

יונתן קרן

מכון למדעי הקרקע, המים והסביבה,
מנהל המחקר החקלאי – מרכז
וולקני, הפקולטה למדעי החקלאות,
המזון ואיכות הסביבה ע"ש רוברט ה.
סמית, האוניברסיטה העברית
בירושלים

מיכאל בוריסובר

המכון למדעי הקרקע מים והסביבה,
מנהל המחקר החקלאי - מרכז וולקני

ארנון דג

מחלקה לעצי פרי, מרכז מחקר גילת
לחקלאות על סף המדבר, מנהל
המחקר החקלאי

נדל'דה בוחנובסקי

המכון למדעי הקרקע, המים
והסביבה, מנהל המחקר החקלאי –
מרכז וולקני

יצחק צפורי

מחלקה לעצי פרי, מרכז מחקר גילת
לחקלאות על סף המדבר, מנהל
המחקר החקלאי



פיזור עקר בדרך נוף יער בית קשת | צילום: אייתי אורן, עבור המשרד להגנת הסביבה

השפעת פסולת נוזלית של בתי בד על אינטראקציות ספיחה של תרכובות אורגניות בקרקע

חזית המחקר

גיליון חורף 2015 / כרך 6(4)

17 בדצמבר, 2015

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

קרן י, בוריסובר מ, דג א ואחרים.
2015. השפעת פסולת נוזלית של
בתי בד על אינטראקציות ספיחה
של תרכובות אורגניות בקרקע.
אקולוגיה וסביבה 6(4): 302–308.

על קצה המזלג

- תוצר לוואי של תהליך הפקת שמן זית הוא פסולת נוזלית – עקר – המאופיינת בחומציות גבוהה, בעומס אורגני גבוה ובריכוז גבוה של תרכובות פנוליות רעילות.
- כדי שפסולת זו לא תזרם לנחלים ולמכונני טיהור שפכים, היא מפוזרת על גבי קרקעות, למשל בשדות, במטעים, בדרכים וביערות.
- לעקר יש השפעות על תכונות הקרקע. בין השאר נמצא במחקר כי פיזור עקר מגביר את יכולת הקרקע לספוח כימיקלים, ממקור טבעי או אנושי (כגון חומרי הדברה ומזהמים אחרים).
- קיבוע כימיקלים בקרקע מקטין את זמינותם לתהליכים ביולוגיים, ומשפיע על גורלם הסביבתי: מצמצם התפשטות מזהמים לסביבה (למשל למי התהום) וגורם להצטברות מזהמים בשכבת הקרקע העליונה. המערכת

תקציר

השיטה התלת-פאזית היא השיטה הנפוצה בישראל להפקת שמן זית, ובמסגרתה מתקבלים שני תוצרי לוואי לצד שמן הזית עצמו: גִּפְת מוצקה ופסולת נוזלית המכונה "עקר". הטיפול בעקר מורכב, היות שהוא חומצי, ומכיל ריכוז גבוה של חומר אורגני ותרבות פנויות רעילות. כיום נחשב פיזורו של העקר בשדות חקלאיים, במטעים, בשטחי קק"ל, בדרכים חקלאיות, בדרכי כורכר ובמחצבות לאחת השיטות העיקריות המומלצות לטיפול בפסולת זו. עם זאת, לפיזור עקר על גבי קרקעות עשויות להיות השלכות שונות על טיב הקרקע ועל תכונותיה; בין השאר, על יכולתה של הקרקע לספוח כימיקלים ממקור טבעי או אנושי, כגון כימיקלים בשימוש חקלאי וחומרי הדברה שנעשה בהם שימוש באזור. לספיחה של תרכובות אורגניות על-ידי הקרקע יש השפעה על גורלם הסביבתי של הכימיקלים, והיא עשויה להגביר את הצטברותם בקרקעות. מטרת מאמר זה היא לדווח על השפעת פיזור העקר על פוטנציאל הקרקע לספוח שלושה חומרי הדברה מסדרת קוטלי העשבים (סימזין, דיורון ואטרזין), ושני חומרים המייצגים תרכובות אורגניות הנפוצות במזהמים ממקור אנושי ובעקר עצמו (פנול וחומצה קפאית). לשם הבדיקה נדגמו קרקעות בעלות מרקם שונה ממטעי זיתים במרכז המחקר גילת, בקיבוץ רביבים ובקיבוץ נגבה, וזאת בשני עומקים: 0–3 ס"מ ו-3–20 ס"מ. קרקעות אלה כללו חלקות שפוזר עליהן עקר וחלקות ביקורת ללא פיזור. מהממצאים עולה כי פיזור העקר עשוי להוביל לעלייה משמעותית של עד פי שניים או שלושה באינטראקציות הספיחה בין הקרקע והתרכובות האורגניות הנבחנות, שמתבטאת במקדמי החלוקה (K_d) המתארים את התפלגות הנספח בין הקרקע ובין התמיסה המימית. העלייה במקדמי החלוקה באה לידי ביטוי בייחוד בשכבת הקרקע העליונה, 0–3 ס"מ, שהעקר פוזר עליה, אך גם בשכבות התחתונות בצורה מתונה יותר. התופעה מקבילה לעלייה בתכולת החומר האורגני, וקשורה ככל הנראה גם לטיבו ולתכונותיו של החומר. בין השאר, להשפעה זו יש פוטנציאל להוביל גם להורדת ניידותם של החומרים האורגניים בקרקע. ההשלכות האפשריות לתופעה זו מגוונות, אינן חד-משמעיות, ולעתים אף עשויות להיות מנוגדות זו לזו. לדוגמה, מחד גיסא ישנה תרומה למניעת התפשטותם של מזהמים אורגניים לסביבה (ובפרט נדידתם לעבר מי התהום), ומאידך גיסא יש עידוד הצטברות כימיקלים אורגניים בשכבת הקרקע העליונה, שעשויים לגרום שינוי מסוים באופייה.

