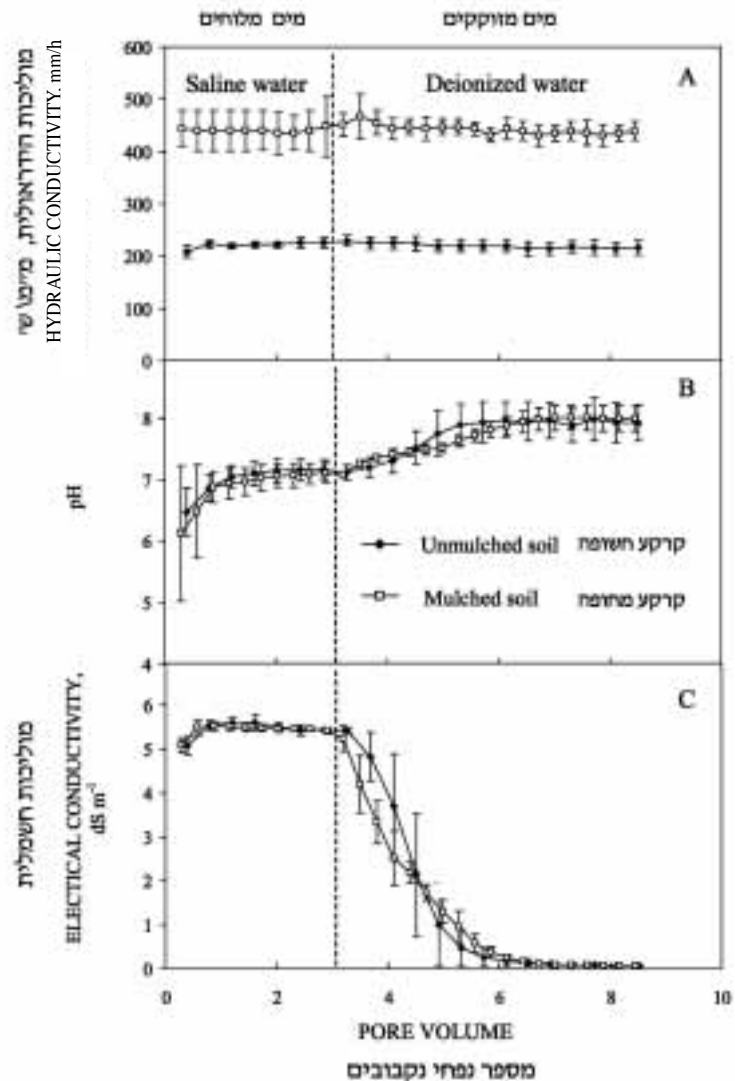


איור 6: תכולת החומר האורגני הכללית בעומקים שונים בטיפולים של קרקע מחופה וחשופה

Fig. 6: Organic matter content in unmulched and mulched Hamra as a function of soil depth

איור 7: ערכי המוליכות ההידראולית הרוויה, ה-pH וה-EC בתשטוף כתלות בנפח התשטוף של קרקע מחופה וחשופה, שנדגמו מהשכבה העליונה 2-0 ס"מ

Fig. 7: Values of saturated hydraulic conductivity and of pH and electrical conductivity in leachate of unmulched and mulched Hamra



מקורות

- Agassi, M., I. Shainberg & J. Morin. 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:848-851.
- Allison, L.E. 1965. Organic carbon. p. 1367-1378. In C.A. Black (ed.): *Methods of soil analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9.* ASA and SSSA, Madison, WI.
- Ben-Hur, M., M. Agassi, R. Keren & J. Zhang. 1998. Compaction, aging, and raindrop-impact effects on hydraulic properties of saline and sodic Vertisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62:1377-1383.
- Ben-Hur, M., I. Shainberg, D. Bakker & R. Keren. 1985. Effect of soil texture and CaCO₃ content on water infiltration in crusted soils as related to water salinity. *Irig. Sci.* 6:281-284.
- Ben-Hur, M., R. Stern, A.J. van der Merwe & I. Shainberg. 1992. Slope effects on infiltration and erodibility of dispersive and non-dispersive soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:1571-1576.
- Emerson, W.W. 1977. Physical properties and structure. In: J.S. Russell & E.L. Greacen, (eds.) *Soil Factors in Crop Production in a Semi-Arid Environment* pp. 78-104. University of Queensland Press, St. Lucia.
- Keren, R. & M. Ben-Hur. 2003. Interaction effects of clay swelling and dispersion and CaCO₃ content on saturated hydraulic conductivity. *Aust. J. Soil Res.* 41:979-989.
- Lado, M., Paz, A. & Ben-Hur, M. 2004a. Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation and soil loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 935-942.
- Lado, M., A. Paz & M. Ben-Hur. 2004b. Organic matter and aggregates size interaction in saturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:234-242.
- Morin, J., S. Goldberg & I. Seginer. 1967. A rainfall simulator with a rotating disk. *Trans. ASAE.* 10:74-79.
- Tisdall, J.M. & J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33:141-163.