רקע

נף ייצור שמן הזית הוא ענף חשוב בחקלאות המדינה, ולאורך השנים האחרונות הוא מצוי בה במגמת התפתחות ^[11]. נכון לשנת 2014 ישנם כ-328 אלף דונמים של מטעי זיתים ^[2] שרובם המכריע מיועד להפקת שמן בשתי שיטות עיקריות: השיטה הדו-פאזית, שמתקבלים בה שמן זית ופסולת מוצקה למחצה, והשיטה התלת-פאזית שמשמשת כשיטת ההפקה העיקרית בארץ ^[1]. בשיטה התלת-פאזית מתקבלים שמן זית ושני תוצרי לוואי: פסולת מוצקה הנקראת גִּפְת בהיקף מחושב של כ-81 אלף טונות ^[4], ופסולת נוזלית המכונה עקר בהיקף מחושב של כ-132,500 מ"ק נכון לשנת 2013 ^[9], וזאת בשנים שיש בהן תנובה רבה.

עוד דרכי הטיפול בפסולת המוצקה מגוונת וידועות, כגון השימוש בה כחומר בעירה, כתוספות למזון לבעלי חיים ^[4] ושילובה כמרכיב עיקרי בתהליכי קומפוסטציה ^[5], לא כן הדבר לגבי העקר. העקר, כפי שאופיין עד כה, מכיל שיעור גבוה של חומר אורגני, הכולל תרכובות פנויות, אליפטיות, חומצות שומן ותרכובות אחרות בעלות נגזרות שונות ^[14, 18, 21]. יתרה מזאת, העקר מתאפיין בערך הגבה (pH) חומצי של 4–5, ובצריכת חמצן ביוכימי וכימי הגבוהה פי 200–400 משפכים עירוניים טיפוסיים ^[19].

בישראל מציג המשרד להגנת הסביבה מספר דרכים לטיפול בפסולת העקר, בהן איגום ואגירה עד לפיזור בשדה חקלאי, מיהול, העברה לאתר קומפוסטציה מוגדר והקמת מתקנים טכנולוגיים ייעודיים לקליטת עקר ^[8]. לצד זאת, מאפייניו של העקר והכמות המתקבלת ממנו גורמים לבעייתיות בעת שילוב שפכים אלה במערך הטיהור של המט"שים הקיימים – הזרמת העקר אליהם מסבה נזק למפעלי טיהור השפכים, ואף עשויה לגרום לקריסתם ^[10]. קריסה כזו עלולה לגרום זיהום מקורות מים ונזק סביבתי, כפי שאירע במט"ש כרמיאל ובנחל חילזון הסמוך בשנת 2010 ^[3]. מסמך הנחיות מעודכן מטעם המשרד להגנת הסביבה ^[7] מונה בעיות נוספות הנגרמות מסילוק עקר שאינו מבוקר, לדוגמה: זיהום מי נחלים ומי תהום, היותו של העקר מפגע ריח (בייחוד בעת איגום) ופגיעה אפשרית במערכת הביוב. במסגרת המסמך מופיעות הנחיות מפורשת לגבי פיזור מבוקר של עקר, והמשרד מורה לבעלי בתי הבד בארץ לבצע פיזור קרקעי של עקר בשדות חקלאיים, במטעים, בשטחי קק"ל, בדרכים חקלאיות, בדרכי כורכר ובמחצבות.

לפיזור עקר על גבי קרקעות עשויות להיות השלכות שונות על טיב הקרקע ועל תכונותיה. בין הביטויים לכך ניתן למצוא השריית הידרופוביות על שכבת הקרקע ^[19], פיטו-טוקסיות והרעלה אפשרית של צמחים, פגיעה בהתארכות שורשים ^[13], עיכוב נביטת זרעים באופן זמני ^[20] ופגיעה באוכלוסייה המיקרוביאלית ^[17]. בין השאר, פיזור קרקעי של עקר צפוי להשפיע על אינטראקציות

הספיחה בין הקרקע למגוון כימיקלים ממקור טבעי או אנושי, בהם אגרוכימיקלים שונים וחומרי הדברה שנעשה בהם שימוש באזור או סמוך לו.

לספיחה של תרכובות אורגניות על-ידי הקרקע תפקיד חשוב בהשפעה על גורלם הסביבתי. ניתן למנות מגוון השפעות הנגרמות מספיחה חזקה של התרכובות לקרקע, לדוגמה: דיכוי תנועתם של חומרים כלפי עומק הקרקע וזיהום מי תהום, הורדת מידת נידופם לאטמוספירה, הורדת זמינותם הביולוגית וכן השפעה על הצטברותם של כימיקלים בקרקעות, תגובתם עם כימיקלים אחרים ופירוקם.

אי לכך, ישנה חשיבות לבחינת השפעתו של פיזור העקר על אינטראקציות הספיחה קרקע-כימיקל, מההיבט החקלאי ומההיבט הסביבתי. ידע זה יתרום להבנה טובה יותר בכל הקשור לגורלם של אגרוכימיקלים אורגניים בפרט, ושל כימיקלים מזהמים בכלל, בסביבה המושפעת מפיזור מבוקר או אקראי של שפכים נוזליים מבתי בד.

הידע הקיים כיום לגבי השפעתו של העקר על ספיחה של כימיקלים אורגניים על-ידי הקרקע מוגבל למדי. לצד זאת, נמצא בעבר כי פיזור עקר והדגרה קצרת-טווח בתנאי מעבדה גרמו לעלייה בספיחה של אטרזין לקרקע [22]. תופעה דומה נמצאה גם עבור סימזין ודירון בקרקעות מטופלות בעקר, שהיסטוריית פיזור העקר בהן אינה ברורה לאשורה [19]. במחקר זה נבקש להציג כיצד עקר שלא עבר טיפול מקדים, ושפוזר בשטח חקלאי בהיקפים ידועים, משפיע על אינטראקציות הספיחה של כימיקלים אורגניים לקרקע. לשם כך, נבחנו ספיחתם של חומרי הדברה מסדרת קוטלי העשבים: סימזין, דירון, אטרזין וכן גם פנול וחומצה קפאית (תרכובות ארומטיות, שיכולות לייצג חלקית קבוצות כימיות שנפוצות בעקר ובמזהמים ממקור אנושי) על קרקעות שנדגמו ממטעי זיתים בשלושה אתרים: רביבים, גילת ונגבה, שפוזר עליהן עקר בהיקף ידוע.

שיטות וחומרים

קרקעות

קרקעות בעלות תכולת חומר אורגני ומרקם שונה נדגמו בשלושה מטעי זיתים: במרכז המחקר גילת (קרקע חרסית סיין חולית), בקיבוץ רביבים במרכז הנגב (חרסית סיין חולית), וכן בקיבוץ נגבה (סיין טיני) שבמישור החוף הדרומי. אפיון רחב יותר של קרקעות אלה יכול להימצא במקור [12]. הדגימה התבצעה בשני עומקים משלושה אזורים (חזרות) בתוך אתר הדגימה; 0–3 ס"מ ו-20–3 ס"מ, בקרקע שפוזר עליה עקר, ובקרקע הביקורת ללא פיזור העקר.

על הקרקע המטופלת מרביבים פוזר עקר אחת לשנה במשך ארבע שנים בהיקף של 10–14 מ"ק לדונם בכל פעם. על הקרקעות בגילת ובנגבה התבצע פיזור מתון וחד-פעמי בהיקף של 7 מ"ק לדונם. בשלוש החלקות מקורו של העקר בבית הבד חלוצה הסמוך לקיבוץ רביבים. דגימת הקרקעות התבצעה בחודשי האביב, כשלושה עד חמישה חודשים מעת הפיזור האחרון של העקר. נתונים נוספים לגבי אופן הפיזור והדגימה בקרקעות הללו, וכן פירוט לגבי הבדיקות שנערכו עליהן ניתן למצוא בפרסומים אחרים [12, 19].

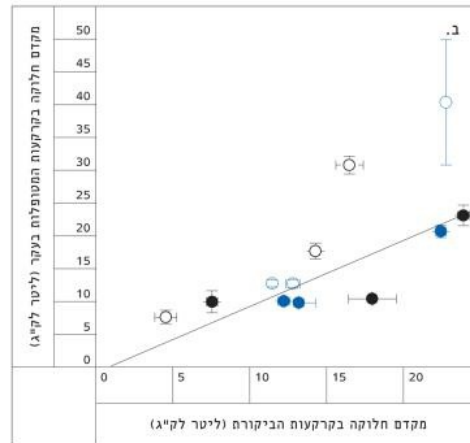
ניסויי ספיחה ומדידות אנליטיות

ניסויי הספיחה בוצעו מתוך תמיסה מימית בנוכחות של סודיום אזיד כביציד (200 מ"ג לליטר) וקלציום כלוריד (0.01 מולר) בהתאם לפרוטוקול [15] וכמתואר בפירוט בפרסומים אחרים [12, 19]. ספיחת התרכובות נבדקה בשלושה ריכוזים שונים של התרכובות הבאות: אטרזין, סימזין, דירון, פנול וחומצה קפאית. לכל ריכוז נמדדו שלוש חזרות בנוכחות הסופח, ושתי חזרות בביקורת פנימית בתמיסה של התרכובת בלי נוכחות קרקע. כל חזרה במדידת הספיחה מייצגת את דגימת הקרקע שנלקחה מאחד משלושה מקומות נפרדים בתוך אזור הדגימה, כך שניסויי הספיחה שימשו מדגם שהושפע משונות המייצגת את השדה. הניסוי בוצע על פי זמן הגעה לשיווי משקל העומד על 72 שעות, ונשמרה בו טמפרטורה של 25 מעלות צלזיוס ובתנאים שאינם חשופים לאור. הדגימות עברו סריכוז במשך 15 דקות ב-3,500 סל"ד, והתמיסה המתקבלת הועברה לבדיקה ב-HPLC. פירוט לגבי המדידות מופיע בפרסום אחר [12]. הכמות הנספחת חושבה עבור משקל קרקע יבשה מתוך הפרשים בין הריכוז ההתחלתי לריכוז בשיווי משקל בתמיסה.

תוצאות ודיון

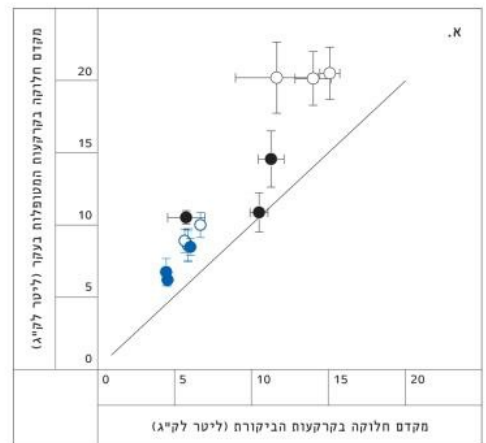
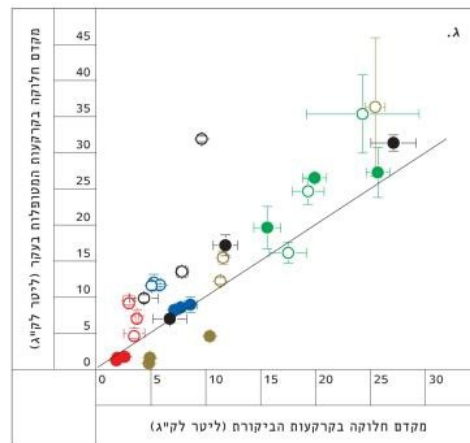
לצורך אפיון של השפעת פיזור העקר בשדה על אינטראקציות הספיחה בין הקרקע והכימיקל, חושב ונבחן מקדם החלוקה, K_d , שמביע את היחס בין ריכוז התרכובת הנספחת בקרקע ובין זה שבתמיסה המימית. מקדם זה מעיד למעשה על חוזק אינטראקציות הספיחה המתקיימות בין הסופח והנספח. באיור 1 מופיע תרשים המציג את מקדמי החלוקה לקרקעות שנבדקו,

ובו ציר Y מציג את מקדמי החלוקה בקרקעות שטופלו בעקר, וציר X מתייחס למקדמי החלוקה בקרקעות הביקורת. הסמלים השונים באיור 1 מייצגים את התרכובות האורגניות השונות ואת שתי שכבות הקרקע שנבדקו, אך הם לא מתייחסים לסולם הריכוזים בתמיסות השונות.



איור 1. ספיחת תרכובות אורגניות על גבי קרקעות מנגבה (א), מגילת (ב) ומרביבים (ג)

מקדמי החלוקה מתארים את התפלגות הנספח בין הקרקע ובין התמיסה המימית. ערכי המקדמים המתקבלים בקרקעות המטופלות בעקר מיוצגים בציר Y, והערכים המתקבלים בקרקעות הביקורת מיוצגים בציר X. קווי השגיאה מצביעים על סטיית החקן. הנקודות על הגרף מציגות ריכוזים שונים של הנספח עבור שכבת קרקע נתונה. הישר $y=x$ מסמל יחס של 1:1 בערכי מקדמי החלוקה בין הקרקע המטופלת בעקר וקרקע הביקורת. הנתונים לגבי ספיחתם של הסימזין והדירון על גבי הקרקע מרביבים (ג) לקוחים מ-Peikert et al.^[19]



○ פנול, בשכבת הקרקע העליונה (0-3 ס"מ)	○ חומצה קפאית, בשכבת הקרקע העליונה (0-3 ס"מ)	○ אטריון, בשכבת הקרקע העליונה (0-3 ס"מ)	○ סימזין, בשכבת הקרקע העליונה (0-3 ס"מ)	○ דירון, בשכבת הקרקע העליונה (0-3 ס"מ)
● פנול, בשכבת הקרקע התחתונה (3-20 ס"מ)	● חומצה קפאית, בשכבת הקרקע התחתונה (3-20 ס"מ)	● אטריון, בשכבת הקרקע התחתונה (3-20 ס"מ)	● סימזין, בשכבת הקרקע התחתונה (3-20 ס"מ)	● דירון, בשכבת הקרקע התחתונה (3-20 ס"מ)

איור 1

ספיחת תרכובות אורגניות על גבי קרקעות מנגבה (א), מגילת (ב) ומרביבים (ג)

מקדמי החלוקה מתארים את התפלגות הנספח בין הקרקע ובין התמיסה המימית. ערכי המקדמים המתקבלים בקרקעות המטופלות בעקר מיוצגים בציר Y, והערכים המתקבלים בקרקעות הביקורת מיוצגים בציר X. קווי השגיאה מצביעים על סטיית התקן. הנקודות על הגרף מציגות ריכוזים שונים של הנספח עבור שכבת קרקע נתונה. הישר $y=x$ מסמל יחס של 1:1 בערכי מקדמי החלוקה בין הקרקע המטופלת בעקר וקרקע הביקורת. הנתונים לגבי ספיחתם של הסימזין והדירון על גבי הקרקע מרביבים (ג) לקוחים מ-Peikert et al.^[19]

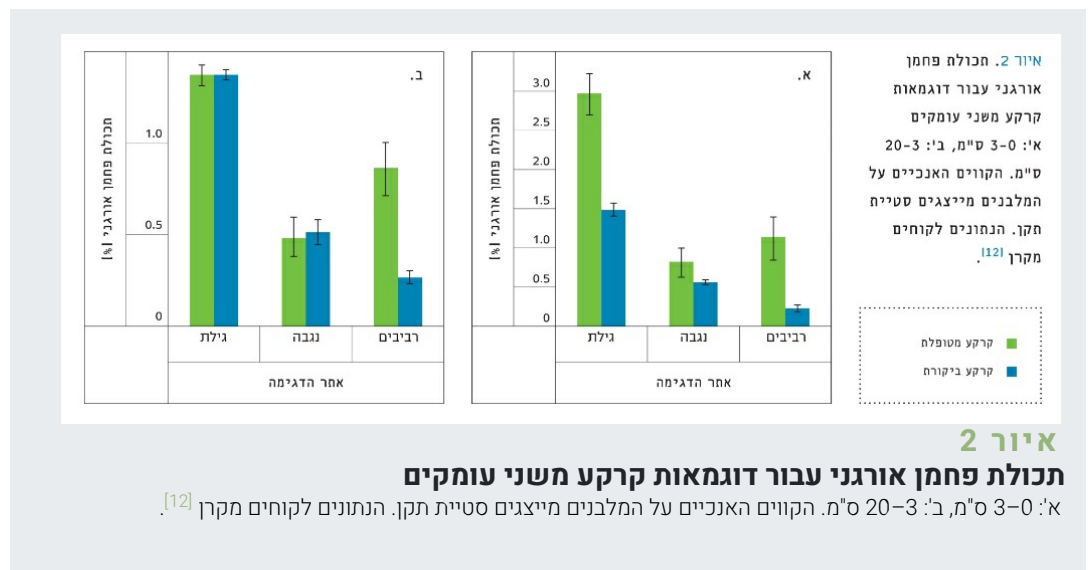
יכר כי בקרקע מנגבה (איור 1א) כמעט כל הנקודות ממקומות מעל הישר $y=x$ המסמן שוויון בחוזק הספיחה בין הקרקע המטופלת בעקר וקרקע הביקורת. עובדה זו מצביעה על כך שפיזור חד-פעמי של עקר הגדיל את פוטנציאל הספיחה של הקרקע לגבי סימזין ודירון בשתי שכבות הקרקע, 0-3 ו-20-30 ס"מ. עבור הנספח הנתון, העלייה ביכולת הספיחה לקרקע לאחר פיזור עקר עשויה להשתנות כתלות בריכוז התרכובת בתמיסה, וזאת כתוצאה מאיזוטרמת ספיחה לא ליניארית. כתוצאה מפיזור העקר נרשמה עלייה של פי 1.3-1.8 במקדם החלוקה, K_d , עבור שני חומרי ההדברה.

דומה לכך, מסתמן כי בקרקע מגילת (איור 1ב) פיזור מקדים של עקר מוביל לעלייה של 120-190% בספיחה של הסימזין והדירון בשכבה העליונה, 0-3 ס"מ, ומתבטא ב- K_d . עם זאת, באותה קרקע ממש כמעט לא נצפתה עלייה בספיחתם של

כימיקלים אלה בשכבה התחתונה, 20–3 ס"מ, ובמקרים בודדים אף ניתן להבחין בירידה באינטראקציות קרקע-כימיקל.

באיור 1 ניתן לראות נתונים עבור חמש תרכובות אורגניות שונות שספיחתן נבחנה על הקרקע מרבבים, שפיזור העקר בה היה מתמשך ובהיקף גדול יותר מאשר בקרקעות מגילת ומנגבה. ככלל, ניתן לומר כי פיזור העקר יכול להוביל לעלייה בספיחתם של הכימיקלים הנבדקים לקרקע. בדגימות שכללו את שכבת הקרקע העליונה, 0–3 ס"מ, ניכרת עלייה בספיחה בין התרכובות והקרקע בשל פיזור העקר, לבד מבשלושה ריכוזים בספיחתם של האטריזין, הפנול והחומצה קפאית. לדוגמה, העלייה ב- K_d הייתה פי 1.4–3.1 בספיחת האטריזין ופי 2.0–2.3 בספיחת הסימזין. מקדמי החלוקה של הדירון הספוח בשכבת הקרקע העליונה עלו פי 1.7–3.3 כתוצאה מפיזור העקר. על גבי דגימות הקרקע מהשכבה התחתונה, 20–3 ס"מ, השפעה זו מתבטאת בצורה מתונה יותר, ובמקרה של הפנול, האינטראקציות קרקע-כימיקל אף פחתו לאחר פיזור העקר. הסיבה לכך עשויה להיות תחרותיות בין התרכובות הפנויות שמקורן בעקר, לבין הפנול שהוסף באופן מלאכותי לתמיסה.

ההסבר לעלייה בספיחה שבין הקרקע לכימיקל בקרקעות המטופלות בעקר מיוחס לעלייה בתכולת הפחמן האורגני בקרקע כפי שמוצג **באיור 2**. חשיבותו של הפחמן האורגני בקרקע נעוצה בהיותו גורם מכריע בכל הנוגע לאינטראקציות קרקע-כימיקל [23].



איור 2

תכולת פחמן אורגני עבור דוגמאות קרקע משני עומקים

א': 0–3 ס"מ, ב': 20–3 ס"מ. הקווים האנכיים על המלבנים מייצגים סטיית תקן. הנתונים לקוחים מקרן [12].

כפי שעולה **מאיור 2**, פיזור קרקעי של עקר מוביל לעלייה ניכרת בתכולת הפחמן האורגני בשכבה העליונה של הקרקעות, בעוד שבשכבה בעומק 20–3 ס"מ לא נצפתה מגמה עקבית מעין זו. מגמת העלייה בתכולת הפחמן האורגני בקרקע תואמת את אופי פיזור העקר בשטח, קרי ביחס לפיזור המתמשך ורחב ההיקף ברביבים, לעומת הפיזור החד-פעמי והמוגבל באופן יחסי בגילת ונגבה. לצד זאת, השינויים בתכולת הפחמן האורגני אינם המכתיבים הבלעדיים של העלייה בעוצמת האינטראקציות בין הקרקע והתרכובות האורגניות הנספחות. ראייה לכך היא העלייה בספיחה שחלה בשכבת הקרקע התחתונה של נגבה בדגימות שפוזר עליהן עקר (**איור 1א**), בעוד שלא נצפה שינוי מובהק בתכולת הפחמן האורגני שבה (**איור 2**). יתרה מכך, ניתן לראות **באיור 1** כי התחזקות הספיחה בין הקרקע והתרכובות כתוצאה מפיזור עקר (שמתבטאת בעלייה של ערכי מקדם החלוקה בקרקעות המטופלות בעקר אל מעבר לישר $y=x$ המסמל שוויון בחוזק הספיחה) תלויה בריכוזו של הכימיקל בתמיסה, עובדה המעידה על מנגנוני ספיחה שונים בקרקע המטופלת בעקר ובקרקע הביקורת.

הואיל וכן הדבר, ניתן לומר כי לא רק ערכה הכמותי של תכולת החומר האורגני בקרקע משפיע על עוצמת הספיחה, אלא גם טיבו ואיכותו. נוסף על העלייה בתכולת הפחמן האורגני, התחזקות ספיחתם של הסימזין והדירון על גבי שכבת הקרקע העליונה תואמת גם היא באופן איכותי לאופן פיזור העקר על הקרקעות השונות ולהיקף הפיזור. לגבי סימזין, העלייה במקדם החלוקה כתוצאה מפיזור עקר בשכבות העליונות של הקרקעות הייתה פי 2.0–2.3 ברביבים, פי 1.0–1.8 בגילת, ופי 1.4–1.6 בנגבה. עבור דירון באותה סדרת קרקעות העלייה ב- K_d הייתה פי 1.7–3.3, פי 1.4–1.7 ו-1.3–1.9, בהתאמה. לצד זאת, לא הסתמנה כל מגמה הקושרת בין עלייה בחוזק אינטראקציות הספיחה לשיעור פיזור העקר בעת בחינת נתוני הספיחה המתקבלים בשכבת הקרקע התחתונה, 20–3 ס"מ.

התוצאות המצביעות על עלייה בספיחתם של כימיקלים לקרקע לאחר פיזור מבוקר של עקר, מתיישבות עם תוצאות קודמות שהתקבלו בתנאי מעבדה [16, 22], וכן עם ממצאים קודמים של ספיחת סימזין ודירון בקרקעות שפוזר עליהן עקר בצורה לא מבוקרת במשך זמן רב [19].

באופן כללי ניתן לשער שפיזור עקר יתרום גם לעלייה בתכולת החומר האורגני המסיס, שיכול להוביל לקשירת כימיקלים ומזהמים אלו. עם זאת, ניתן לומר כי במקרים שנבחנו ונמצאה בהם עלייה במקדם החלוקה (K_d), לאינטראקציה של התרכובת עם הקרקע משקל רב יותר מאשר לאינטראקציות הקשירה לחומר האורגני המסיס. על כן, האינטראקציות עם הקרקע הן המכתיבות את התנהגות הכימיקל או המזהם בקרקע, שמתבטאת בירידת ניידותם.

לצד הנאמר לעיל, מאמר זה מתאר את התנהגותם של כימיקלים ומזהמים בקרקע שפוזר עליה עקר, ולא ניתן לגזור ממנו מסקנה חד-משמעית לגבי התועלת או לחלופין "חוסר הכדאיות" הגלומים בפיזור זה. הסיבה המרכזית לכך היא כי לעלייה בספיחת הכימיקלים על-ידי הקרקע ישנן השלכות שונות, שתלויות בתרחיש ובמערכת.



ענף ייצור שמן הזית הוא ענף חשוב בחקלאות המדינה, אך בכל הקשור למדיניות סילוק העקר מציב המחקר סימני שאלה / צילום: flavio

מסקנות

- לבד מהשפעותיו הידועות על תכולת הפחמן האורגני בקרקע, פיזורו של העקר צפוי להוביל לשינוי בתכונותיה של הקרקע מבחינת יכולתה לספוח תרכובות אורגניות הכוללות חומרי הדברה ומזהמים אחרים ממקור אנושי. במקרים שהוצגו התבטא השינוי בעלייתן של אינטראקציות הספיחה של כימיקלים לקרקע שהעקר פוזר עליה. עלייה זו מצביעה גם על כך שלאינטראקציה של התרכובת עם הקרקע משקל רב יותר מאינטראקציות אפשריות של קשירה לחומר האורגני מסיס, ועל כן היא זאת המכתיבה את התנהגות הכימיקל או המזהם בקרקע.
- התופעה נצפתה בעיקר בשכבת הקרקע העליונה, אף על פי שגם בעומקים נמוכים יותר הסתמנה השפעה מסוימת.
- תוצאותיה המצופות של העלייה בספיחה הנגרמת מפיזורו של העקר הן קיבוע הכימיקל בקרקע, הגבלת תנועתו, ואף הפיכתו לזמין פחות לתהליכים ביולוגיים. ההשלכות לכך מגוונות וטיבן שנוי במחלוקת; יש להן היבטים חיוביים, כגון הגנה על מאגרי מי תהום על-ידי ספיחתם של כימיקלים והגבלת התפשטותם אל הסביבה ואף שחרור הדרגתי מהקרקע לאורך עונת הגידול; מנגד, במקרים אחרים, תתבטא ההשפעה באופן שלילי, שכן עשויה להתרחש הצטברות של הכימיקל בשכבת הקרקע העליונה, שיש לה השפעה אפשרית על תכונותיה של הקרקע, ויצירת זיהום קרקע לאורך זמן. השפעת פיזור עקר על הספיחה לקרקע עשויה גם להתבטא בצורך חקלאי בשימוש רחב יותר באגרונומיקלים בשדה בשל איבוד החומר הפעיל כתוצאה מהספיחה לקרקע.
- במסגרת מאמר זה לא ניתן לספק המלצות חד-משמעיות לגורמים השונים בענף, היות שהמשמעויות השונות הנובעות מהתופעות הנידונות תלויות בכל תרחיש לגופו.

תודות

מחקר זה נעשה במסגרת הפרויקט הטריטוריאלי OLIVEOIL SCHA849/13-1 שמומן על-ידי (DFG) Deutsche Forschungsgemeinschaft, גרמניה. תודה לד"ר יעל לאור ממרכז המחקר נווה-יער על תרומתה הרבה להכנת המאמר, לאחמד נאסר ממכון וולקני על העזרה בדגימת הקרקע, ולשני המבקרים האנונימיים של המאמר.

מקורות

1. אביאני ע, קרסנובסקי א, מדינה ש ואחרים. 2011. ערכם ההורטיקולטורי של תוצרי קומפוסטציה משולבת של פסולת בתי בד. *עלון הנוטע ס"ה* (פברואר-מרץ).
2. בירגר ר וחנוך א. 2014. ענף הזית: תמונת מצב 2014. *עלון הנוטע ס"ח* (יולי).
3. הפורטל הישראלי לחקלאות טבע וסביבה, חדשות בחקלאות, טבע וסביבה. 2010. [המשרד להגנת הסביבה יוציא צווי סגירה לבתי בד מזהמים](#). 02.11.2010. נצפה ב-18 במאי 2015.
4. לאור י, רביב מ וקפואה ש. 2007. שיקולים בבחירת מערך מתאים לטיפול בשפכי בתי בד בישראל. *עלון הנוטע ס"א* (נובמבר).
5. לאור י ורביב מ. 2006. מחזור פסולת בתי בד בחקלאות. *עלון הנוטע ס'י* (דצמבר).
6. לונדון ע. 2013. שימוש העקר: עבר, הווה, עתיד. *עלון הנוטע ס"ז* (אוגוסט).
7. המשרד להגנת הסביבה. 2015. הנחיות לפיזור עקר – שפכים מבתי בד – 2014. נצפה ב-18 במאי 2015.
8. המשרד להגנת הסביבה, תחום תשתיות מחוז צפון. 2008. מפגעים סביבתיים מפעילות בתי בד – עמדת מחוז צפון. נצפה ב-9 באפריל 2015.
9. משרד החקלאות ופיתוח הכפר, מנהלת ההשקעות בחקלאות, האגף לאגרואקולוגיה – שה"מ החטיבה למחקר, כלכלה ואסטרטגיה. 2013. ניהול תוצרי הלואי בחקלאות ישראל והגדלת כושר הטיפול במשאביהם. מסמך עזר לקביעת מדיניות והערכת עלויות ראשונית.
10. רשות המים, חטיבת הכלכלה. 2013. ההיבט הכלכלי לעניין עלויות שפכים חריגים ושפכים אסורים – נספח לנוסח כללים המוגש לשמיעת עמדות הציבור).
11. נעלי ע. 2014. ענף שמן הזית: תמונת מצב 2014. *עלון הנוטע ס"ח* (יולי).
12. קרן י. 2014. השפעת פסולת נוזלית של בתי בד על אינטראקציות של תרכובות אורגניות בקרקע (עבודת גמר לתואר מוסמך). רחובות: האוניברסיטה העברית בירושלים.
13. Aviani I, Raviv M, Hadar Y, et al. 2009. Original and residual phytotoxicity of olive mill wastewater revealed by fractionations before and after incubation with *pleurotus ostreatus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57**: 11254-11260.
14. Azbar N, Bayram A, Filibeli A, et al. 2004. A review of waste management options. *Critical Reviews in Environmental Science & Technology* **34**: 209-247.
15. Borisover M, and Graber ER. 2003. Classifying NOM-organic sorbate interactions using compound transfer from an inert solvent to the hydrated sorbent. *Environmental*

Science & Technology **37**: 5657-5664.

16. Cox L, Celis R, Hermosin MC, et al. 1997. Porosity and herbicide leaching in soils amended with olive-mill wastewater. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **65**: 151-161.
17. Isidori M, Lavorgna M, Nardelli A, and Parrella A. 2005. Model study on the effect of 15 phenolic olive mill wastewater constituents on seed germination and vibrio fischeri metabolism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**: 8414-8417.
18. Mulinacci N, Romani A, Galardi C, et al. 2001. Polyphenolic content in olive oil waste waters and related olive samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **49**: 3509-3514.
19. Peikert B, Schaumann GE, Keren Y, et al. 2014. Characterization of topsoils subjected to poorly controlled olive oil mill wastewater pollution in West Bank and Israel. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **199**: 176–189.
20. Saadi I, Laor Y, Raviv M, and Medina S. 2007. Land spreading of olive mill wastewater: Effects on soil microbial activity and potential phytotoxicity. *Chemosphere* **66**: 75-83.
21. Sabbah I, Yazbak A, Haj J, et al. 2005. Biomass selection for optimal anaerobic treatment of olive mill. *Environmental Technology* **26**: 47-54.
22. Schaumann GE, Shemotyuk L, Borisover M, et al. 2011. Potential effects of olive oil production waste water on soil quality. *Acta Horticulture* **888**: 337-344.
23. Schwarzenbach RP, Gschwend PM, and Imboden DM. 2002. Environmental organic chemistry, 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience.