

משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר
לקרן המדען הראשי

קוד זיהוי	א. נושא המחקר (בעברית)
821 - 130 - 12	מזהמים אורגנים בקולחים ובבוצה: נוכחות בתוצרת חקלאית (צומח ובשר), תהליכים והשפעות

ג. כללי			
מוסד מחקר של החוקר הראשי			
המחלקה למדעי הקרקע והמים, האוניברסיטה העברית בירושלים			
תאריכים		סוג הדו"ח	
תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון	תקופת המחקר עבודה מוגש הדו"ח	שנת	התחלה
שנה / חודש	שנה / חודש	שנה / חודש	שנה / חודש
09 / 2014	09 / 2014	03 / 2011	

ב. צוות החוקרים		
שם פרטי	שם משפחה	
בני	חפץ	חוקר ראשי
חוקרים משניים		
1	בר טל	אשר
2	משה	שנקר
3	רות	בראב-טל
4	יורם	קפולניק
5	אמנון	שוורץ
6	לודה	גרויסמן
7	צבי	רוט
	דוד	וינברג

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח		
שם מקור המימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים
מדען ראשי מופ קולחים		730,000

ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתובת דיווחים המחקר נועד לבחון סכנות אפשריות של נוכחות מזהמים אורגנים בבוצה ובקולחים ואת החשש כי החומרים יקלטו בצמחים ויצטברו בשרשרת המזון. המחקר מתמקד בקשר שבין קולחים/בוצה, קרקע, צמח ומזון מהחי. מטרת המחקר היו לבחון קליטה והתפלגות בצמח של חומרים רפואיים; לסקור נוכחות וריכוז מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת; ולבחון היתכנות מעבר מזהמים ממנת ההזנה אל הבשר והחלב. במחקר נערכו ניסויי חממה, נבדקה תוצרת חקלאית ונערכו ניסויים עם פרות וכבשים. מתוצאות ניסויי החממה והסקר החקלאי, קיימת קליטה של חומרים רפואיים שונים שמקורם בקולחים בצמחים חקלאיים (עגבנייה, מלפפון וחסה) כתלות בתכונות המזהם, הקרקע וצורת היישום. ממצאים חדשים ממחקר זה מצביעים כי carbamazepine לא רק שנקלט אלא גם עובר מטבוליזם בצמח ולפחות חלק מהמטבוליטים הינם בעלי סיכון בריאותי גבוה יותר מחומר המוצא. סקר התוצר שבדקנו הראה כי תוצרת חקלאית מושקית בקולחים ובעיקר זו המושקית בקולחים שמקורם בתשלובת הקישון מזהמים carbamazepine (תרופה אניטיאפילפטית יציבה בסביבה). תוצאות מניסויי חשיפה לחומרים הידועים כבעלי השפעה הורמונלית מראות שקיימת פגיעה בדומיננטיות והתפתחות פתולוגיות שחלתיות והאנדוקריניים בפרות, ופגיעה במורפולוגית אשכים בטלאים.

תאריך (שנה) (חודש) (יום)	רשות המחקר	אמרכלות (רשות המחקר)	מנהל המכון (פקולטה)	מנהל המחלקה	חוקר ראשי
-----------------------------	------------	-------------------------	------------------------	-------------	-----------

דו"ח לתוכנית מחקר מספר 821-0130-12

מזהמים אורגנים בקולחים ובבוצה: נוכחות בתוצרת חקלאית (צומח ובשר), תהליכים והשפעות

**Organic Pollutants in Reclaimed Wastewater and Sludge:
Fate in the Agro-Environment and accumulation in Agro-Products**

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

המחלקה למדעי הקרקע והמים והמכון למדעי הצמח, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים.	בני חפץ
המחלקה למדעי הקרקע והמים והמכון למדעי הצמח, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים.	משה שנקר
המכון למדעי הקרקע, מים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי.	אשר בר טל
המחלקה לחקר בקר וצאן, מינהל המחקר החקלאי.	רות בראב-טל
המכון למדעי הצמח, המחלקה למשאבי טבע, מינהל המחקר החקלאי.	יורם קפולניק
המכון לצמח, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים.	אמנון שוורץ
המעבדה הארצית לבריאות הציבור ת"א, משרד הבריאות.	לודה גרויסמן
המחלקה למדעי בעלי חיים, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים.	צבי רוט
המחלקה לבריאות הסביבה, משרד הבריאות.	דוד וינברג

Emails: [Benny Chefetz](mailto:Benny.Chefetz@agri.huji.ac.il), [Moshe Shenker](mailto:moshe.shenker@agri.huji.ac.il), [Amnon Schwartz](mailto:amnon.schwartz@agri.huji.ac.il) and [Zvi Roth](mailto:zvi.roth@agri.huji.ac.il), Faculty of Agricultural, Food and Environmental Quality Sciences, The Hebrew University of Jerusalem. chefetz@agri.huji.ac.il, shenker@agri.huji.ac.il, schwartz@agri.huji.ac.il, roth@agri.huji.ac.il

Asher Bar-tal, Ruth Braw-Tal, Yoram Kapulnik, The Agricultural Research Organization (ARO). Volcani Center. abartal@volcani.agri.gov.il, roth@agri.huji.ac.il, kapulnik@volcani.agri.gov.il

Luda Groisman and David Weinberg, Ministry of Health, Israel.

luda.groisman@PHLTA.HEALTH.GOV.IL, david.w@MOH.HEALTH.GOV.IL

ספטמבר, 2014

אלול, תשע"ד

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן/לא

חתימת החוקר
רשימת פרסומים:

Goldstein, M., M. Shenker, and B. Chefetz. 2014. Insights into the uptake processes of wastewater-borne pharmaceuticals by vegetables. *Environ. Sci. Technol.* 48:5593–5600.

Benny Chefetz, Rotem Navon, Adi Maoz, Daniella Harush, Tamar Mualem, Myah Goldstein and Moshe Shenker. Contaminants of Emerging Concern in the Agro-Environments: Fate and Processes. The Dahlia Greidinger International Symposium 2013, Technion, Haifa, Israel.

Myah Goldstein, Benny Chefetz and Moshe Shenker. Uptake of pharmaceuticals and personal care products, The 2nd Israeli Graduate Student Symposium on Environmental Health, 2013 Grand Water Research Institute, Technion, Haifa, Israel.

מאיה גולדשטיין, בני חפץ ומשה שנקר. שינויי אקלים - האם הדבר עלול להוביל לפגיע באיכות המזון? תוצאות ממחקר העוסק בקליטה של תרופות וחומרי טיפוח אישיים בצמחים, הוועידה השנתית ה-41 למדע וסביבה, אוקטובר 2013, רחובות. (הרצאה)

Myah Goldstein, Benny Chefetz and Moshe Shenker. Insights into the uptake processes of wastewater-borne pharmaceuticals by vegetables, the Fourth International Conference on Emerging Contaminants in the Environment, EmCon, August 2014, Iowa City, Iowa, USA.

Malchi, T., Y. Yehoshua, G. Tadmor, M. Shenker, and B. Chefetz. 2014. Irrigation of root vegetables with treated wastewater: Evaluating uptake of pharmaceuticals and the associated human health risks. *Environ. Sci. Technol.* 48: 9325–9333.

לודמילה גרויסמן, מיקרו מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת שהושקתה בקולחים, הוועידה השנתית ה-40 למדע וסביבה, אוקטובר 2012, תל אביב.

Roth, Z., R. Hadas, Y. Maor and D. Kalo. In-vivo model to examine the long-lasting effects of acute DEHP exposure on ovarian function in bovine. 41st Annual Conference of the International Embryo Transfer Society (IETS), January, 2015, Versailles, France.

Kalo, D., R. Hadas and Z. Roth Ex-vivo model to study the effect of acute exposure to Di-(2-ethylhexyl) phthalate on bovine oocyte maturation and developmental competence. 41st Annual Conference of the International Embryo Transfer Society (IETS), January, 2015, Versailles, France.

תוכן עניינים

5	תקציר
5	מבוא ותיאור הבעיה
6	מטרות המחקר
6	תוצאות
7	ניסוי חממה - קליטה במלפפונים, עגבניות וחסה
11	ריכוז ונוכחות מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת
13	מעבר מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים אל רקמות גוף (בשר וחלב) של פרות
17	מעבר מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים אל רקמות גוף של טלאים והשפעתם
18	סיכום עם שאלות מנחות
20	נספחים
20	נספח א - חומרים רפואיים בקולחים: בחינת הקליטה וההתפלגות בצמח
37	נספח ב - ריכוז ונוכחות מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת
64	נספח ג' - מעבר מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים אל רקמות גוף (בשר וחלב) של פרות
67	נספח ד' - מעבר מזהמים ממנת הזנה אל רקמות גוף של חיות המשק

1. תקציר

המחקר נועד לבחון סכנות אפשריות של נוכחות מזהמים אורגנים בבוצה ובקולחים ואת החשש כי החומרים יקלטו בצמחים ויצטברו בשרשרת המזון. המחקר מתמקד בקשר שבין קולחים/בוצה, קרקע, צמח ומזון מהחי. מטרת המחקר היא לבחון קליטה והתפלגות בצמח של חומרים רפואיים; לסקור נוכחות וריכוז מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת; ולבחון היתכנות מעבר מזהמים ממנת ההזנה אל הבשר והחלב. במחקר נערכו ניסויי חממה, נבדקה תוצרת חקלאית ונערכו ניסויים עם פרות וכבשים. מתוצאות ניסויי החממה והסקר החקלאי, קיימת קליטה של חומרים רפואיים שונים שמקורם בקולחים בצמחים חקלאיים (עגבנייה, מלפפון וחסה) כתלות בתכונות המזהם, הקרקע וצורת היישום. ממצאים חדשים ממחקר זה מצביעים כי carbamazepine לא רק שנקלט אלא גם עובר מטבוליזם בצמח ולפחות חלק מהמטבוליטים הינם בעלי סיכון בריאותי גבוה יותר מחומר המוצא. סקר התוצר שבדקנו הראה כי תוצרת חקלאית מושקית בקולחים ובעיקר זו המושקית בקולחים שמקורם בתשלובת הקישון מזהמים carbamazepine (תרופה אניטיאפילפטית יציבה בסביבה). תוצאות מניסויי חשיפה לחומרים הידועים כבעלי השפעה הורמונלית מראות שקיימת פגיעה בדומיננטיות והתפתחות פתולוגיות שחלתיות והאנדוקריניים בפרות, ופגיעה במורפולוגיה אשכים בטלאים.

2. מבוא ותיאור הבעיה

בעשורים האחרונים גדל והתרחב השימוש בחומרים רפואיים. בעשור האחרון, בעיקר בעקבות התקדמות טכנולוגית, התגלו חומרים ממקור רפואי, ביניהם חומרים סינתטיים המוגדרים כמשבשי פעולה הורמונאלית (endocrine disrupting compounds; EDCs) ומגוון מזהמים אורגניים אחרים בסביבה (מקורות מים, סדימנטים וקרקעות). חלק מהחומרים אף התגלה במי שתייה, בבעלי חיים ואף בגוף האדם. מרבית העבודות שנעשו בתחום זה בעולם התמקדו בחומרי אנטיביוטיקה והורמונים שמקורם בטיפול בבעלי חיים, ובבחינת הימצאותם בגופי מים, בסדימנטים ובקרקעות. בניגוד לחומרים שמקורם במשק בעלי החיים, המסלול של הגעת חומרים רפואיים ממקור הומאני, דרך מערכת הביוב וההשקיה בקולחים, או דרך יישום בוצה שמקורה במכונני טיהור שפכים בשדות חקלאיים, לא נבדק כמעט וקיים ידע חלקי בלבד לגבי אפשרות קליטת חומרים אלה בסביבה החקלאית, הצטברותם בצמחים ומעברם לאדם ולחי. החשיבות הרבה של הכרת מסלול ההגעה של חומרי רפואה ממקור הומאני במסלול המזכר, וגורלם במערכת החקלאית נובעת משתי סיבות עיקריות: (א) הוא כולל חומרי רפואה שונים, רבים ומגוונים מאלו שמוצאם במשק החי, חומרים שלגביהם לא התקיים עד היום מחקר מקיף ומפורט; ו- (ב) מסלול זה מנותב ישירות אל שטחי החקלאות שבהם מיוצרים גידולי מאכל לאדם ולמשק החי. חשיבותו של מסלול זה מודגשת בהיבט הישראלי, עקב ההיקף הנרחב של השימוש בקולחים להשקיה בשטחים חקלאיים. על רקע המידע המועט הקיים כיום, נראה כי שימוש חקלאי נרחב בקולחים ובבוצה ללא בדיקה מעמיקה של נוכחות החומרים הללו וללא בדיקת אפשרות קליטתם על ידי הצמחים והצטברותם בחלקים הנאכלים, איננה סבירה.

בשל יכולת פעולה ביולוגית בריכוזים נמוכים ביותר, הימצאות של חומרים רפואיים ו- EDCs בסביבה, גם אם בריכוזים נמוכים, עשויה להיות בעלת השפעה שלילית על מיקרואורגניזמים, צמחים, בעלי-חיים וכן על האדם. את הבעיה הסביבתית החמורה ביותר מהווים לאו דווקא החומרים המגיעים לסביבה בכמות הרבה ביותר, אלא החומרים בעלי עמידות גבוהה בסביבה לאורך זמן או אלו שהינם בעלי פוטנציאל רעילות ובעלי יכולת השפעה על פעילויות ביולוגיות קריטיות, כגון רבייה והתפתחות העובר. לגבי חומרים אנטיביוטיים החשש העיקרי הוא מפיתוח עמידות לאנטיביוטיקה בפתוגנים, עקב חשיפה ממושכת לחומרים הללו בסביבה, לגבי כלל החומרים הרפואיים קיים חשש

מהשפעה על האדם עקב חשיפה דרך שרשרת המזון או במי השתייה.

גורל החומר הרפואי בסביבה, בדגש על הקרקע, תלוי במידה רבה בתכונותיו הכימיות-פיזיקליות של החומר. עם הגעתו לקרקע יכול חומר רפואי להתפרק פירוק ביוטי ו/או א-ביוטי, להיספח לקרקע, להישטף כנגר עילי או להישטף לעומק פרופיל הקרקע ואף להגיע למי התהום. כל התהליכים הללו תלויים בתכונות החומר ואופי הקרקע, כמו אחוז החרסית וסוג החרסית, כמות החומר האורגני והרכבו ו-pH הקרקע.

קליטת מולקולות אורגניות על ידי הצמח מתרחשת במספר דרכים, כאשר קליטה פסיבית עם זרם הטרנספירציה הינה המסלול העיקרי וקליטה אקטיבית וספיחה לשורש הינם מסלולי קליטה נוספים. מסלול נוסף הינו קליטה של חומרים נדיפים דרך העלווה, או ספיחה מתוך חלקיקי אבק הנמצאים על העלווה. קליטה של חומרים אורגניים נשלטת בראש ובראשונה על ידי התכונות הכימיות-פיזיקליות של התרכובת, בעיקר על ידי טעינה וליפופיליות. ההנחה היא שתרכובות קטנות וניטרליות יקלטו ביתר קלות ויתרכזו בעלי הצמח וכן בפירות, ואילו קליטתן של תרכובות טעונות תעוכב כתוצאה מחדירות נמוכה דרך ממברנות, וכן כתוצאה מספיחה אל מרכיבי דופן התא. לפני הקליטה, חומרים אלה עשויים גם לעבור אינטראקציות עם הקרקע שעלולות לעכב את קליטתן בצמח. אינטראקציות אלה הן לדוגמה ספיחה לחומר האורגני בקרקע ולחומר האורגני המומס בתמיסת הקרקע, פירוק על ידי מיקרואורגניזמים ותנועה בקרקע. קיימת גם מורכבות בהובלה בתוך הצמח הקשורה לשינוי תלוי-pH של הטעינה החשמלית (היינון) של החומרים, לעיתים שינוי שעשוי לחול לאורך מסלול התנועה מהקרקע אל החלל החופשי בצמח, הציטוסול ומערכת ההובלה, כאשר כל אחד מהחלקים הינו בעל pH אופייני, ולהשפיע על הקליטה ועל תנועת החומר בצמח.

3. מטרות המחקר

המטרה המרכזית של המחקר הייתה להעריך את פוטנציאל החדירה של מזהמים אורגניים שמקורם בבוצות (סוג א', קומפוסט בוצה) ובקולחים לתוצרת חקלאית ולשרשרת המזון. המחקר התמקד בקשר שבין קולחים/בוצה, קרקע, צמח, בעלי חיים ומוצרי המזון מהחי. מטרות ספציפיות: (1) בחינת הקליטה של חומרים רפואיים על ידי צמחים עקב השקיה בקולחים ו/או יישום בוצה, התפלגות החומרים בצמח; (2) ביצוע מיני סקר הבוחן נוכחות וריכוז של מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת; ו- (3) בחינת היתכנות מעבר מזהמים שמקורם בקולחים ממנת ההזנה אל הבשר והחלב בפרות.

4. תוצאות

שלבי העבודה: בשנת המחקר הראשונה ביצענו ניסויי חממה עם מלפונים, ביצענו סקר ראשוני (מצומצם) לבחינת מגוון רחב של מזהמים בתוצרת חקלאית והתחלנו את הניסויים בבע"ח. בשנת המחקר השניה ההתמקדות הייתה בניסוי חממה שני – עגבניות, בהרחבת הסקר לגידולים בהם העלים או שורש/גבעול הם החלק האכיל, וכן ביצוע ניסויים בטלאים וכן בדיקת השפעת פטלאטים על רבייה של פרות. בשנת המחקר השלישית השלמנו את הניסויים בפרות (הניסויים בטלאים נערכו רק בשנתיים הראשונות), השלמנו ניסוי חממה נוסף והפעם עם חסה ובחנו מגוון רחב יותר של תוצרת חקלאית כאשר הפעם התמקדנו בנוכחות חומר רפואי אחד – carbamazepine, אשר התגלה ברוב הדוגמאות שבחנו עד שלב זה וכן הוכח כי הינו יציב בקרקע ונקלט ומצטבר בצמחים (תוצאות ניסויי החממה).

4.1 ניסויי חממה - קליטה של חומרים רפואיים במלפפונים, בעגבניות ובחסה:

מטרת הניסוי לבחון קליטת חומרים רפואיים והתפלגותם בצמח המלפפון מזן פולריס, צמח עגבנייה מזן 1125 וצמח חסה מזן ליאור. לבחינת הקליטה וההתפלגות נערכו שני ניסויי חממה מקבילים - האחד בפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ברחובות והאחד במכון וולקני בבית דגן. מטרת הניסויים הייתה לבחון את הקליטה וההתפלגות כתלות בסוג הצמח, סוג הקרקע, מקור מי ההשקיה (קולחים/שפירים) ויישום קומפוסט בוצה בקרקע. במהלך הניסויים נבדק ריכוז המזהמים בתמיסת הקרקע ובפירות שנקצרו במהלך הניסוי, ובסוף הניסוי נבדקו ריכוזי המזהמים בחלקי הצמח השונים ובמוהל העצה. הצמחים גודלו בשלוש קרקעות חקלאיות: חול איאולי דמוי לס מנחל הבשור, חמרה חולית מאזור רחובות, וקרקע ורטיסול אלוביאלי מבית אורן. תכונות עיקריות של הקרקעות מוצגות בנספח א', טבלה 1. בכל ניסויי החממה החומר הצמחי עבר ייבוש בהקפאה, נטחן והמזהמים מוצו באופן אגרסיבי תוך שימוש במתנול ב- accelerated solvent extractor (ASE) והמיצוי עבר אנליזה ב- liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS).

4.1.1 השפעת סוג הקרקע ויישום קומפוסט בוצה

ניסוי רב שנתי בקליטת חומרים רפואיים על ידי צמחים מקרקעות שונות. בשונה מהניסוי בפקולטה לחקלאות נבדקה השפעת תוספת קומפוסט בוצה לקרקעות ולעומת זאת ההשקיה הייתה במים שפירים בלבד משתנה נוסף היה העשרה של תמיסת ההשקיה בקוקטייל של תרופות שהרכבו מוצג בטבלה 2 בנספח א'.

ניסוי שנה ראשונה – מלפפון: ייצור ביומסה ויבול - כפי שצפינו לתוספת של תרופות למים לא הייתה השפעה על משקל הצמחים (הנתונים לא מוצגים) ולכן הצגנו את השפעת סוג הקרקע ותוספת הקומפוסט על ממוצעי המשקלים של אברי נוף הצמחים עם וללא תרופות (תרשים 1, נספח א) ועל מספר ומשקל טרי ויבש של הפרי (תרשים 2, נספח א). המשקל הכולל של הנוף הגדול ביותר היה בקרקע החמרה מרחובות והנמוך ביותר בקרקע הכבדה (בית אורן). בשתי הקרקעות הקלות יחסית, חול חום-אדום וחול הבשור, תוספת של קומפוסט (2% לפי משקל) גרמה לעליה משמעותי ומובהקת במשקל הצמח ואילו בקרקע הכבדה חלה פחיתה במשקל (תרשים 1, נספח א). גם מספר הפירות ומשקלם הטרי והיבש הושפעו באופן דומה על ידי הטיפולים (תרשים 2, נספח א). ההבדל בין קרקעות הביקורת נובע כנראה בעיקר בגלל ההבדל במרקם ובמבנה הקרקע. גידול בכלים במצע מנותק התנאים הפיזיקליים בקרקע הכבדה, בעיקר האוורור, חזירות למים ותנועת המים בקרקע פחות טובים מאשר בקרקעות קלות ומאשר באותה קרקע בשדה ולכן הם מהווים גורם מגביל להתפתחות צמחים. בניסוי הנוכחי השתמשנו ביונק בתחתית כל עציץ למניעת מצב של רוויה וחוסר אוורור בחלק התחתון של הכלים בקרקעות כבדות, אך בכל זאת בקרקע הכבדה ההתפתחות הייתה פחות טובה מאשר בקרקעות קלות יותר. תוספת הקומפוסט בקרקע הכבדה כנראה שהרעה עוד יותר את המצב הפיזיקלי בעוד שבקרקעות הקלות יישום קומפוסט שפר את מצב המבנה של הקרקע ובנוסף תרם כנראה גם מבחינת פוריות.

המצאות חומרים רפואיים בפרי – מבין 15 החומרים שבדקנו רק שני חומרים ריכוזיהם היו מעל ערך הסף לגילוי, carbamazepine ו-caffeine. בשני החומרים הריכוז בפרי בטיפול הביקורת היה נמוך באופן מובהק מאשר בשאר הטיפולים. ריכוז ה- carbamazepine בטיפול הביקורת היה קרוב לסף הגלוי ואילו ריכוז ה- caffeine היה במעט גבוה מערך סף הגלוי אך דומה בכל הקרקעות. הנחת העבודה היא כי ריכוזים אלו (בגבול סף הגלוי) נבעו מזיהום ולא משקפים קליטה על ידי הצמחים. כצפוי העשרת התמיסה בתרופות העלתה את ריכוז החומרים בפרי (תרשים 3, נספח א). גם תוספת קומפוסט בוצה לקרקע העלתה את ריכוזי החומרים הללו באופן משמעותי ומובהק (תרשים 3, נספח א) והשקיה בתמיסה מועשרת תרופות של קרקע מטופלת בקומפוסט העלתה עוד יותר את ריכוז החומרים בפרי. בדרך כלל

ריכוזי החומרים בפרי בקרקע בית אורן הכבדה היו נמוכים מאשר בקרקעות הקלות. ריכוז ה- carbamazepine בפרי הגבוה ביותר היה בקרקע רחובות ואילו ריכוז ה- caffeine הגבוה ביותר היה בקרקע בשור. חשוב לציין כי התמונה שהתקבלה בניסוי המקביל בקולחים (פרוט בהמשך) שונה ומצביעה על כך שהקומפוסט משפיע גם הוא על קליטה של חומרים על ידי צמחים. בהשוואה בין קרקע ביקורת לקרקע עם קומפוסט הצטברות שני החומרים בפרי הייתה גבוהה יותר בקרקע עם קומפוסט. גם בבדיקת התמיסה ממשאבים מצאנו ריכוזים גבוהים יותר של שני החומרים הללו בטיפול עם קומפוסט. המסקנה היא שקומפוסט הבוצה מכיל את החומרים ושחרר אותם לתמיסת הקרקע או שהחומרים נספחו לחומר האורגני המוסף ובמהלך הגידול השתחררו לתמיסה ונקלטו.

ניסוי שנה שנייה – עגבנייה: כפי שצפינו ובדומה לתוצאות מהשנה הקודמת במלפפון לתוספת של תרופות למים לא הייתה השפעה על משקל הצמחים (הנתונים לא מוצגים) ולכן הצגנו את השפעת סוג הקרקע ותוספת הקומפוסט על ממוצעי המשקלים של אברי נוף הצמחים עם וללא תרופות (תרשים 4, נספח א) ועל יכול טרי של הפרי (תרשים 5, נספח א). ההבדלים במשקל הכולל של הנוף בין הקרקעות היו קטנים, המשקל הנמוך ביותר היה בקרקע בשור החולית והגבוה ביותר בקרקע בית-אורן, הקרקע הכבדה. בנגוד לתוצאות במלפפון בשתי הקרקעות הקלות יחסית, חמרה רחובות וחול הבשור, לתוספת של קומפוסט (2% לפי משקל) לא הייתה השפעה משמעותית ומובהקת על משקל נוף העגבניות ואילו בקרקע הכבדה חלה עליה קטנה במשקל (תרשים 4, נספח א). היכול של פרי טרי היה נמוך בקרקע רחובות מאשר בשתי הקרקעות האחרות ולא הושפע מתוספת קומפוסט. ההבדלים בין תגובת העגבניות לזו של המלפפון בעונה הקודמת לסוג הקרקע ולתוספת קומפוסט נובעת כנראה מכך שתרומה העיקרית של הקומפוסט להזנת הצמח היה בשנת הניסוי הראשונה, כך שבשנה השנייה לא היו הבדלים משמעותיים בין הביקורת לבין טיפול הקומפוסט והיה יתרון בפוריות לקרקע כבדה (בית-אורן) לקרקע קלה (בשור).

חומרים רפואיים בפרי – בגלל עלויות הבדיקות הגבוהות החלטנו לבצע אנליזות של פרי מצמחים שגדלו בשתי קרקעות בלבד מרחובות ובית אורן המייצגות קרקע קלות וכבדות, בהתאמה. בנוסף האנליזות נעשו רק בטיפול בהעשרה בקוקטייל תרופות, כאשר הביקורת ללא העשרה נעשתה בניסוי בפקולטה ברחובות (התוצאות מוצגות בהמשך). בדומה למלפפונים, מבין 15 החומרים שבדקנו רק שני חומרים ריכוזיהם בפרי העגבנייה היו מעל ערך הסף לגילוי, carbamazepine ו- caffeine (תרשים 6, נספח א). ריכוזי ה- carbamazepine בפרי העגבנייה היה קטן בסדר גודל מזה שבפרי מלפפון וגם ריכוזי ה- caffeine בפרי העגבנייה היו נמוכים פי כמה מאשר בפרי מלפפון. תוצאות דומות התקבלו בניסוי שנערך ברחובות עם קולחים (תוצאות מוצגות בהמשך וכן במאמר שפורסם). תוספת קומפוסט בוצה לקרקע העלתה את ריכוז ה- carbamazepine בפרי בקרקע ברחובות באופן מובהק, אבל לא השפיעה בקרקע בית אורן. בטיפולים ללא קומפוסט לא היה הבדל בריכוז ה- carbamazepine בפרי בשתי הקרקעות. השפעת הצירוף בין סוג הקרקע לתוספת קומפוסט על ריכוזי ה- caffeine בפרי הייתה הפוכה מאשר השפעתו על ריכוזי ה- carbamazepine בפרי. ריכוזי ה- caffeine בפרי ללא תוספת קומפוסט היה גבוה באופן מובהק בקרקע בית אורן מאשר בקרקע רחובות. תוספת קומפוסט לקרקע בית אורן גרמה לירידה משמעותית ומובהקת בריכוזי ה- caffeine בפרי בקרקע בית אורן בעוד שלקומפוסט לא הייתה השפעה בקרקע רחובות. יש לציין שגם במלפפון ריכוזי ה- carbamazepine בפרי הגבוה ביותר היה בקרקע רחובות עם קומפוסט.

ניסוי שנה שלישית – חסה: כפי שצפינו ובדומה לתוצאות מהשנים הקודמות במלפפון ובעגבנייה לתוספת של תרופות למים לא הייתה השפעה על משקל צמחי החסה (הנתונים לא מוצגים) ולכן הצגנו את השפעת סוג הקרקע ותוספת

הקומפוסט על ממוצעי היבול הטרי של חסה עם וללא תרופות (תרשים 7, נספח א). ההבדלים במשקל הכולל של הנוף בין הקרקעות היו משמעותיים ומובהקים, כאשר המשקל הגבוה ביותר היה בקרקע הכבדה מבית-אורן (בדומה לתגובת העגבנייה), והנמוך ביותר בקרקע החולית מרחובות, כאשר קרקע בשור החולית בין שתיהן. תוספת קומפוסט העלתה את המשקל הטרי הממוצע לשלושת הקרקעות באופן מובהק. לא הייתה אינטראקציה מובהקת בין סוג הקרקע ליישום קומפוסט, אבל רק בקרקע בשור החולית יישום הקומפוסט העלה את היבול הטרי (8% לפי משקל). ההתאמה ביבול הגבוה ביותר בקרקע בית-אורן בחסה ועגבנייה נובעת מהפוריות הגבוהה יותר של הקרקע הכבדה וההשפעה החיובית של יישום קומפוסט בתחילת הניסוי על יבול חסה בקרקע החולית מהבשור נובעת כנראה בעיקר מהשפעה חיובית על מבנה הקרקע.

חומרים רפואיים בצמח – בדומה לניסוי בעגבניות האנליזות נעשו רק בטיפולי ההעשרה בקוקטייל תרופות, כאשר הביקורת ללא העשרה נעשתה בניסוי בפקולטה ברחובות (תוצאות מוצגות בהמשך). מבין 15 החומרים שבדקנו ריכוזי חמישה חומרים בעלי חסה היו מעל ערך הסף לגילוי, carbamazepine ו-caffeine שנמצאו גם בפרי מלפפון ועגבנייה ובנוסף sildenafil, sulfamethoxazole, lamotrigine (תרשים 8, נספח א). יש לציין גם שריכוזי ה-carbamazepine בעלי חסה היו גבוהים בסדר גודל לפחות משאר החומרים שנמצאו בעלי החסה. ריכוזי ה-carbamazepine בחסה היו גבוהים בסדר גודל מאשר בפרי מלפפון ובשני סדרי גודל מאשר בפרי עגבנייה. לעומת זאת ריכוזי ה-caffeine בעלי חסה היו בסדר גודל דומה לריכוזיהם בפרי מלפפון ועגבנייה. יישום קומפוסט העלה את ריכוזי ה-caffeine, carbamazepine, sulfamethoxazole ו-lamotrigine בעלי חסה בדומה להשפעתו על ריכוזי ה-carbamazepine בפרי מלפפון ועגבנייה. ההשפעה של יישום קומפוסט על ריכוזי ה-lamotrigine הייתה בולטת, ללא קומפוסט הריכוז היה מתחת ערך הסף לגילוי. רק ריכוזי ה-sildenafil בעלי חסה לא הושפע מיישום קומפוסט.

4.1.2 השפעת סוג הקרקע ומי ההשקיה (קולחים, שפירים) על קליטה של חומרים רפואיים

בניסוי ברחובות נעשה שימוש באותן קרקעות (טבלה 1, נספח א), כאשר לכל קרקע היו 4 סוגי טיפולים – השקיה במים שפירים (מי ברז רחובות) (טיפול 4), השקיה במי קולחים מהשפד"ן (טיפול שניוני) (טיפול 3), השקיה במים שפירים בתוספת תערובת חומרים רפואיים בריכוז 1 מיקרוגרם/ל' (טיפול 1), והשקיה במי קולחים בתוספת תערובת חומרים רפואיים בריכוז 1 מיקרוגרם/ל' (טיפול 2). מהלך הניסוי מפורט בנספח א'.

ניסוי שנה ראשונה – מלפפון: בניסוי זה נבחנה ההשפעה של מקור מי ההשקיה, מים שפירים או מי קולחים, וסוג הקרקע על הקליטה של חומרים רפואיים שונים על ידי צמח המלפפון. תוצאות ניתוח סטטיסטי ליבול מפורטים בנספח א'. כמות מזהם כוללת שהוספה לקרקע בהשקיה לאורך כל הניסוי: חול חום-אדום: 29.8 מיקרוגרם; טרה רוסה: 31.4 מיקרוגרם; חול איאולי דמוי לס: 26.1 מיקרוגרם. ממוצע מדידות ריכוזי החומרים הרפואיים במי ההשקיה מוצג בנספח א', טבלה 4. בבדיקת השפעת הגומלין בין סוג הקרקע לסוג ההשקיה על היבול, היבול הרב ביותר התקבל בקרקע מסוג חול חום-אדום בשילוב עם השקיה במי קולחים ללא מזהמים, והיבול הנמוך ביותר התקבל בקרקע מסוג לס בשילוב עם טיפולים 1, 2 ו-4, השקיה במים שפירים בתוספת תערובת חומרים רפואיים, השקיה במי קולחים בתוספת תערובת חומרים רפואיים והשקיה במים שפירים ללא תוספת חומרים רפואיים. בעלי המלפפון נצפתה קליטה של כל החומרים שהוספו בלפחות אחד מהטיפולים שניתנו (שילוב של סוג מי השקיה וסוג קרקע). הקליטה המשמעותית ביותר שנראתה הייתה של תרופות ניטרליות (caffeine, carbamazepine, lamotrigine, sulfapyridine) ואחת הטעונה במטען חיובי בערך ההגבה של הקרקע והמים (metoprolol). כמו כן נמצא ש-metoprolol נקלטה במידה רבה יותר מאשר

התרופות הטעונות במטען שלילי, כאשר הסיבה לכך היא דחייה בין המטען השלילי של דופן תא השורש ותרכובת הטעונה שלילית. התוצאות גם הצביעו על הבדל בקליטה באיכויות מי השקיה שונים – תרופות טעונות שלילית נקלטו במידה רבה יותר בצמחי מלפפון אשר הושקו במים שפירים להם הוספה תערובת התרופות (תרשים 9 A, נספח א) וזאת בהשוואה להוספה של התרופות לקולחים. תוצאה המעידה על כך שהימצאותם של מזהמים אלה בקולחים ברמת טיהור גבוהה (טיפול מתקדם) עלולים להיקלט במידה רבה יותר מאשר בקולחים שעברו רק טיפול שניוני. הסיבה לכך היא שהחומר האורגני בקולחים כנראה יוצר קומפלקסים יציבים עם התרופות הנ"ל אשר מקטינים קליטתם. ככל שאיכות המים עולה כמות החומר האורגני המומס קטנה ולכן האפשרות לקליטה גדלה. בפרי המלפפון מצאנו ריכוזים גבוהים יחסית של carbamazepine, lamotrigine ו-caffeine בכל הטיפולים, וריכוזים גבוהים של התרופות הטעונות (שלילית וחיובית) בצמחים שגודלו בקרקע חול חום-אדום והושקו במים שפירים עם תרופות (תרשים 9 B, נספח א). בנוסף נמצא כי carbamazepine, תרופה נוגדת פרכוסים, נקלטת במידה רבה יותר מיתר התרופות וכן נמצאו מטבוליטים של תרופה זו בריכוזים דומים לריכוזי חומר המוצא (תרשים 10, נספח א). ממצא זה מעניין וחדשני ביותר.

ניסוי שנה שנייה – עגבנייה: בניסוי זה נבחנו אותם פרמטרים אשר נבחנו בניסוי גידול המלפפונים. יכול העגבניות מוצג בנספח א' בתרשים 11. ניתן לראות כי היבול בטיפולים אשר הושקו במים שפירים הנו גדול מהיבול בטיפולי הקולחים. בניסוי זה נאסף מוהל עצה על ידי חיתוך הגבעול מעל לפני הקרקע ואיסוף מוהל דרך צינורית מזכוכית בשתי צורות: איסוף מוהל תוך הפעלת מתח יניקה על ידי חיבור גדם הגבעול למשאבה, במתח 0.7 בר וכן על ידי דמיעה כתוצאה מלחץ שורש. תוצאות לאנליזת מוהל העצה מוצגות בנספח א' בתרשים 12. כפי שניתן לראות בתרשים זה מצאנו במוהל את מרבית החומרים שהוספו למי ההשקיה. ציפינו לראות ריכוזים גבוהים יותר במוהל עצה שנאסף על ידי הפעלת מתח יניקה, אך לא נצפתה מגמה ברורה של הבדלים בריכוזים עם ובלי יצירת מתח, כך שנושא זה צריך להבחן באופן מעמיק במחקר המשך. הקליטה שנצפתה בעלי העגבנייה הייתה על פי רוב נמוכה ושל מספר מועט יותר של חומרים בהשוואה לעלי המלפפון אך נצפו מגמות דומות בקליטה של carbamazepine, sildenafil, metoprolol ו-caffeine (תרשים 13 A, נספח א). גם בפרי העגבנייה נצפתה קליטה של מעט תרופות ובריכוזים נמוכים יותר בהשוואה לפרי המלפפון, זאת כתוצאה מהבדל במבנה הפיזיולוגי של שני הצמחים - הימצאותן של פיוניות על גבי פרי המלפפון מעודדות מעבר של זרם הטרנספירציה אל תוך הפרי וכתוצאה מכך התרכזות של המזהמים בפרי. תוצאות אלו דומות ומחזקות את המגמות שנצפו בניסויי שנערך במרכז וולקני ומצביעות על כך שמלפפון עלול להכיל מגוון רחב יותר ובריכוז גבוה יותר של חומרים רפואיים מאשר עגבנייה. גם בניסוי נראו הבדלים בקליטה בין הקרקעות, כאשר הריכוזים בעלים ובפירות היו על פי רוב נמוכים יותר בצחים שגדלו בקרקע מסוג ורטיסול אלוביאלי, הבדלים הנעוצים בתכולת חומר אורגני וחרסית גבוה ביחס לשתי הקרקעות האחרות (תרשים 13 B, נספח א). החומר האורגני והחרסית משמשים כמבלע לחומרים ומקטינים זמינותם.

ניסוי שנה שלישית – חסה: יכול החסות מוצג בנספח א' בתרשים 14. ניתן לראות כי קיים הבדל בין הקרקעות השונות, כאשר הצמחים שגודלו בקרקע מסוג טרה רוסה גדולים באופן מובהק. לא קיים הבדל מובהק בין טיפולי ההשקיה השונים. התרופות שנמצאו בעלי החסה בכל שילובי הטיפולים השונים היו sulfamethoxazole, sildenafil, carbamazepine ו-lamotrigine, כאשר carbamazepine נמצא בריכוזים הגבוהים ביותר (כמו ביתר הניסויים). גם caffeine, naproxen ו-metoprolol נמצאו בחלק מהטיפולים. גם בניסוי זה, הריכוזים בצמחים שגודלו בקרקע

האלוביאלית היו נמוכים יותר. ריכוז ה- carbamazepine בעלי החסה היה נמוך יחסית לריכוז שנמצא בעלי המלפפון ובעלי העגבנייה. ה- carbamazepine נקלט ונע בצמח עם זרם הטרנספירציה. ככל שהצמח קולט ומנדף כמויות גדולות יותר של מים, כך מצטבר ריכוז גבוה יותר של carbamazepine באברי הצמח השונים ובעיקר בעלים. ההבדלים בין ריכוזי ה- carbamazepine בצמחים השונים נעוצים אם כך במשך הגידול - ארבעה חודשי גידול עבור צמחי המלפפון והעגבנייה לעומת חודשיים עבור החסה, ובעונת הגידול - צמחי המלפפון והעגבנייה גודלו במשך הקיץ, תקופה בה הטרנספירציה בצמח מרבית וצמחי החסה גודלו בחורף.

דיון - תוצאות שלושת ניסוי החממה מעידות על השפעה משולבת של סוג הקרקע, איכות מי ההשקיה, התכונות הכימיות-פיסיקליות של החומרים השונים וסוג הצמח על הקליטה וההתפלגות של החומרים הרפואיים בצמח. השפעת סוג הקרקע באה לידי ביטוי בהבדלים בהצטברות החומרים הרפואיים בצמחים שגודלו בקרקע מסוג ורטיסול אלוביאלי בהשוואה להצטברות בצמחים שגודלו בקרקעות החוליות, כאשר בקרקע האלוביאלית הריכוזים היו על פי רוב נמוכים יותר. ההשפעה של התכונות הכימיות-פיסיקליות באה לידי ביטוי כאשר תרופות נטרליות וכאלה הטעונות במטען חיובי נקלטו במידה רבה יותר מאשר אלה הטעונות במטען שלילי, כאשר הסיבה לכך היא דחייה בין המטען השלילי של דופן תא השורש ותרבות הטעונה שלילית. בצמחי המלפפון נצפה הבדל משמעותי בין הקליטה של חומרים ניטרליים וטעונים חיובית (carbamazepine, lamotrigine, sulfapyridine, metoprolol ו-caffeine) לקליטה של חומרים טעונים שלילית (bezafibrate, clofibrilic acid, ibuprofen, ketoprofen, naproxen, sulfamethoxazole ו- gemfibrozil) כתלות באיכות מי ההשקיה, כאשר החומרים הטעונים שלילית נקלטו אך ורק בצמחים שהושקו המים שפירים. תוצאות אלה יכולות להיות מוסברות באינטראקציה בין מרכיבים בקולחים לחומרים אלה המקטינים את זמינותם לקליטה על ידי הצמח. חשוב להדגיש כי בניסוי זה תוצאות הקליטה בניסוי ללא השימוש בקומפוסט משמעותיות יותר מאלו שנמצאו בניסוי המקביל עם קומפוסט, זאת מלבד ה- carbamazepine שקליטתו לא הושפעה מנוכחות הקומפוסט (תרשימים 3, 6, 8, נספח א). הצמחים בשני ניסויים אלה הושקו במים באותה איכות, המכילים את אותם ריכוזי מזהמים. מכאן ניתן להסיק כי השימוש בקומפוסט הקטין את זמינות מרבית המזהמים לקליטה על ידי הצמח.

4.2. ריכוז ונוכחות מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משוקת

חשוב לציין כי התוצאות המוצגות בחלק זה ומוגדרות "סקר" אינן סקר מסודר אלא בדיקת היתכנות להמצאות מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים בתוצרת חקלאית מסחרית מושקה בקולחים (באישור משרד הבריאות). בשנת המחקר הראשונה התמקדה העבודה בבדיקת מיקרו מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית מסוגים שונים על מנת לקבוע מי הם המזהמים הפוטנציאליים שמקורם בקולחים. כל דגימת פרי או ירק נבדקה לנוכחות מיקרו מזהמים אורגניים בחיפוש מטרתי (לפי רשימת החומרים שהוגדרה מראש, טבלאות 12-14, נספח ב) וכן לסריקה כללית לחומרים אחרים (un-known analysis) בהסתמך על מאגר הנתונים הספרותי של המערכות האנליטיות. בשנות המחקר השנייה והשלישית נמשך מערך הבדיקות בתוצרת חקלאית (רק סוגי התוצרת בהם נמצאו החומרים בשנה הראשונה של המחקר) ולחומרים ספציפיים שהתגלו במרבית המקרים. המערך כלל גם בדיקות מי קולחים ובדיקות קרקע על מנת להתחקות אחר גורל החומרים הנדונים במערכת מי השקיה-צמח-קרקע. בנוסף, בשנת המחקר השלישית בוצעו מספר

בדיקות של חלב פרות ודגימות מזונן (שמיוצר מגידולים שהושקו בקולחים) לנוכחות מיקרו מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים.

בשנת הסקר הראשונה (טבלה 5, נספח ב) נדגמו גידולים שונים ומגוונים. המדגם כלל ירקות למאכל ללא בישול: בצל יבש, כרוב, ירקות עלים, גזר, מלפפון, עגבנייה, וגם ענבי מאכל לבנים ותירס לתחמיץ. תירס לתחמיץ נכלל ברשימה כיוון שהוא משמש מזון לבקר. כמו כן בשנה הראשונה נבדק מגוון רחב של התוצרת במטרה למצוא ולהתמקד על גידולים העלולים להיות מושפעים ביותר מחשיפה למיקרו מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים וכן לקבוע את החומרים שיכולים להיות המזהמים הפוטנציאליים. הערכים שהתקבלו בסקר זה עבור שאריות תרופות ומוצרים קוסמטיים בירקות הם $0.2-82 \mu\text{g}/\text{kg}$, ועבור חומרי הדברה שגם התגלו - $0.3-705 \mu\text{g}/\text{kg}$.

בשנת הסקר השנייה (טבלה 6, נספח ב), בהסתמך על תוצאות הסקר של השנה הראשונה, הוחלט לשים דגש על שני סוגים של גידולים חקלאיים: ירקות "שורש" (בצל, שום, צנונית, תפוח אדמה ובטטה) וירקות "עלים" (נענע, שמיר, פטרוזיליה, כוסברה, עלי בייבי, תימין, סלרי עלים, כרישה וחסה). דגימות שום ובצל פוצלו ונבדקו עם ובלי קליפה. בנוסף, נבדקו דגימות מי השקיה, שנדגמו בשדות הגידולים ודגימות קרקע (דיגום בוצע בכל שדות הגידולים, אולם הבדיקות בוצעו רק לדגימות מחלקות הגידולים בהם התגלו החומרים הנבדקים). כמו כן, בהסתמך על תוצאות של שנת הסקר הראשונה בו לא נמצאו הורמונים וחומרים משבשי פעילות הורמונלית הוחלט לא לנסות ולגלותם בתוצרת החקלאית דבר שאפשר לנו להגדיל את מספר הבדיקות ולהוסיף בדיקות מי השקיה וקרקע. התוצאות המפורטות של הבדיקות מופיעות בנספח, בחלק זה יובא רק תקציר התוצאות.

בשנה הראשונה, מתוך 35 דגימות תוצרת שנבדקו (40 דגימות כולל דגימות שום ובצל בלי קליפתם), ב- 8 דגימות התגלה חומר שמקורו בקולחים (carbamazepine), ב- 2 דוגמאות התגלה carbamazepine ושארייות חומרי הדברה ביחד וב- 3 דוגמאות התגלו שאריות חומרי הדברה בלבד. בשנה השנייה, רק בדוגמה אחת (שום עם קליפה) מתוך 11 דוגמאות של "ירקות שורש" וב- 9 דגימות מתוך 24 דגימות של "ירקות עלים" שהושקו בקולחים נמצאה התרופה carbamazepine. מתוך הדוגמאות שנמצאו מזהמות ב- carbamazepine, 8 דוגמאות הראו ריכוז נמוך ($\mu\text{g}/\text{kg}$) $0.35-2.9$ ושתי דוגמאות עם ריכוזים מעל $10 \mu\text{g}/\text{kg}$. חומרים אחרים שמקורם בקולחים, להבדיל משנה הראשונה, לא התגלו בתוצרת החקלאית שנבדקה. חשוב לציין כי בגידולים שהושקו במים שפירים לא נמצאו שאריות תרופות. ריכוזי חומרי הדברה שהתגלו גם היו נמוכים בהרבה בהשוואה לשנה הראשונה, $0.3-3.3 \mu\text{g}/\text{kg}$, ורק בדגימה אחת - $67 \mu\text{g}/\text{kg}$, ריכוז שעדיין עונה על דרישות התקנות לשאריות חומרי הדברה במזון.

בדיקות קולחים (טבלאות 8-9, נספח ב): ב- 8 דגימות קולחים מתוך 9 התגלה carbamazepine ($1.9-25 \mu\text{g}/\text{L}$), ב- 5 דגימות התגלו תרופות אניוניות ו- triclosan בריכוזים נמוכים ($0.05-0.2 \mu\text{g}/\text{L}$) בהשוואה לריכוז של carbamazepine. כמו כן, בכל דגימות הקולחים זוהו מיקרו מזהמים אורגניים נוספים, כמו שאריות תרופות נוספות, חומרים מעקבי בערה, מרכיבי פלסטיק, חומרי ביניים וחומרי הדברה בריכוזי שארית של $0.04-0.7 \mu\text{g}/\text{L}$ (מרבית החומרים), רק שני חומרי הדברה נמצאו בריכוז $1.2-1.4 \mu\text{g}/\text{L}$. לא התגלו שאריות תרופות בקולחים מהקו המרכזי של השפד"ן. לא התגלו מיקרו מזהמים אורגניים בדגימות מים שפירים. בדיקות קרקע (טבלאות 15-16, נספח ב): ב- 7 דגימות קרקע מתוך 8 שנבדקו התגלה carbamazepine ($7.6-204 \mu\text{g}/\text{kg}$), וב- 7 דגימות מתוך 8 התגלו חומרי הדברה ($5.2-1027 \mu\text{g}/\text{kg}$), ב- 6 קרקעות נמצא שילוב של carbamazepine וחומרי הדברה. לפי תוצאות הסקר

בשנתיים הראשונות המסקנה היא שירקות עליים הם הרגישים ביותר מבחינת פוטנציאל זיהום על ידי מיקרו-מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים, והחומר השכיח ביותר בקולחים – carbamazepine – הוא גם השכיח ביותר בתוצרת. בשנת הסקר השלישית (טבלה 7, נספח ב) הוחלט לשים דגש על "ירקות עליים" בלבד ולנטר רק את החומר הרפואי carbamazepine בלבד בשלושה דיגומים חוזרים של אותו גידול באותה חלקה וכן לשלב בדיקות קולחים ודיגומות קרקע. בנוסף, לפי בקשת משרד החקלאות, בשנה זו נבדקו גם דיגומות חלב בקר ודיגומות מזון של פרות שהוכנו מגידולים שהושקו בקולחים (לעומת חלב ומזונות ללא השקיה בקולחים) – גם לנוכחות carbamazepine בלבד (טבלאות 18-19, נספח ב). היבט נוסף שנבדק בשנה זו של המחקר הוא השפעת אופן ההשקיה על הימצאות carbamazepine בגידולים חקלאיים. מכיוון שנבחרו גידולים דומים (כולם ירקות עליים), ההנחה היא שקליטת החומרים המומסים לתוך הצמח צריכה להיות דומה. מאמץ מיוחד הושקע בחיפוש חלקות חקלאיות שהושקו באותם קולחים, בשתי צורות ההשקיה – המטרה וטפטוף. התוצרת שהושקתה בהמטרה נבדקה, כמו בשנים הראשונות, שטופה, ובנוסף ללא שטיפה.

בדומה לתוצאות הקודמות, ריכוזים זניחים של carbamazepine נמצאו בתוצרת שהושקה בקולחים המכילים ריכוזים נמוכים של התרופה. ככל שריכוז carbamazepine בקולחים היה נמוך יותר, כך גם הימצאותו בצמח הייתה נמוכה יותר, ללא תלות בצורת ההשקיה. ריכוז carbamazepine בקולחים ממת"ש באר שבע וקריית גת לא עלה על $2.5 \mu\text{g/L}$ בכל שלושת הדיגומים וכתוצאה מכך ריכוזי התרופה בתוצרת היו כ- $0.2 \mu\text{g/kg}$ (גבול הכימות של carbamazepine בירקות עליים). עם עליה בריכוז החומר בקולחים (לדוגמא מט"ש ירושלים) עד לטווח ריכוזים $4.1-5.8 \mu\text{g/L}$ עלה גם ריכוזו בתוצרת $1.1-3.6 \mu\text{g/kg}$ (תוצרת לא שטופה) או $0.9-2.1 \mu\text{g/kg}$ (תוצרת שטופה). (טבלאות 16-17, נספח ב), בחלב שנדגם לפני ואחרי תקופת הפסח, ריכוזי ה- carbamazepine היו מתחת לסף הכימות (LOQ) (טבלה 18, נספח ב), ואילו בדיגומות המזון ובתוצרת החקלאית המשמשת להכנת מזון נמצאו $\mu\text{g/kg}$ 0.05 במזון מספר 4, בעלי תירס מרבדים שהושקו בקולחים ו- 0.15g/kg μ באספסת מצרעה שהושקתה בקולחים (טבלה 19, נספח ב).

דיון – תוצאות האנליזות מראות ש- carbamazepine מהווה סמן להשקיה בקולחים כאשר אם ריכוזו בקולחים הוא עד חמישה חלקי ביליון (ppb) הריכוז שלו בצמח הוא כעשרה ppb. גם בניסויי החממה נמצא קשר ישיר בין ריכוז ה- carbamazepine בקולחים למידת קליטתו והתפלגותו בצמח – ככל שריכוזו במי ההשקיה היה גבוה יותר, כך ריכוזו בצמח היה גבוה יותר. על סמך סקר ראשוני זה מומלץ להמשיך ואף להרחיב איסוף נתונים שיטתי ליצירת מסד נתונים ארצי של איכות הקולחים והתוצרת החקלאית המושקית בו.

4.3 מעבר מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים אל רקמות גוף של פרות

השימוש בקולחים להשקיה או בבוצה לדישון של תוצרת חקלאית הוא מקור פוטנציאלי לחדירת מזהמים אורגניים כולל EDCs אל שרשרת המזון. ההנחה המרכזית היא כי מעבר מזהמים אלו מהסביבה החקלאית (מים, קרקע) אל מנת ההזנה (צומח) ורקמות הגוף של בעלי החיים יכול להיות מקור זיהום למוצרי מזון מן החי (בשר, חלב) כמו כן תפגע במערכות גוף שונות ובכלל זה מערכת הרבייה והתפתחות עוברית.

ניסוי מס' 1: בחינת נוכחות של מזהמים אורגנים בשחתות, מנת ההזנה ובחלב

בדיקת שחתות - נבדקה נוכחות של מזהמים אורגנים גידולים המשמשים להזנת פרות חלב. דגימות של אספסת נלקחו מחלקות גידולי השדה של קיבוץ צרעה אשר מושקים בקולחים המגיעים ממכון הטיפול בצרעה. כמו כן, נלקחו דגימות של בקיה, מחלקת גידולי השדה של קבוצת שילר, אשר הושקתה במי גשם בלבד (גידול בעל). בדגימות האספסת נמדד החומר carbamazepine בריכוז ממוצע של $1.58 \mu\text{g}/\text{kg}$ ($n=7$) ואילו בדגימות הבקיה נמצא החומר בריכוז של $0.58 \mu\text{g}/\text{kg}$ ($n=3$). הריכוזים הם למשקל יבש. ממצאי הבדיקות מעידים על נוכחות של מזהמים אורגנים בשני סוגי השחתות. המצאות מזהמים בגידול הבקיה הייתה מפתיע היות וגידול זה, לפחות בשנת הדיגום, הושקה במי גשם בלבד. בעוד לא ברור מקור הזיהום, ויש מקום לבדוק את הקרקע. יתכן ובעבר הושקתה במי קולחים. בדיקת מנת הזנה - ברפת החלב נהוגה הזנה עם מנה "כולית" קרי, מנה הכוללת מספר רב של מרכיבים חלקם מזונות מרוכזים וחלקם מזונות גסים ובכלל זה שחתות ותחמיצים. ברוב ימות השנה משתמים בתחמיצי חיטה, תוצר של גידול בעל. בתקופת הפסח, בשל כשרות, משתמשים בתחמיצי תירס, גידול המושקה בקולחים. בבדיקה הנוכחית בדקנו את מנת ההזנה בתקופת הפסח (תחמיץ תירס) ולאחריו (תחמיץ חיטה) על מנת לבחון את רמות המזהמים ולנסות לשייכם למקור ההשקיה. מנות ההזנה נדגמו בארבעה משקי חלב המייצגים ארבעה מרכזי מזון גדולים המספקים מזון לכ-20,000 ראשי בקר (נספח ב, טבלה 10). בדיקת חלב - דגימות חלב מהטנק נלקחו מאותם ארבעה משקים במהלך חג הפסח ולאחריו במטרה לבחון מעבר של מזהמים ממנות ההזנה אל החלב (נספח ב, טבלה 11).

ניסוי מס' 2: העמדת מודל המדמה חשיפה אקוטית וכרונית לפטלטים

הניסוי התבצע בחווה הניסויית של מנהל המחקר החקלאי בבית דגן, לאחר קבלת אישור אתי מתאים ותוך שימוש במתקני הרפת. הניסוי כלל פרות ביקורת ($n=4$) ופרות טיפול ($n=4$) אשר הוגמעו ב- Di-(2- 100mg/day/cow) ethylhexyl phthalate (DEHP); למשך 3 ימים. המטרה הייתה ליצור מודל אשר מדמה בקרוב את המצב הפיזיולוגי של בע"ח במהלך חשיפה לרמות סביבתיות גבוהות של פטלטים (פאזה אקוטית) ולאחריה, במהלך חשיפה לרמות נמוכות (פאזה כרונית). חישוב עקומת הפרמוקנטיקה נעשה על בסיס זמן מחצית החיים של החומר, ורמות סביבתיות ופיזיולוגיות של פטלטים כפי שדווח עד כה בספרות. דגימות חלב, דם, ושתן נלקחו מכל הפרות לפני תחילת הניסוי (day 0) במהלך ימי הטיפול (days 2-4) ולאחריו (24, 28, 38 days). דגימות דם נלקחו מוריד הצוואר (Jugular vein) באמצעות מבחנת ואקום ומחט סטרילית (18g). דגימות שתן (100mL) נלקחו באמצעות החזרה של קטטר סטרילי דרך צינור השופכה (urethra) אל שלפוחית השתן. דוגמאות חלב נלקחו באופן פרטני באמצעות מכונת חליבה ניידת. כל הדוגמאות נשמרו בקירור עד לאנליזה ב- LC-MS/MS אשר נעשתה במעבדות הציוד בין מחלקתי בפקולטה לחקלאות רחובות. נבדקו ריכוזי המטבוליטים העיקריים של DEHP (5oxo-2cx- MEHP; 5OH-MEHP; MMHP; 5cx-MEPP) המתקבלים בתהליך הפרוק בגוף החיה.

ממצאים: לפני תחילת הניסוי, ריכוז המטבוליטים (ממוצע של כל פרות הניסוי) בכל הפרקציות שנבחנו (חלב, פלסמה, שתן) היה נמוך באופן יחסי (0-150 nM). ריכוזים אלו יכולים להעיד על נוכחות, אם כי לא גבוהה, של פטלטים ברמות הגוף השונות. רמות נמוכות אלו נשמרו בקבוצת הביקורת לאורך כל תקופת הניסוי. לעומת זאת, ריכוז המטבוליטים בקבוצת הטיפול, היה גבוה באופן מובהק ($P<0.05$) עבור כל המטבוליטים ובכל הפרקציות (תרשימים 16-18, נספח ג). ריכוזים אלו מעידים כי במהלך הניסוי נעשתה חשיפה אקוטית לפטלטים. לדוגמא, ריכוזי המטבוליטים בשתן בקבוצת הטיפול היו: MEHP, $243.3 \mu\text{M}$; 5OH-MEHP, $128.3 \mu\text{M}$; 5oxo-MEHP, 40.2

μM ; 2cx-MMHP, 12.2 μM ; 5cx-MEPP, 124.2 μM ; ובחלב ירדו בקבוצת הטיפול באופן דרמטי לרמות זהות לאלו שהתקבלו בקבוצת הביקורת (תרשימים 16-18, נספח ג). אולם, ריכוזם בשתן היה גבוה פי 20 (232.9 nM; 5oxo-MEHP, 871.4 nM; 5OH-MEHP, 870.5 nM; 2cx-MEHP, 34.6 nM; 5cx-MEPP 811.1 nM; MMHP, 213.3 nM) בהשוואה לקבוצת הביקורת (2cx-MEHP, 34.6 nM; 5OH-MEHP, 25nM; 5oxo-MEHP 4.5 nM; 2cx-MMHP, 0 nM; 5cx-MEPP, 46.4 Nm).

סיכום: בניסוי זה הצלחנו להעמיד מודל המדמה פרמוקנטיקה של מטבוליטים בעקבות חשיפה אקוטית לפטלטים. מתוך המודל ועל בסיס ריכוזי המטבוליטים ניתן להתרשם: א. כי בגוף החיה קיימת רמת נמוכה של זיהום אשר בשלב זה משמעותה אינה ברורה. ב. בעקבות חשיפה לרמות סביבתיות גבוהות מתקבלת עקומה בי-פאזית של ריכוזי מטבוליטים: פאזה אקוטית- עם רמות גבוהות סביב ובמהלך החשיפה ופאזה כרונית- עם רמות נמוכות לאחר החשיפה. כמו כן, ניתן לראות כי סילוק הפטלטים מהגוף נעשה ביעילות, בקצב מהיר מאוד (מספר שעות), ככל הנראה דרך השתן. חשוב לציין כי הצטברות של מטבוליטים ברקמת השומן לא נשללה עד כה. מודל זה שימוש אותנו בהמשך לבחון את פוטנציאל הפגיעה במערכת הרבייה בעקבות בחשיפה אקוטית לפטלטים.

ניסוי מס' 3: השפעת חשיפה אקוטית ל-DEHP על הפעילות השחלתית של פרות חלב

פרות הניסוי סונכרנו (GnRH-PG) במהלך הפאזה הכרונית (ראה ניסוי מס' 2) ונעשה מעקב אחר פעילות שחלתית לאורך מחזור ייחום שלם (21 יום) באמצעות במערכת אולטרה סאונד (SSD-900, 7.5MHz). (Aloka המעקב כלל רישום של מספר הזקיקים הקטנים (3-5 mm) הבינוניים (6-9 mm) והגדולים (< 10 mm) שהתפתחו. כמו כן, בכל גל פוליקולרי נרשם קצב הגדילה וההתפתחות של הזקיק הדומיננטי. בעוד שלא התקבלו הבדלים במספר הזקיקים המתפתחים בשחלה נמצא, כי בימים 15-17 של מחזור הייחום התקבלה דומיננטיות נמוכה של הזקיק הגדול אשר באה לידי ביטוי בהתפתחות מספר גדול יותר של זקיקים גדולים בקבוצת הטיפול ובשינוי דפוס הגדילה של הזקיק הדומיננטיים (תרשים A-E 19). הגודל הממוצע המרבי של הזקיק הדומיננטי מגל הזקיקים הראשון ($15.7\text{mm} \pm$) (10.4 ± 1.8 vs. 1.8 ± 0.17) כמו גם קצב הגדילה (0.88 ± 0.15 vs. 0.43 ± 0.15 mm/day) היה גבוהה בקבוצת הביקורת בהשוואה לקבוצת הטיפול, בהתאמה בשחלה. בדומה, הגודל הממוצע המרבי של הזקיק הדומיננטי מגל הזקיקים השני היה גדול יותר בקבוצת הביקורת בהשוואה לטיפול (9.67 ± 1.85 vs. 14.48 ± 0.35 mm/day; $P < 0.01$) וקצב הגדילה היה גבוהה בקבוצת הביקורת בהשוואה לקבוצת הטיפול (1.99 ± 0.19 vs. 0.46 ± 0.29 mm/day; $P < 0.02$). מאפיינים אלו היו במתאם עם ריכוז אסטרדיול בנוזל הפוליקולרי (תרשים A 20) אשר נשאב מהזקיק הפראובולטורי אשר היה נמוך יותר בפרות הטיפול בהשוואה לביקורת (832.6 ± 109.7 vs. 361.6 ± 130.5 ng/ml; $P < 0.05$). שכיחות הפתולוגיות הפוליקולריות בשחלה (זקיק מתמיד ו/או ציסטה < 25mm) הייתה גבוהה יותר (75 vs. 20%) בקבוצת הטיפול בהשוואה לקבוצת הביקורת, בהתאמה (תרשים B 20). תבנית הגדילה וההתפתחות של הגוף הצהוב אף היא נבדלה בין הקבוצות, כפי בא לידי ביטוי בקצב גדילה איטי יותר ונוון מוקדם. נפח הגוף הצהוב היה גדול יותר בקבוצת הביקורת ($4.37 \times 10^3 \pm 0.27$ vs. $2.91 \times 10^3 \pm 0.31$ mm³; $P < 0.05$).

סיכום: מעקב באמצעות אולטרהסאונד חשף את ההשפעה השלילית של חשיפה אקוטית ל-DEHP ואת האפקט המתמשך של המטבוליטים על פעילות שחלתית ובכלל זה התפתחות ותפקוד הזקיקים והגוף הצהוב. שינויים אשר יכולים לפגוע בכושר הרבייה של הפרה. עניין אשר נבחן בניסוי מס' 4.

ניסוי מס' 4: השפעת חשיפה אקוטית ל- DEHP על היכולת ההתפתחותית של הביצית והעובר

נוזל פוליקולי מהזיקה הפראובולטורי נשאב באמצעות מכשיר אולטרה סאונד המחובר למתמר ואגינאלי (PieMedical, 7.5-MHz). זקיקים נשאבו לפני תחילת הטיפול (day=0) ובמהלך הפאזה הכרונית לאחר טיפול (day=24) כפי שתואר בניסוי מס' 2. הנוזלים הפוליקולרים נשמרו בהקפאה עד לאנליזה לנוכחות מטבוליטים של-DEHP (MEHP, MEOHP, MEHHP) אשר נעשתה במעבדת Axys (analytical service, BC, Canada) באמצעות LC-MS/MS. מבדיקות המעבדה עולה כי לפני תחילת הניסוי לא נמצאו מטבוליטים בנוזל הפוליקולרי אשר נשאב. לעומת זאת, בנוזלים שנשאבו בתקופה הכרונית נמצא בקבוצת הטיפול MEHP בריכוז ממוצע של 26 nM, ואילו בקבוצת הביקורת לא נמצא אף אחד מהמטבוליטים.

הנוזלים פוליקולרים מקבוצת הטיפול והביקורת שימשו אותנו בשלב הבא כמדיום הדגרה על מנת לבחון את ההשפעה על יכולת הביצית לעבור מטורציה הפרייה ולהתפתח לעובר. ביציות נשאבו משחלות שנאספו מבית המטבחים. ביציות בעלות מופע מורפולוגי תקין בלבד הודגרו בנוזלים הפוליקולרים למשך 22h בטמפרטורה של 38.5 °C. בהמשך, הביציות עברו הפריה בתרבית למשך 18h וגודלו בתרבית למשך 7-8 ימים נוספים ב- 38.5 °C. שיעור החלוקה לעוברים בני 2-4 תאים (43 שעות לאחר הפריה) היה נמוך יותר בקבוצת הטיפול בהשוואה לקבוצת הביקורת, בהתאמה (53.12 vs. 67.61%; P<0.04). שיעור העוברים שהתפתחו עד לשלב הבלסטוציסט (7-8 ימים לאחר הפריה) היה נמוך יותר אם כי לא באופן מובהק בקבוצת הטיפול בהשוואה לקבוצת הביקורת, בהתאמה (4.88 vs. 13.06%; NS).

סיכום: חשיפה אקוטית ל- DEHP גרמה לעלייה בריכוז MEHP בנוזל הפוליקולרי של הזיקה הפראובולטורי. המצאות MEHP, אשר ידוע בפעילותו הטוקסית, בנוזל הפוליקולרי יכול לפגוע בביצית אשר טמונה בזיקה. הנחה זו מקבלת חיזוק בממצאי ניסוי זה היות והדגרה בנוזל פוליקולרי המכיל MEHP פגעה ביכולת ההתפתחותית של הביציות. **סיכום כללי:** בסדרת ניסויים זו הצלחנו להביא ראיות חדשות המחזקות את ההנחה כי גידולי שדה המשמשים להזנת בע"ח מכילים מזהמים אורגנים. העמדנו מודל המדמה חשיפה אקוטית לפטלטים ועקבנו אחר מעבר החומרים אל נוזלי הגוף (דם, חלב ושתן). חשיפה מעין זו יכולה להוות מקור זיהום למוצרי מזון מן החי (חלב) כמו כן ביכולתה לפגוע במערכות גוף ובכלל זה מערכת הרבייה והתפתחות עוברית כפי שנבחן ונמצא בעבודה זו.

4.4 מעבר מזהמים אורגנים שמקורם בקולחים אל רקמות גוף של טלאים והשפעתם

EDCs עלולים לאגור ברקמות הגוף ולשבש את התפקוד תקין, בעיקר ירידה בפוריות זכרים ונקבות. בחלק זה של הניסוי חשפנו טלאים (תאומים) לקוקטייל של EDCs במטרה לאפיין יכולת של רקמות לאגור מזהמים סביבתיים; ולבדוק השפעה של מזהמים על מערכת רבייה זכרי. הניסוי החל בפברואר 2012, בדיר מכון ולקני, בית דגן. בחרנו בטלאים כחיית מודל - 6 זוגות תאומים זכרים השתתפו בניסוי. טלאים נשקלו ונבדקו לאחר המלטה על ידי וטרינר. התאומים הופרדו, אחד מהם קיבל דרך הפה תערובת מזהמים carbamazepine, bisphenol A, simazine, vinclosolin, diflufenican הטלא שני גודל בתנאים זהים ושימש כביקורת. הטלאים קיבלו עשרה מ"ל של תערובת המזהמים (פירוט בנספח ד) כל 5 ימים מיום 7 ועד יום 40 (גמילה), וכל 10 ימים, מיום 40 ועד ליום 240 (בגרות מינית). דגימות דם נאספו כל 10 ימים מגמילה ועד ל-240 יום. ריכוז Androstenedione נבדק בעזרת (radioimmunoassay DSL-4200). תום הניסוי בגיל 240 יום טלאים הוקרבו ודוגמאות של שומן, כבד, כליות ואשכים הוקפאו לאנליזות לנוכחות מזהמים ותקינות רקמות בבחינה מורפולוגית ותפקודית.

לא מצאנו הבדלים בהתפתחות, בקצב הגדילה, או רגישות למחלות בין שתי הקבוצות. לעומת זאת מצאנו הבדלים מאוד בולטים במורפולוגיה של אשכים כפי שניתן לראות בתמונות (נספח ד). לכל הטלאים מקבוצת הטיפול הייתה מורפולוגיה פתולוגית באשכים. התופעה הנפוצה ביותר הייתה הצטברות של מוגלה. ספירת זרע הראתה ירידה משמעותית בכמות ועליה בתמותה. לסיכום: לתערובת חומרים אשר נבדקה השפעה הרסנית על אברי מין זכריים. העבודה מהווה בסיס למחקר מעמיק אשר ייתן תשובה לשאלה לאיזה חומר ישנה השפעה על מערכת רבייה וייתן פתרון לסילוק מן הסביבה.

סיכום עם שאלות מבחן

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.

מטרות העבודה כפי שהוצגו בתוכנית המקורית כללו שלושה אבני דרך: ניסויי חממה להבנת הקליטה של חומרים רפואיים על ידי צמחים חקלאיים תוך התמקדות בהשפעות תכנות החומרים, תכנות הקרקע וטיב המים על הקליטה; מטרה שניה הייתה לבדוק תוצרת חקלאית משווקת לנוכחות מזהמים שמקורם בקולחים; ומטרה שלישית היתה לבחון האם מזהמים שמקורם בקולחים או בבוצה עשויים להגיע לרקמות של בעלי חיים (פרות וכבשים) ואף ולהשפיע על מערכת הרבייה שלהם). תוכנית המחקר בוצעה תוך שינויים קלים תוך כדי הפעילות.

עיקרי התוצאות.

מגוון רחב של חומרים רפואיים התגלו בעלים ובפירות של ירקות. בולטים בקלטיה ובריכוז היו החומרים הרפואיים הניטרליים בתנאי ה-pH של הקרקע והמים. ריכוזים גבוהים יותר נתגלו בעלים בהשוואה לפירות ובפרי המלפפון בהשוואה לפרי העגבניה. נצפתה השפעה של תכנות הקרקע על הקליטה (ככל שאחוז החרסית והחומר האורגני גדלים הקליטה קטנה בדרך כלל), וכן של איכות המים (קולחים מקטינים קליטה) וכן של יישום קומפוסט (מקטין קליטה). במיני סקר שביצענו ניתן לראות ש"גידולי עלים" נמצאו כמזוהמים יותר מגידולים אחרים כאשר carbamazepine הינו החומר שהתגלה ברוב הדוגמאות. ממצאים חדשים ממחקר זה מצביעים כי carbamazepine לא רק שנקלט אלא גם עובר מטבוליזם בצמח ולפחות חלק מהמטבוליטים הינם בעלי סיכון בריאותי גבוה יותר מחומר המוצא. בחלק מהדוגמאות נתגלו גם חומרי הדברה. הניסויים בפרות וכבשים עם חומרים המוגדרים כמשבשי פעילות הורמונלית השפיעו על מערך הרבייה הנקבי (פרות) והזכרי (טלאים). חלק מחומרים אלו מקורם עלול להיות בקולחים.

מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?

המחקר הקיף צוותי מחקר שונים ומגוונים, מטרות המחקר הושלמו. המסקנה העיקרית הינה כי חלק מהחומרים הרפואיים אשר נמצאים בקולחים נקלטים על ידי צמחים ונוכחים בתוצרת חקלאית משווקת.

בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר

לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתורה לביצוע תוכנית המחקר?

צוות המחקר המורחב נפגש מספר פעמים ודן בתוצאות ובתוכניות המחקר. כרגע עם סט הנתונים הקיים אין אנו יכולים להצביע על גודל הבעיה (אם בכלל) או אם יש סכנה בריאותית באכילה של תוצרת חקלאית מושקה בקולחים. אולם, תוצאות מחקר זה מדגישות את הצורך בביצוע סקר רחב וארצי להמצאות חומרים רפואיים בקולחים, בקרקעות מושקות בקולחים ובגידולים.

Goldstein, M., M. Shenker, and B. Chefetz. 2014. Insights into the uptake processes of wastewater-borne pharmaceuticals by vegetables. Environ. Sci. Technol. 48:5593–5600.

Benny Chefetz, Rotem Navon, Adi Maoz, Daniella Harush, Tamar Mualem, Myah Goldstein and Moshe Shenker. Contaminants of Emerging Concern in the Agro-Environments: Fate and Processes. The Dahlia Greidinger International Symposium 2013, Technion, Haifa, Israel. (oral)

Myah Goldstein, Benny Chefetz and Moshe Shenker. Uptake of pharmaceuticals and personal care products, The 2nd Israeli Graduate Student Symposium on Environmental Health, 2013 Grand Water Research Institute, Technion, Haifa, Israel. (oral)

מאיה גולדשטיין, בני חפץ ומשה שנקר. שינויי אקלים - האם הדבר עלול להוביל לפגיע באיכות המזון? תוצאות ממחקר העוסק בקליטה של תרופות וחומרי טיפוח אישיים בצמחים, הוועידה השנתית ה-41 למדע וסביבה, אוקטובר 2013, רחובות. (הרצאה)

Insights into the uptake processes of wastewater-borne pharmaceuticals by vegetables, the Fourth International Conference on Emerging Contaminants in the Environment, EmCon, August 2014, Iowa City, Iowa, USA. (oral)

Malchi, T., Y. Yehoshua, G. Tadmor, M. Shenker, and B. Chefetz. 2014. Irrigation of root vegetables with treated wastewater: Evaluating uptake of pharmaceuticals and the associated human health risks. Environ. Sci. Technol. 48: 9325–9333.

לודמילה גרויסמן, מיקרו מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת שהושקתה בקולחים, הוועידה השנתית ה-40 למדע וסביבה, אוקטובר 2012, תל אביב. (הרצאה)

Roth, Z., R. Hadas, Y. Maor and D. Kalo. In-vivo model to examine the long-lasting effects of acute DEHP exposure on ovarian function in bovine. 41st Annual Conference of the International Embryo Transfer Society (IETS), January, 2015, Versailles, France.

Kalo, D., R. Hadas and Z. Roth Ex-vivo model to study the effect of acute exposure to Di-(2-ethylhexyl) phthalate on bovine oocyte maturation and developmental competence. 41st Annual Conference of the International Embryo Transfer Society (IETS), January, 2015, Versailles, France.

פרסום הלוח: אני ממליץ לפרסם את הלוח: (סמן אחת מהאופציות)

X ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)

□ חסוי – לא לפרסום: יש לצרף אישור ומידע ממוסד המחקר

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

נספחים

נספח א - ניסוי קליטת חומרים רפואיים בצמחים – השפעת סוג הקרקע וקומפוסט בוצה בקרקע, בית דגן

גידול מלפפון, מהלך הניסוי

בניסוי הקליטה של תרופות על ידי צמחים נכללו שלושה סוגי קרקעות מייצגות מישראל: חוללס מהבשור, חמרה חולית מאזור רחובות וקרקע ורטיסול אלוביאלי ממתעי בית אורן. הקרקעות נדגמו משכבת הקרקע העליונה בשדה 0-20 ס"מ, יובשו ליובש אויר, נכתשו ונופו לגודל 5 מ"מ. תכונות עיקריות של הקרקעות מוצגות בטבלה 1. הניסוי בבית דגן כלל שלושה משתנים: סוג הקרקע – שלוש קרקעות, יישום קומפוסט בוצה – 0 ו-2% ממשקל הקרקע, תרופות במי ההשקיה – 0 וקוקטיל של תרופות המפורטים בטבלה 2. הניסוי פקטוריאלי גמור בארבע חזרות שאורגנו בבלוקים באקראי. סך הכל $48 = 4 \times 2 \times 2 \times 3$ כלי גדול עם צמחים + 6 כלים לביקורת ללא צמחים (השקיה במים שפירים בלבד). קומפוסט בוצה סופק על ידי יצרן מסחרי, שח"מ גבעת עדה מאתר דלילה. כלי הגידול – דליים בנפח 10 ליטר, בכל כלי בתחתיתו צמר סלעים ויונק עשוי צמר סלעים בתוך צינור פלסטי 2" באורך כ-1.5 מ'. נפח הקרקע היה שווה בכל הכלים, 6 ליטר ואילו המשקל כולו בצפיפות הקרקע ברחובות, הבשור ובית-אורן היה 10, 9.5 ו-6 ק"ג בהתאמה.

ההשקיה ידנית בתמיסה המכילה דשן. השלמת השקיה בסופי שבוע וכשצריכת המים הייתה גבוהה בחודש השני לגדול על ידי מערכת טפטוף עם דישון פרופורציונלי כמו בהשקיה הידנית. לשם הערכת כמות המים הנדרשת בהשקיה שקלנו כלי אחד מייצג מכל טיפול קרקע לפני ההשקיה. הטיפול בתרופות ניתן דרך ההשקיה הידנית בלבד. ההשקיה בעודף אחת לכמה ימים כדי למנוע המלחה.

השתילה בבית דגן הייתה ב-15.5.2011. יום לפני השתילה הקרקע הרוותה ב-3 ליטר מי ברז (עד שהתחיל טפטוף של נקז). לאחר מכן, הוכנסו משאבים לדגום תמיסת קרקע בכל הטיפולים בשתי חזרות לכל טיפול. בכל כלי נשתלו שלושה צמחים שמהם יבחר רק צמח אחד להמשך הניסוי. בשבוע הראשון ההשקיה עם מי ברז ומיום 22.5.11 החלה השקיה עם דשן. התחלת ההשקיה עם התרופות החלה ב-26.5.2011 ובוצע דילול של הצמחים לשניים בכל כלי. ב-1.6.2011 נחתך צמח אחד נוסף, כך שבכל עציץ נשאר צמח אחד.

ב-9.6.11 שני צמחים מתו וצמח נוסף ב-4.7.11 כתוצאה מהדבקות בפוזריום. קטיף פרות סלקטיבי התחיל ב-9.6.11 ונמשך עד חיסול הצמחים ב-10.7.11, סה"כ 6 קטיפים בתדירות של אחת ל-5-6 ימים (9.6.11, 15.6.11, 19.6.11, 26.6.11, 4.7.11, 10.7.11). דגימות של תמיסת קרקע במשאבים נעשו ב-30.6.11 וב-3.7.2011 לאחר שיום לפני הדגימות הצמחים הושקו בעודף גדול.

דיגום חיסול ניסוי בוצע ב-10.7.11. מכל צמח קטפנו את כול הפירות שנשארו על השיחים למשקל טרי ולהמשך ייבוש בתנור לקביעת משקל יבש. חילקנו את העלים ל-10 עלים עליונים (עלים צעירים) ושאר העלים (עלים בוגרים) ושקלנו משקל טרי, העברנו להקפאה ולהמשך ייבוש בואקום בהקפאה (ליופילייזר). השארנו את הגבעולים כדי לדגום למחרת דמיצה Sapflow מכל הטיפולים בשתי חזרות (בלוקים II ו-III). לאחר מכן חתכנו את הגבעולים בגובה פני הקרקע, שקלנו את משקלם הטרי והעברנו להקפאה ולהמשך ייבוש בואקום בהקפאה (ליופילייזר). בגלל תקלה במקפיא בו אוחסנו דוגמאות העלים והגבעולים אבדנו דוגמאות אלו ולא בצענו בהן אנליזות של החומרים הרפואיים. אנליזות של התרופות בדוגמאות התמיסות והפרי בוצעה במעבדתו של פרופ' חפץ.

גידול עגבנייה, מהלך הניסוי

השתילה הייתה באותם כלים באותן קרקעות שבהן בוצע ניסוי המלפפון והמשכנו באותם טיפולים. ההשקיה על ידי מערכת טפטוף עם דישון פרופורציונלי. לשם הערכת כמות המים הנדרשת בהשקיה שקלנו כלי אחד מייצג מכל טיפול קרקע לפני ההשקיה. בימי חול כמחצית ממנת ההשקיה ניתנה באופן ידני, כוללת טיפול בתרופות. ההשקיה בעודף אחת לכמה ימים כדי למנוע המלחה.

מהלך הניסוי - השתילה בבית דגן הייתה ב- 3.4.2012. יום לפני השתילה הקרקע הרוותה ב- 3 ליטר מי ברז (עד שהתחיל טפטוף של נקז). לפני השתילה טבילה של כל גוש שתיל ב- דיאנון למניעת מחלות שורש. בכל כלי נשתלו שלושה צמחים שמהם יבחר רק צמח אחד להמשך הניסוי. לאחר מכן, הוכנסו משאבים לדגום תמיסת קרקע בכל הטיפולים בשתי חזרות לכל טיפול. השקיה עם מי ברז בתוספת של דשן שפר 7:3:7 יחס 1/1000. ב- 16.4.2012 דילול הצמחים כך שבכל עציץ נשאר צמח אחד. התחלת ההשקיה עם התרופות החלה ב- 22.4.2012, בריכוז 1 ח"ב. החל מ- 13.5.12 העלינו את ריכוז התרופות בהשקיה הידנית ל- 2 ח"ב ומה- 17.5.12 העלינו הריכוז ל- 3 ח"ב. קטיף פרות סלקטיבי התחיל ב- 31.5.12 ונמשך עד חיסול הצמחים ב- 4.7.12 על בסיס יום יומי חוץ מסופי שבוע. דגימות של תמיסת קרקע במשאבים נעשו ב- 31.5.12 ואח"כ ב- 3.6.12, 4.6.12, 6.6.12 ובסיום הניסוי 3.7.2012 לאחר שיום לפני הדגימות הצמחים הושקו בעודף גדול.

דגום חיסול ניסוי בוצע ב- 3-4.7.12. מכל צמח קטפנו את כול הפירות שנשארו על השיחים למשקל טרי ולהמשך ייבוש בתנור לקביעת משקל יבש. חילקנו את הנוף לעלים וגבעול, קבענו משקל טרי והעברנו להקפאה ולהמשך ייבוש בואקום בהקפאה (ליופילייזר). השארנו קטע קצר של הגבעולים מעל פני הקרקע כדי לדגום למחרת דמיעה Sapflow מכל הטיפולים בשתי חזרות (בלוקים II ו- III). לאחר מכן חתכנו את הגבעולים בגובה פני הקרקע, שקלנו את משקלם הטרי וצרפנו לגבעולים שנדגמו ב- 4.7.12, העברנו להקפאה ולהמשך ייבוש בואקום בהקפאה (ליופילייזר). אנליזות של התרופות בדוגמאות התמיסות והצמחים בוצעו במעבדתו של פרופ' חפץ.

גידול חסה, מהלך הניסוי

השתילה הייתה באותם כלים באותן קרקעות שבהן בוצעו ניסוי המלפפון והעגבנייה והמשכנו באותם טיפולים. ההשקיה ידנית חוץ מאשר בסופי שבוע שבהם ההשקיה הייתה על ידי מערכת הטפטוף עם דישון פרופורציונלי שתוארה בניסויי הגידול של מלפפון ועגבנייה. לשם הערכת כמות המים הנדרשת בהשקיה שקלנו כלי אחד מייצג מכל טיפול קרקע לפני ההשקיה. ההשקיה בעודף אחת לכמה ימים כדי למנוע המלחה.

השתילה בבית דגן הייתה ב- 29.1.2014. יום לפני השתילה הקרקע הרוותה ב- 3 ליטר מי ברז (עד שהתחיל טפטוף של נקז). בכל כלי נשתלו שלושה צמחים שמהם בחרנו בהמשך הניסוי רק צמח אחד לגדול עד סוף הניסוי. לאחר מכן, הוכנסו משאבים לדגום תמיסת קרקע בכל הטיפולים בשתי חזרות לכל טיפול. בשבוע הראשון ההשקיה עם מי ברז בלבד. בהמשך השקיה עם מי ברז בתוספת של דשן שפר 7:3:7 יחס 1/1000. שבוע לאחר השתילה דילול הצמחים כך שבכל עציץ נשאר צמח אחד. התחלת ההשקיה עם התרופות החלה ב- 3.2.2014, בריכוז 3 ח"ב. דגום חיסול ניסוי בוצע ב- 20.3.14. קבענו משקל טרי והעברנו להקפאה ולהמשך ייבוש בואקום בהקפאה (ליופילייזר). אנליזות של התרופות בדוגמאות התמיסות והצמחים בוצעו במעבדתו של פרופ' בני חפץ.

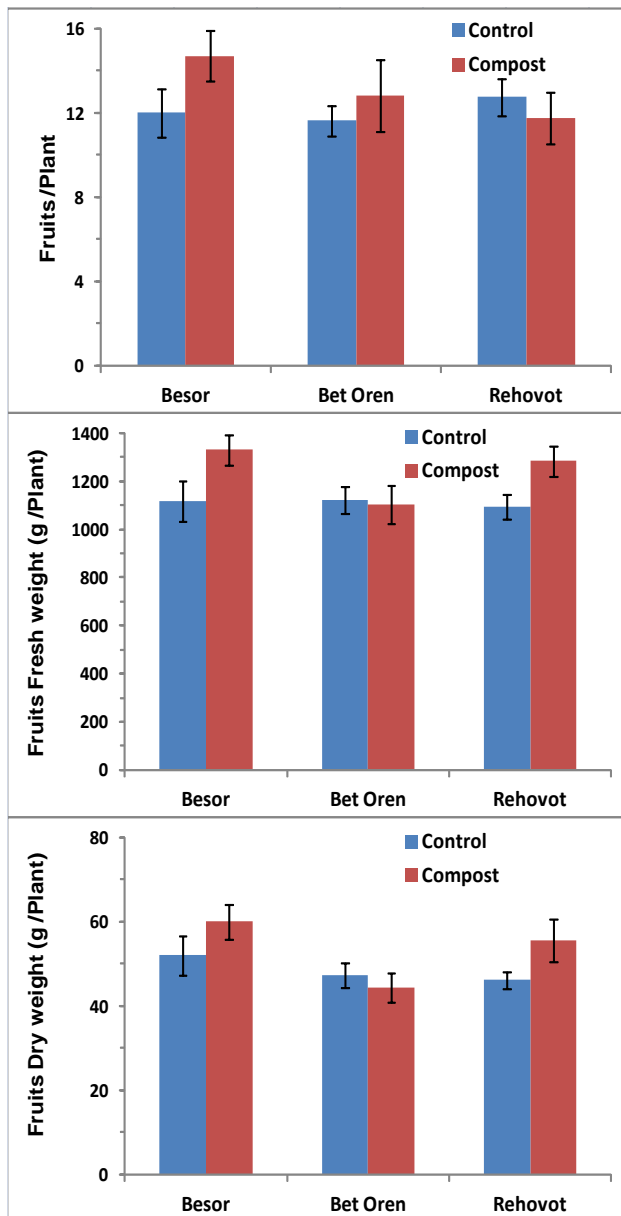
תוצאות

טבלה 1. תכונות עיקריות של הקרקעות בניסויי הקליטה ברחובות ובבית דגן.

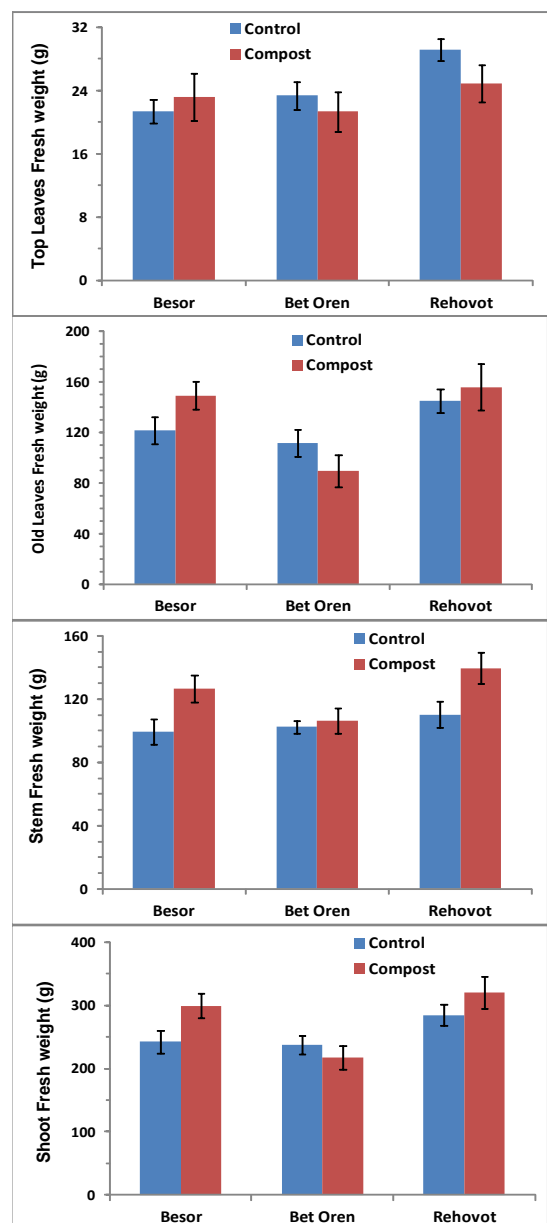
חול חום-אדום רחובות	ורטיסול אלוביאלי בית אורן	חול איאולי דמוי לס נחל הבשור	
18.43	268.2	58.5	שפ"ס (גס"מ ²)
0	4.01	10.3	גיר (%)
92.5	22.5	80	חול (%)
7.5	40	12.5	חרסית (%)
0	37.5	7.5	סילט (%)
0.4	6.1	0.7	חומר אורגני (%)
1.28	23.6	1.01	קק"ח (מא"ק/100 ג')

טבלה 2. החומרים הרפואיים שהוספו למי ההשקיה.

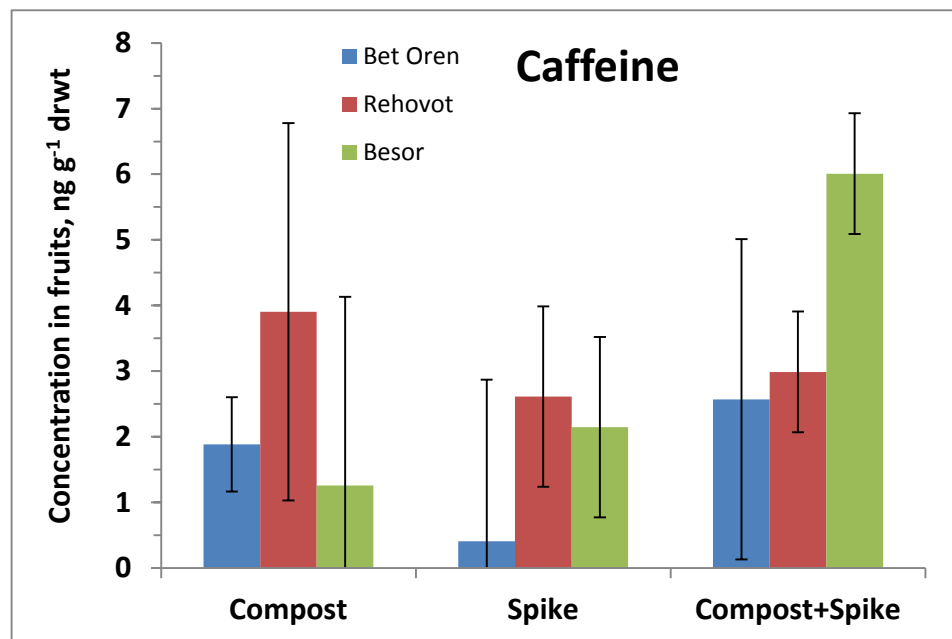
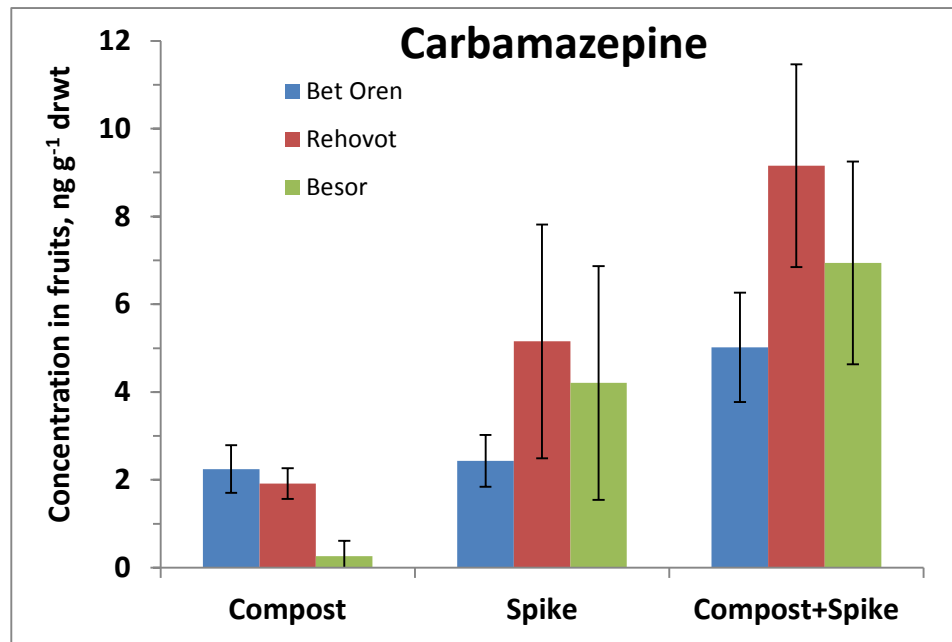
Name	Formula	MW (g mol-1)	Log Kow	pKa	Therapeutic use
Bezafibrate	C ₁₉ H ₂₀ ClNO ₄	361.83	4.25	3.6	Hyperlipidemia
Caffeine	C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂	194.19	-0.07	---	Stimulant
Carbamazepine	C ₁₅ H ₁₂ N ₂ O	236.27	2.45	---	Anticonvulsant
Clofibric acid	C ₁₀ H ₁₁ ClO ₃	214.65	2.57	3.2	Hyperlipidemia
Gemfibrozil	C ₁₅ H ₂₂ O ₃	250.34	4.77	4.7	Hyperlipidemia
Ibuprofen	C ₁₃ H ₁₉ O ₂	206.29	3.97	4.91	Anti-inflammatory
Ketoprofen	C ₁₆ H ₁₄ O ₃	254.29	3.12	4.45	Anti-inflammatory
Lamotrigine	C ₉ H ₇ Cl ₂ N ₅	256.10	2.57	5.34	Anticonvulsant
Metoprolol	C ₁₅ H ₂₅ NO ₃	267.36	1.88	9.7	β blocker
Naproxen	C ₁₄ H ₁₄ O ₃	230.27	3.18	4.45	Anti-inflammatory
Sildenafil	C ₂₂ H ₃₀ N ₆ O ₄ S	474.59	2.75	6.4, 7.4	Vasoactive agent
Sulfamethoxazole	C ₁₀ H ₁₁ N ₃ O ₃ S	253.28	0.89	1.80, 5.60	Antibacterial
Sulfapyridine	C ₁₁ H ₁₁ N ₃ O ₂ S	249.29	0.35	2.30, 8.40	Antibacterial



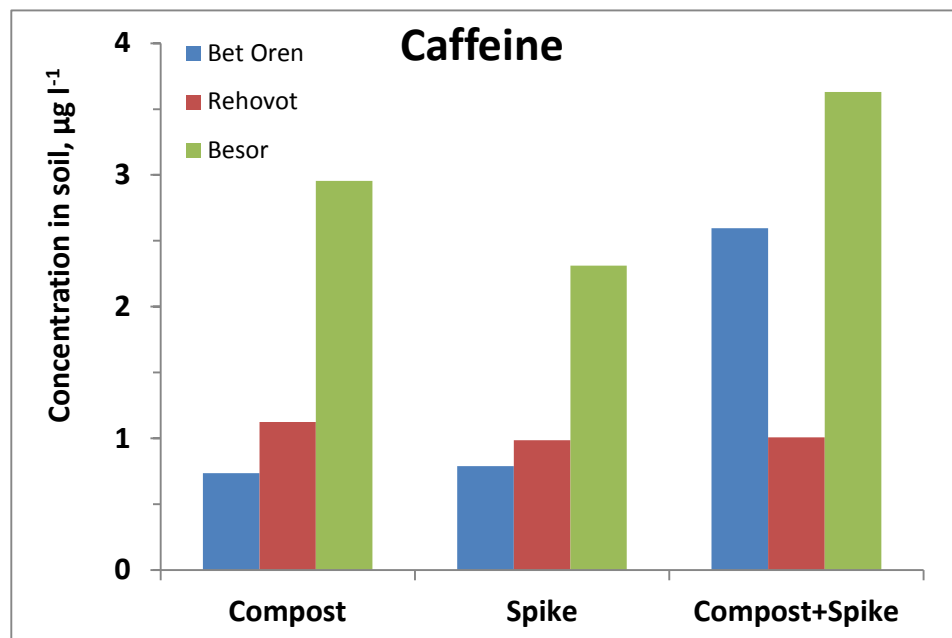
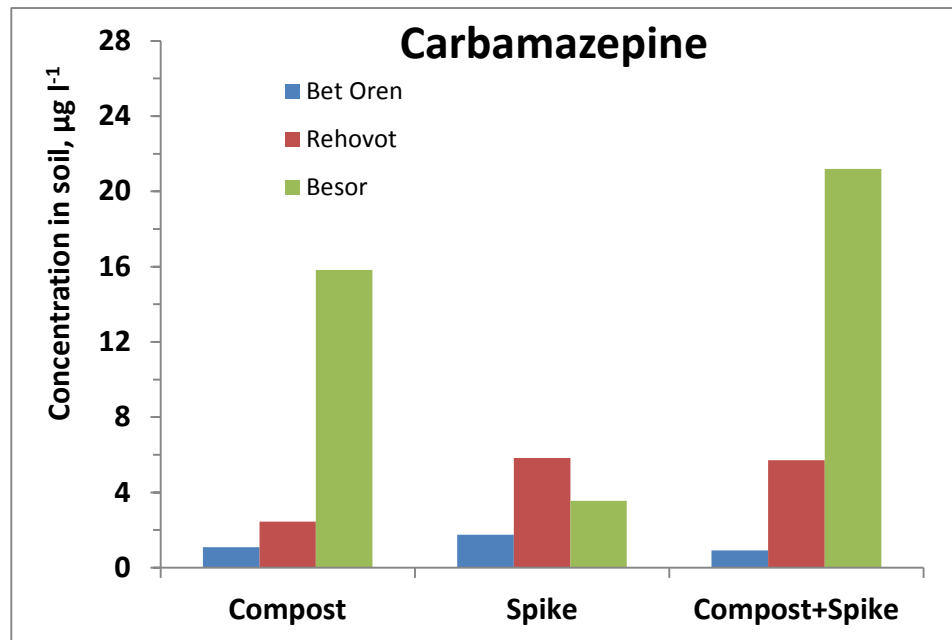
תרשים 2. יבול פירות מלפפון, מספר, משקל טרי ומשקל יבש בצמחי הביקורת (control) ובטיפול הקומפוסט (compost) בקרקעות השונות, בית דגן, 2011.



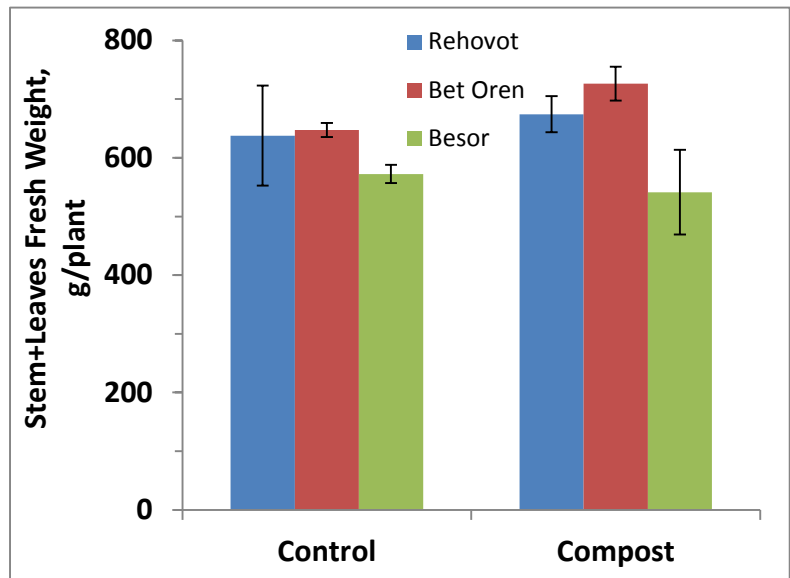
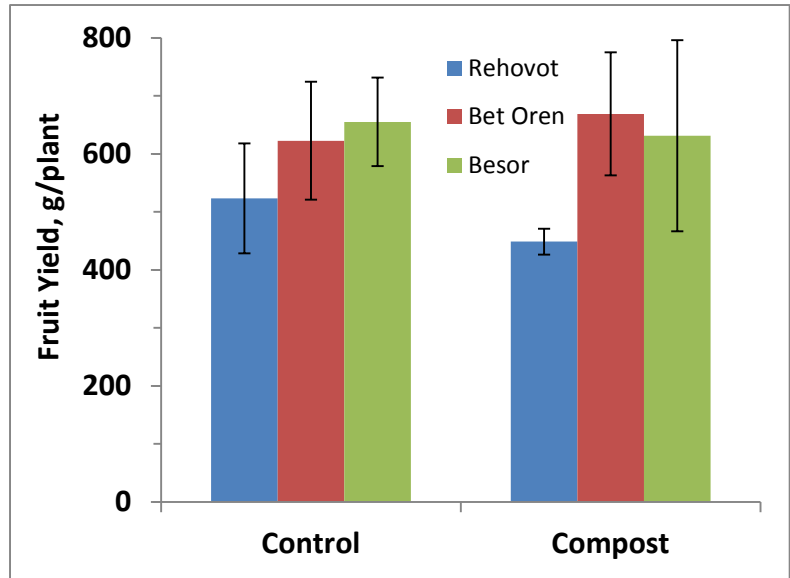
תרשים 1. משקל טרי של האברים הוגטטיביים של צמחי המלפפון בצמחי הביקורת (control) ובטיפול הקומפוסט (compost) בקרקעות השונות, בית דגן, 2012.



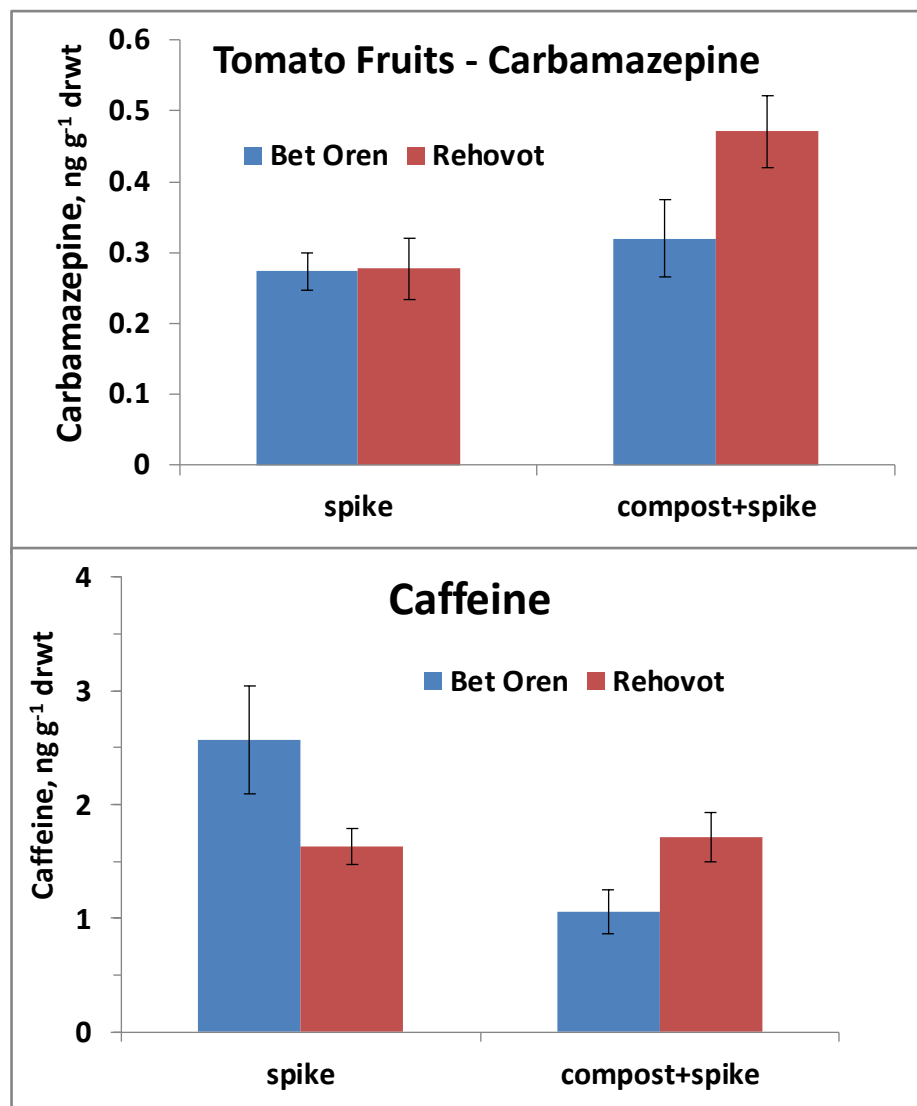
תרשים 3. ריכוזי ה- carbamazepine ו- caffeine בפרי מלפפון בשלושת הקרקעות, עבור טיפול תוספת קומפוסט לקרקע והשקיה במים שפירים (compost), טיפול ללא קומפוסט עם השקיה במים שפירים בתוספת חומרים רפואיים (spike) וטיפול משולב של תוספת קומפוסט לקרקע והשקיה במים שפירים בתוספת חומרים רפואיים (spike+compost), בית-דגן, יולי 2011.



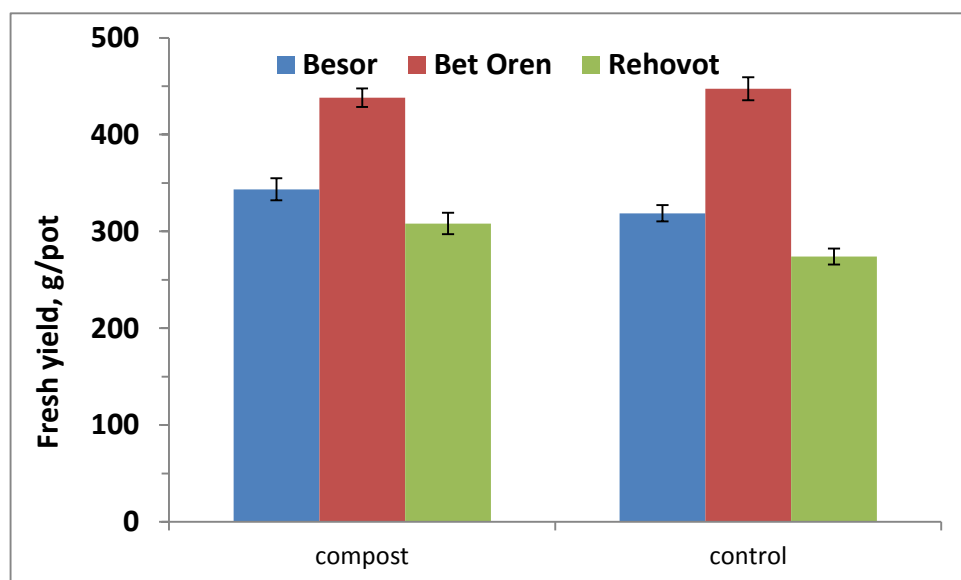
תרשים 4. ריכוזי ה- carbamazepine ו- caffeine בתמיסת הקרקע במיצוי משאבים בסיום הניסוי במלפפון, עבור טיפול תוספת קומפוסט לקרקע והשקיה במים שפירים (compost), טיפול ללא קומפוסט עם השקיה במים שפירים בתוספת חומרים רפואיים (spike) וטיפול משולב של תוספת קומפוסט לקרקע והשקיה במים שפירים בתוספת חומרים רפואיים (spike+compost), בית-דגן, יולי 2011.



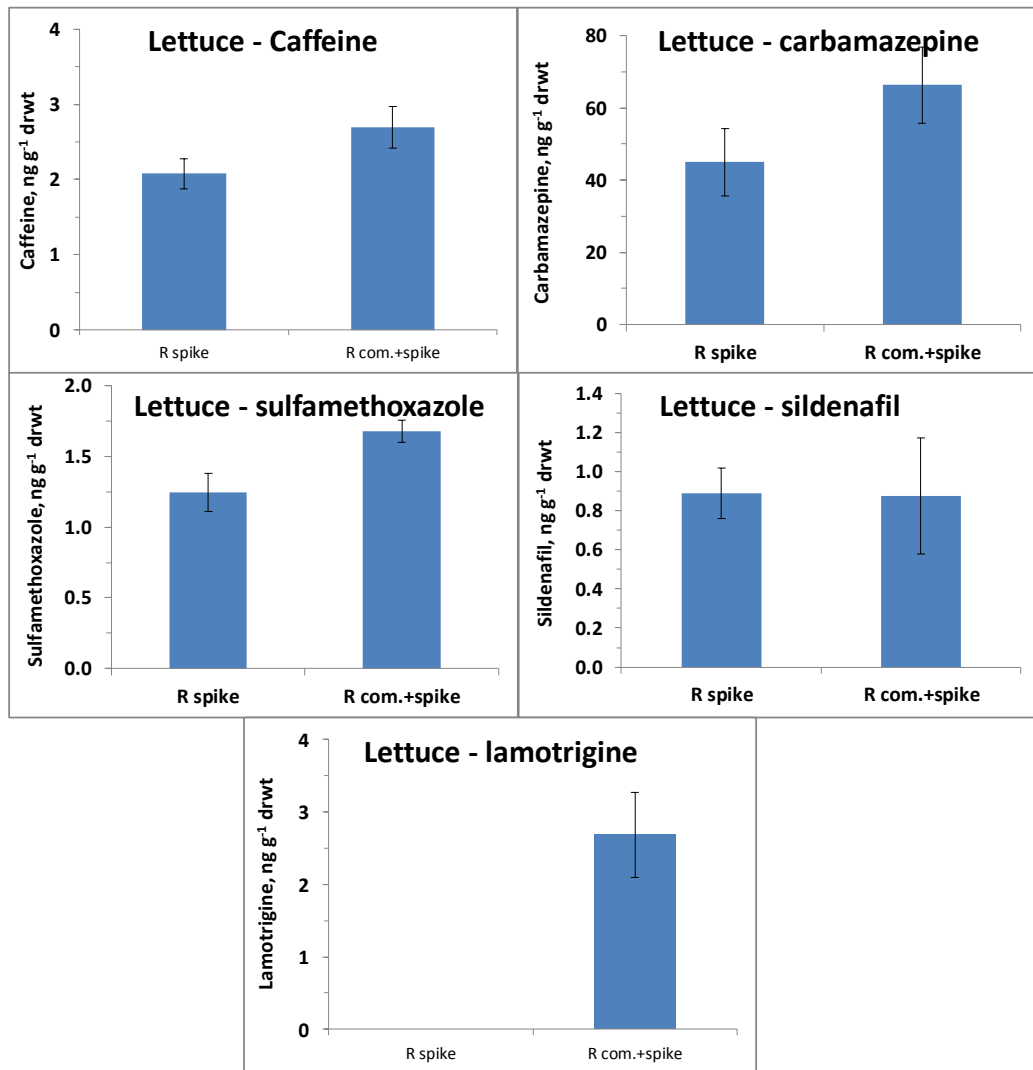
תרשים 5. יבול טרי פירות ונוף (עלים+גבעול) עגבנייה עבור טיפול הביקורת - ללא תוספת קומפוסט לקרקע והשקיה במים שפירים (control) וטיפול תוספת קומפוסט לקרקע והשקיה במים שפירים (compost), בית דגן, 2012.



תרשים 6. ריכוזי ה- carbamazepine ו- caffeine בפרי עגבנייה עבור טיפול ללא קומפוסט עם השקיה במים שפירים בתוספת חומרים רפואיים (spike) וטיפול משולב של תוספת קומפוסט לקרקע והשקיה במים שפירים בתוספת חומרים רפואיים (spike+compost), בית-דגן, יולי 2012.



תרשים 7. יבול חסה טרי עבור טיפול הביקורת - ללא תוספת קומפוסט לקרקע והשקיה במים שפירים (control) וטיפול תוספת קומפוסט לקרקע והשקיה במים שפירים (compost), בית דגן, 20 מרץ 2014.



תרשים 8. ריכוזי ה- caffeine, carbamazepine, sulfamethoxazole, sildenafile בעלי חסה בקרקע מסוג חול חום-אדום עבור טיפול ללא קומפוסט עם השקיה במים שפירים בתוספת חומרים רפואיים (R spike) וטיפול משולב של תוספת קומפוסט לקרקע והשקיה במים שפירים בתוספת חומרים רפואיים (R com.+spike), בית-דגן, 20 מרץ 2014.

ניסוי קליטת חומרים רפואיים בצמחים – השפעת סוג הקרקע ואיכות מי ההשקיה - מלפפון

הניסוי הוצב בחממה בפקולטה לחקלאות ברחובות בחודשים מאי-אוגוסט 2011 למשך 11 שבועות. הדשן ששימש לניסוי היה שפר 5:3:8. בניסוי היו 4 סוגי טיפולים לכל סוג קרקע – השקיה במים שפירים (מי ברז מרחובות), השקיה במי קולחים מהשפד"ן (טיפול שניוני), השקיה במים שפירים בתוספת תערובת חומרים רפואיים בריכוז 1 מיקרוגרם/ל', והשקיה במי קולחים בתוספת תערובת חומרים רפואיים בריכוז 1 מיקרוגרם/ל'. לכל טיפול נערכו 4 חזרות. בנוסף ל- 4 החזרות שנערכו לכל טיפול, היו 3 דליים נוספים, אחד עבור כל קרקע, שהכילו קרקע בלבד ושמשו להערכת האידי מפני הקרקע, ו- 3 דליים נוספים, אחד עבור כל קרקע, שהכילו צמחים ושמשו להערכת האופוטנספירציה, על ידי שקילה במועדים שונים. ששת הדליים הושקו במים שפירים באותה כמות אותו קיבלה אותה קרקע בטיפולים השונים. הקרקעות השונות הושקו בהתאם לצורך (רמת הרטיבות שהייתה בקרקע למחרת כל השקיה). קרקע מאותו סוג הושקתה באותה כמות בכל ארבעת הטיפולים.

טבלה 3. יבול המלפפונים לאורך הניסוי.

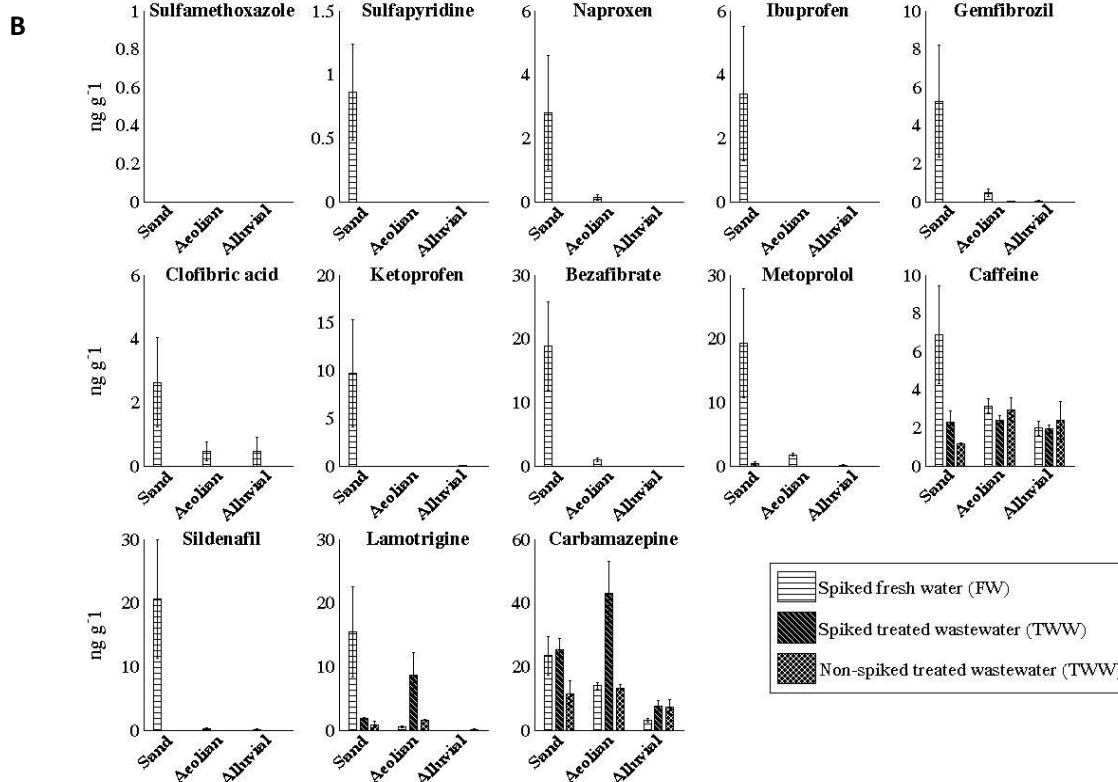
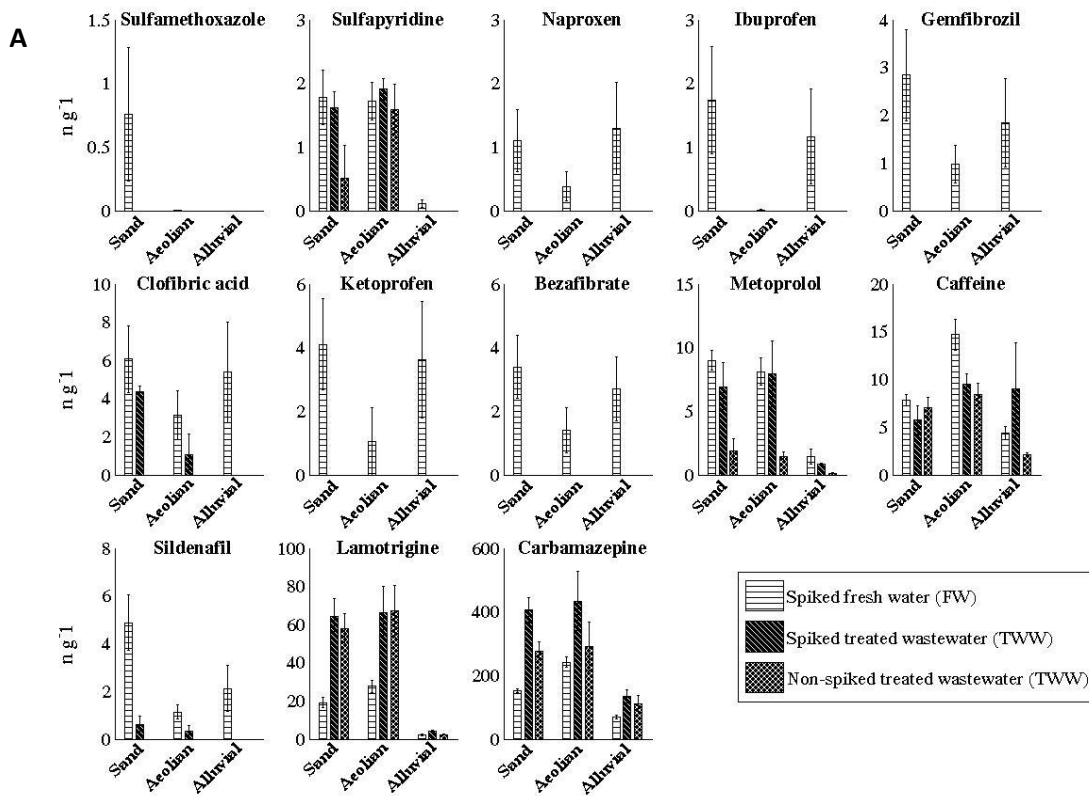
טיפול	שפירים + מזהמים	קולחים + מזהמים	קולחים בלי מזהמים	שפירים בלי מזהמים
טרה רוסה	17	14	21	15
חול איאולי דמוי לס	17	14	15	6
חול חום-אדום	20	25	24	15

ניתוח סטטיסטי ליבול

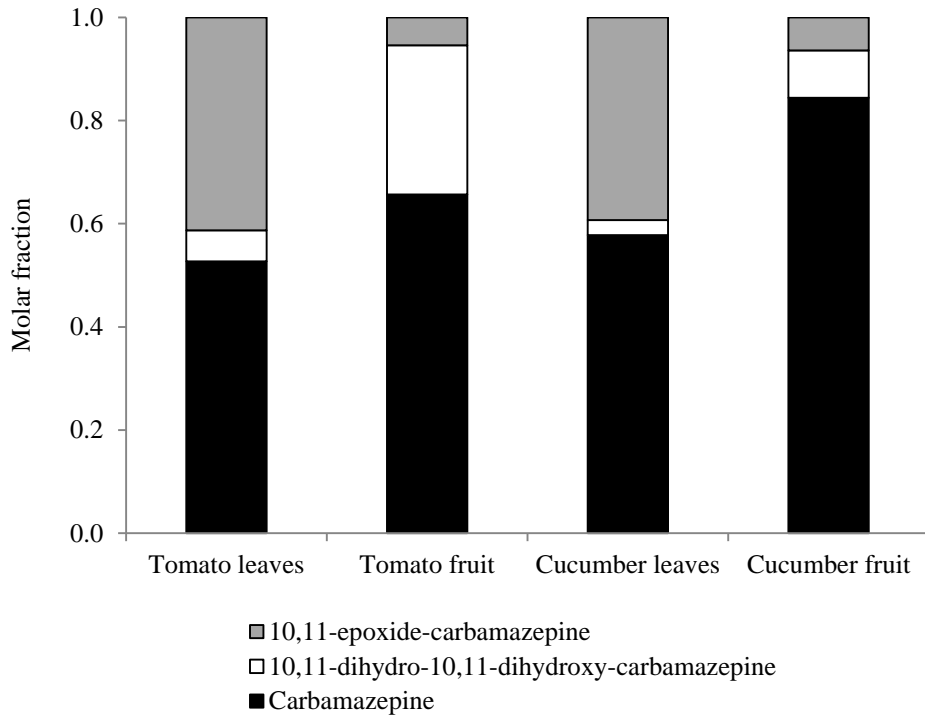
על פי ניתוח סטטיסטי קיימת שונות בין הקרקעות חול חום-אדום וטרה רוסה לקרקע לס (H- טרה רוסה; L - לס; S- חול חום-אדום) כאשר הקרקעות הראשונות הניבו יבול רב יותר ולא היה ביניהן הבדל מובהק. בהשוואה בין הטיפולים השונים (1- שפירים + מזהמים; 2- קולחים + מזהמים; 3- קולחים בלי מזהמים; 4- שפירים בלי מזהמים) טיפולים 1, 2 ו- 3 היו שונים באופן מובהק מטיפול 4 אך לא אחד מהשני, כמו כן טיפולים אלה הניבו יבול רב יותר מאשר טיפול 4. בהצלבה בין סוג הקרקע לסוג הטיפול, התקבל כי טיפול S-3 הניב את היבול הגדול ביותר אך לא היה שונה באופן מובהק מיתר הטיפולים עבור קרקע זו ומארבעת הטיפולים בקרקע טרה רוסה ומטיפול L-3. טיפולים L-1, L-2 ו- L-4 הניבו את היבול הנמוך ביותר והיו שונים באופן מובהק מטיפול L-3.

טבלה 4. איכות מי ההשקיה וריכוז החומרים רפואיים במי ההשקיה בטיפולים השונים (FW מים שפירים; FW-spiked מים שפירים עם תוספת חומרים רפואיים); TWW קולחים; TWW-spiked קולחים עם תוספת חומרים רפואיים).

	Fresh water (FW)		Treated wastewater (TWW)	
Total suspended solids (TSS; mg L ⁻¹)	N.D. ^a		2.0-8.8	
Biological oxygen demand (BOD; mg L ⁻¹)	N.D.		6.7-18.1	
Chemical oxygen demand (COD; mg L ⁻¹)	N.D.		27.0-45.0	
pH	7.2		7.1-7.7	
EC (dS m ⁻¹)	0.7		1.3-1.6	
N total (mg L ⁻¹)	N.D.		10.8-11.3	
P total (mg L ⁻¹)	N.D.		2.0-10.6	
Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	96.0		96.0-277.0	
NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	12.0		1.9 - 8.0	
HCO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	167.0		262.0-292.0	
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	1.4		7.3-8.8	
NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	N.D.		0.7-10.9	
K ⁺ (mg L ⁻¹)	<2.0		22.8-31.3	
	FW	FW-spiked	TWW	TWW-spiked
Bezafibrate (µg L ⁻¹)	N.D.	0.86±0.09	0.30±0.11	1.30±0.22
Caffeine (µg L ⁻¹)	N.D.	1.31±0.34	0.59±0.26	1.39±0.27
Carbamazepine (µg L ⁻¹)	N.D.	0.91±0.15	1.06±0.13	1.95±0.17
Clofibric acid (µg L ⁻¹)	N.D.	1.03±0.16	N.D.	1.09±0.20
Gemfibrozil (µg L ⁻¹)	N.D.	0.87±0.15	0.02±0.00	0.97±0.15
Ibuprofen (µg L ⁻¹)	N.D.	0.67±0.13	0.13±0.04	0.87±0.34
Ketoprofen (µg L ⁻¹)	N.D.	0.98±0.30	0.06±0.00	1.70±0.13
Lamotrigine (µg L ⁻¹)	N.D.	0.97±0.34	1.49±0.30	2.44±0.43
Metoprolol (µg L ⁻¹)	N.D.	1.07±0.30	0.09±0.02	1.32±0.34
Naproxen (µg L ⁻¹)	N.D.	0.85±0.25	0.45±0.02	1.38±0.32
Sildenafil (µg L ⁻¹)	N.D.	0.49±0.02	0.03±0.00	0.92±0.04
Sulfamethoxazole (µg L ⁻¹)	N.D.	0.79±0.42	0.28±0.12	0.82±0.51
Sulfapyridine (µg L ⁻¹)	N.D.	1.00±0.10	0.17±0.06	0.74±0.42



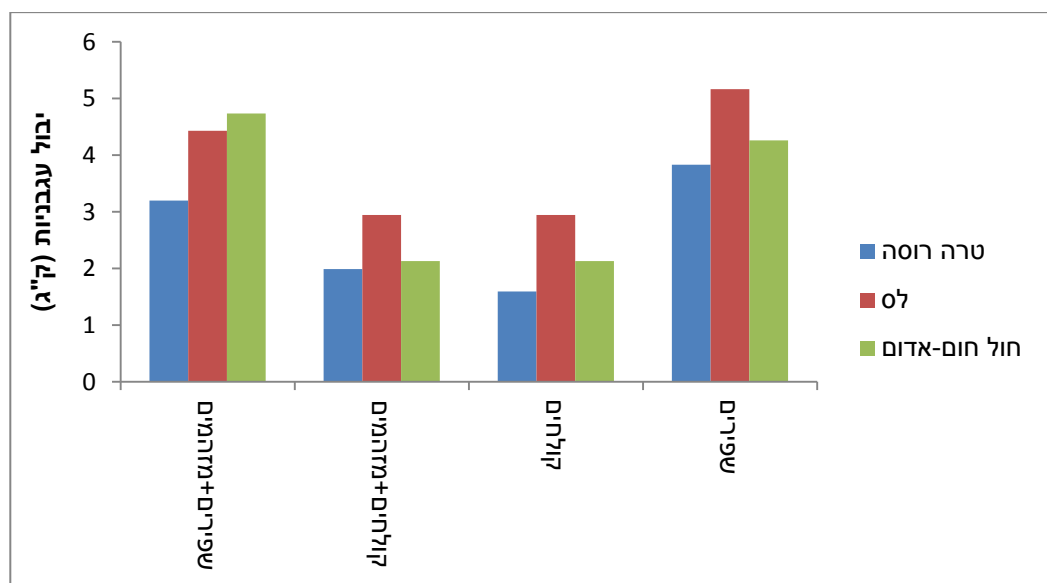
תרשים 9. ריכוז החומרים רפואיים בננוגרם מזהם לגרם חומר צמחי יבש, בעלי מלפפון (A) ובפרי המלפפון (B) עבור טיפולי ההשקיה השונים בקרקעות השונות (חול חום-אדום; לס; טרה רוסה).



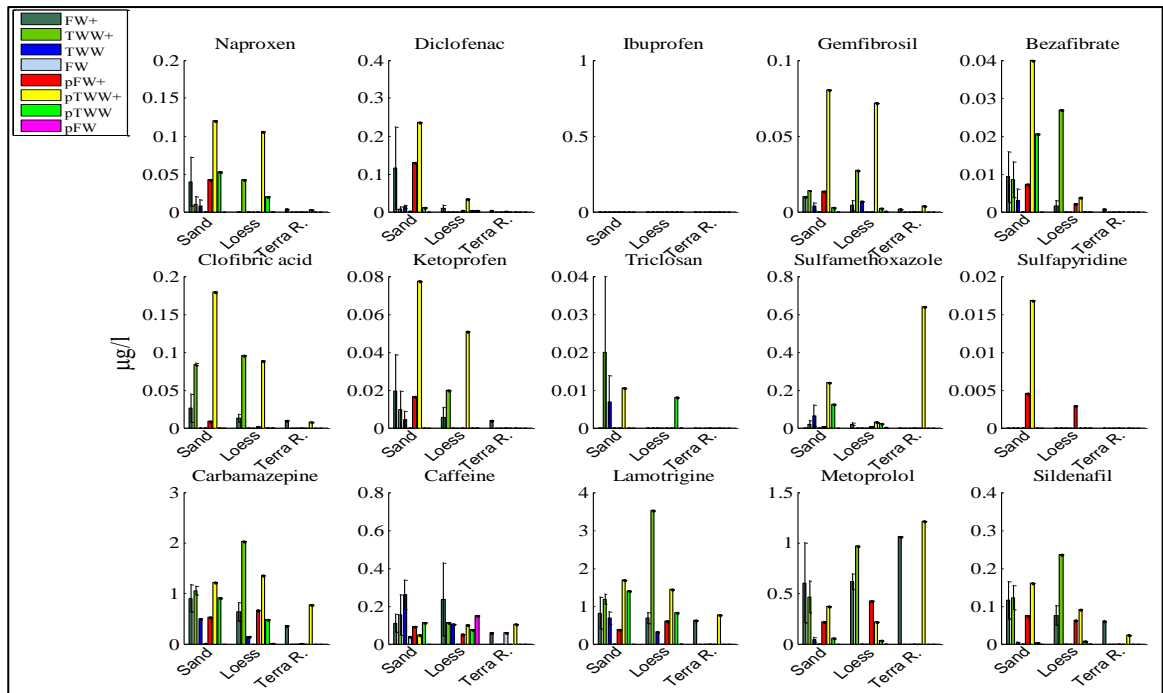
תרשים 10. התפלגות carbamazepine והמטבוליטים שלו 10,11-epoxy-carbamazepine and 10,11-dihydro-10,11-dihydroxy-carbamazepine בעלים ובפירות של צמח המלפפון וצמח העגבנייה שגודלו בקרקע מסוג חול איאולי דמוי לס, מושקה בקולחים עם תוספת חומרים רפואיים.

עגבנייה

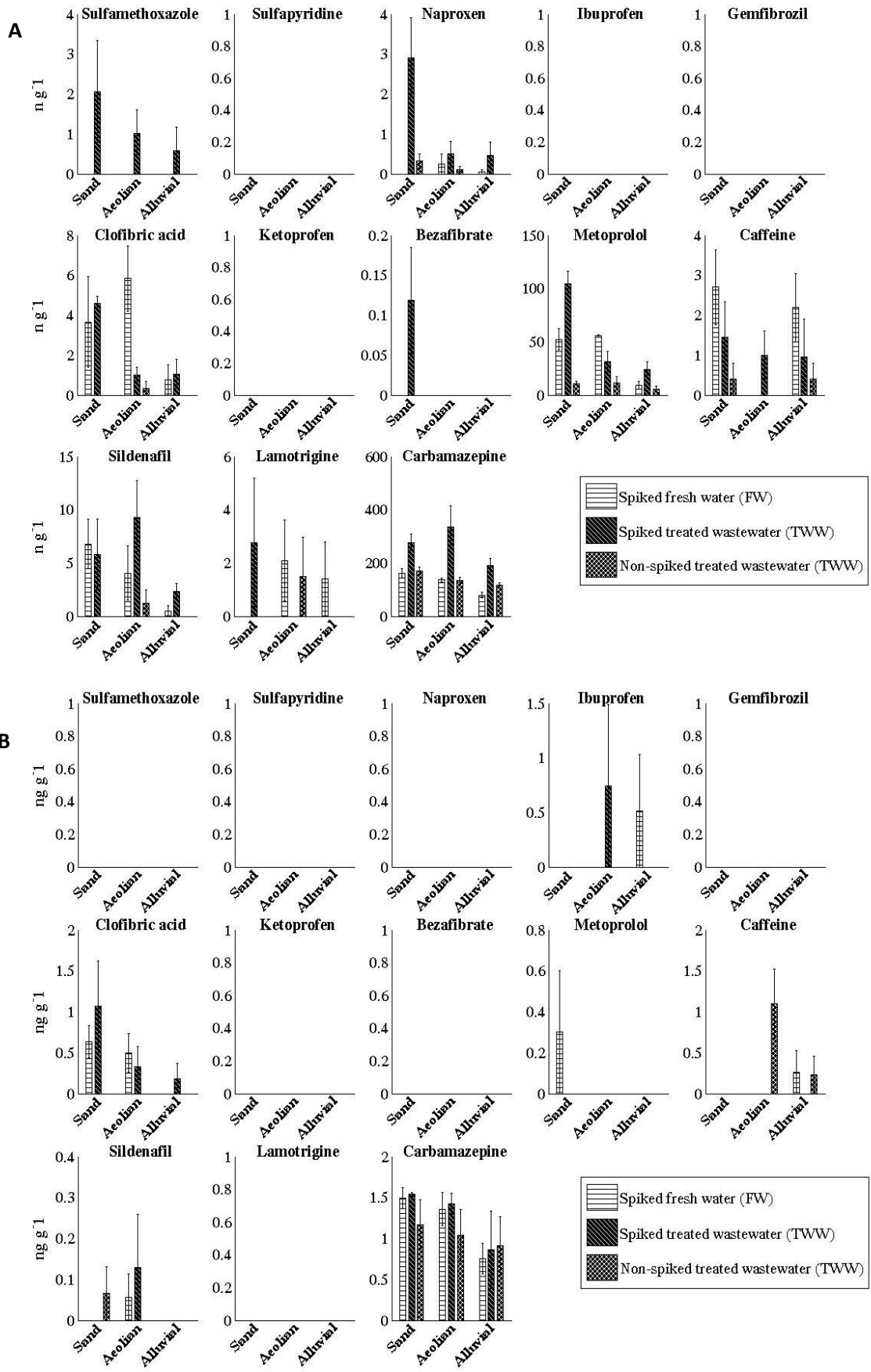
הניסוי הוצב בחממה בפקולטה לחקלאות ברחובות בחודשים אפריל-יולי 2012 למשך 15 שבועות. הדשן ששימש לניסוי היה אור 4:2:6. מבנה הניסוי היה זהה לניסוי המלפפונים.



תרשים 11. יבול עגבניות טרי (פירות) עבור ארבעת טיפולי ההשקיה, רחובות 2012.



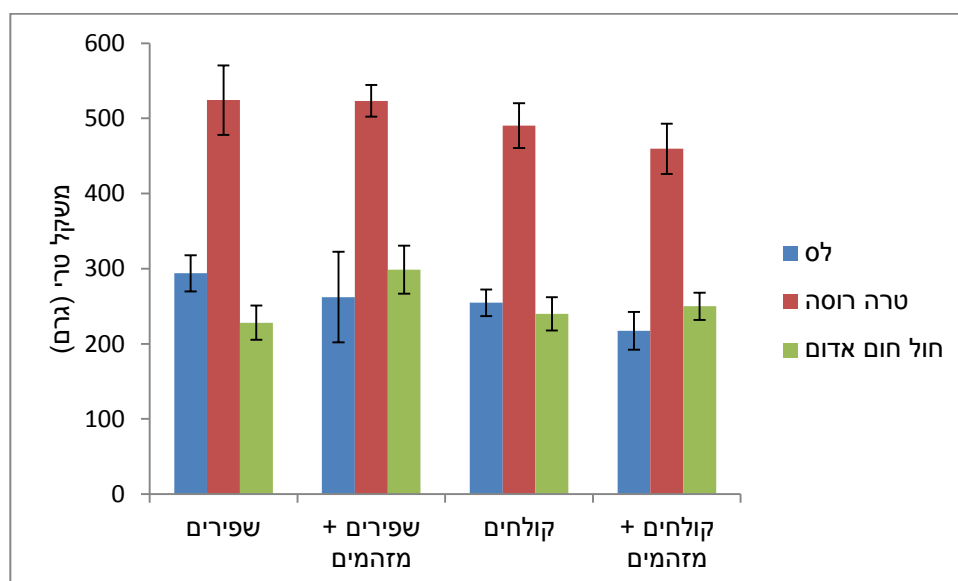
תרשים 12. ריכוז החומרים רפואיים במיקרוגרם מזהם לליטר מוהל עצה של צמחי העגבנייה בטיפול ההשקיה השונים (FW מים שפירים; FW+ מים שפירים עם תוספת חומרים רפואיים; TWW קולחים; TWW+ קולחים עם תוספת חומרים רפואיים; pFW מים שפירים עם תוספת חומרים רפואיים-איסוף עם שאיבה; pFW+ מים שפירים-איסוף עם שאיבה; pTWW קולחים-איסוף עם שאיבה; pTWW+ קולחים עם תוספת חומרים רפואיים-איסוף עם שאיבה), בשלושת הקרקעות.



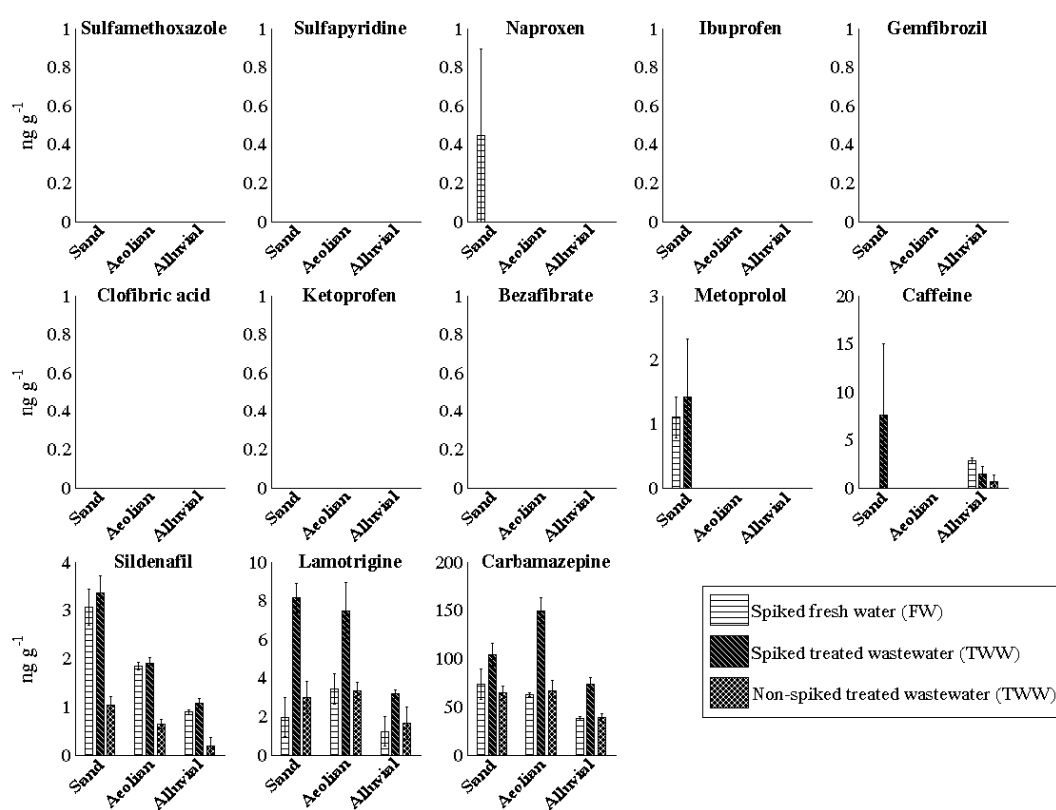
תרשים 13. ריכוז החומרים רפואיים בננוגרם מזהם לגרם חומר צמחי יבש, בעלי העגבנייה (A) ובפרי העגבנייה (B) עבור טיפולי ההשקיה השונים בקרקעות השונות (חול חום-אדום; לס; טרה רוסה).

חסה

הניסוי הוצב בחממה בפקולטה לחקלאות ברחובות בחודשים פברואר-מרץ 2014 למשך 6 שבועות. הדשן ששימש לניסוי היה אור 4:2:6. מבנה הניסוי היה זהה לניסוי המלפפונים והעגבניות.



תרשים 14. יבול טרי עלי חסה עבור ארבעת טיפולי ההשקיה, רחובות 2013.



תרשים 15. ריכוז החומרים הרפואיים בנגורם מזהם לגרם חומר צמחי יבש, בעלי החסה עבור טיפולי ההשקיה השונים בקרקעות השונות (חול חום-אדום; לס; טרה רוסה).

נספח ב - ריכוז ונוכחות מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת

השקיה בקולחים חיונית לשמירת שטחים חקלאיים בהיקפם הנוכחי וכדי להרחיבם, וזאת לאור המצוקה באספקת מים שפירים לחקלאות. קיימת על כן חשיבות גדולה מאוד למחקר יסודי הבוחן את ההשלכות של השקיה בקולחים על מערכות אגרונומיות ואקולוגיות, וכן על בריאות הציבור ובריאות הסביבה.

סקר זה עוסק בבדיקת הימצאות של מיקרו מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת. הסקר מתמקד במיקרו מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים (בעיקר שאריות תרופות ומוצרים קוסמטיים, הורמונים וחומרים סינתטיים החשודים כמשבשי הורמונים) ויכולתם לעבור ממי השקיה לצמח.

בעשור האחרון נעשו מחקרים רבים בארץ ובעולם בהן נקבעה רשימה של מיקרו מזהמים אורגניים שעלולים להימצא בקולחים מטופלים ולהיפלט לסביבה יחד עם הקולחים המוחזרים לטבע בחיבורם לנחלים, בהשקיה חקלאית או החדרת הקולחים לקרקע. יחד עם זאת גורלם של אותם המזהמים בטבע ופוטנציאל חדירתם לצמחים מושקים כמעט ולא נחקרו. לאור העובדה, שיותר ממחצית מי השקיה חקלאית במדינת ישראל הם מי קולחים, יש חשיבות עליונה לחקור גם היבטים אלה.

בסקר זה נבדקה נוכחות מיקרו מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת אשר הושקה בקולחים (באישור משרד הבריאות) בניסיון לקבוע מי הם החומרים (שמקורם בקולחים) שעלולים להימצא בתוצרת חקלאית, ובחינת התלות לבין איכות הקולחים וצורת ההשקיה לאיכות התוצרת. תוצאות הסקר ישמשו כבסיס נתונים להערכת סיכונים וכן לדיון בנוגע להיבטים רגולטוריים בתחום בריאות הציבור.

מטרת המחקר: בחינת נוכחות וריכוז של מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית משווקת

פירוט עיקרי הניסויים:

בשנת הסקר הראשונה התמקדה העבודה בבדיקת מיקרו מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית מסוגים שונים על מנת לקבוע מי הם המזהמים הפוטנציאליים שמקורם בקולחים. כל דגימת פרי או ירק נבדקה לנוכחות מיקרו מזהמים אורגניים בחיפוש מטרתי (לפי רשימת החומרים שהוגדרה מראש, טבלאות 12-14, נספח ב) וכן לסריקה כללית לחומרים אחרים (un-known analysis) בהסתמך על מאגר הנתונים הספרותי של המערכות האנליטיות.

בשנות המחקר השנייה והשלישית נמשך מערך הבדיקות בתוצרת חקלאית (רק סוגי התוצרת בהם נמצאו החומרים בשנה הראשונה של הסקר) ולחומרים ספציפיים שהתגלו במרבית המקרים. המערך כלל גם בדיקות מי קולחים ובדיקות קרקע על מנת להתחקות אחר גורל החומרים הנדונים במערכת מי השקיה-צמח-קרקע. בנוסף, בשנת המחקר השלישית בוצע מספר בדיקות של חלב פרות ודגימות מזונן (שמיוצר מגידולים שהושקו בקולחים) לנוכחות מיקרו מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים.

דיגום תוצרת חקלאית

הדיגום בוצע בזמן הקטיפה. השטח החקלאי הנדגם (שדה, שטח חממה) חולק ל- 4 מרובעים שווים בגודלם (ככל שהתאפשר). התוצרת נדגמה ממרכז כל מרובע ומנקודת המפגש של ארבעת הקודקודים, היא הנקודה המרכזית של כל השטח - סה"כ נדגמה תוצרת מ- 5 נקודות בכל השטח החקלאי. במספר חלקות חקלאיות הדיגום בוצע מיד לאחר

ההשקיה. במקרים אלו נאספו גידולים שהיו במגע ישיר עם מי השקיה (גידולים רטובים) וזאת בכוונה לדגום בתנאים מחמירים. הדגימות הועברו למעבדה בקירור, ארוזות בנייר אלומיניום.

טבלה 5. שנת סקר ראשונה: דיגום תוצרת חקלאית, יולי 2011:

8 סוגים של תוצרת, מקורות קולחים - 15 מאגרים שונים (מ-8 מט"שים).

סימון תוצרת	מיקום החלקה (שם יישוב)	מקור הקולחים/מים שפירים	איכות הקולחים	אופן ההשקיה
1. בצל יבש				
בצל-1	קדמה	מי הרי יהודה - מאגר קדמה	שניוני + זמן שהייה+חיטוי	טפטוף
בצל-2	קיבוץ דברת	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שניוני + זמן שהייה+חיטוי	טפטוף
בצל-3	קיבוץ דברת	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שניוני + זמן שהייה+חיטוי	טפטוף
בצל-4	בית אורן	מט"ש ניר עציון	שלישנית	טפטוף
בצל-5	יסודות	מים שפירים - מקורות		טפטוף
2. כרוב לבן/כרובית				
1-כרוב	קדמה	מי הרי יהודה - מאגר קדמה	שניוני + זמן שהייה+חיטוי	טפטוף
2-כרוב (כרובית)	חוות הזרע	חפץ חיים (מט"ש אשדוד)	שניוני + זמן שהייה+חיטוי	טפטוף
3-כרוב	פרדס חנה צפון	מים שפירים - מקורות		המטרה
3. גזר				
1-גזר	רמת השרון	רמת השרון	שלישוני (סינון וחיטוי)	
2-גזר	קיבוץ דורות	שפד"ן	שפד"ן (השקיה בלתי מוגבלת)	המטרה
3-גזר	קיבוץ יפעת	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שניוני + זמן שהייה+חיטוי	המטרה
4-גזר	רמת השרון	מט"ש רמת השרון	שלישוני	טפטוף
סימון תוצרת				
5-גזר	כפר סבא	מים שפירים קידוח חקלאי	איכות הקולחים	אופן ההשקיה
4. ירקות עלים				
נענע-1	צלפון	מתקן שלישוני צלפון (מט"ש ירושלים)	שלישוני (סינון וחיטוי)	המטרה
פטרוזיליה	טל שחר	מתקן שלישוני טל שחר (מט"ש ירושלים)	שלישוני	המטרה
כרישה	טל שחר	מתקן שלישוני טל שחר (מט"ש ירושלים)	שלישוני	טפטוף
1-חסה	מושב ינון	חפץ חיים (מט"ש אשדוד)	שניוני + זמן שהייה+חיטוי	טפטוף
2-חסה	פרדס חנה צפון	מים שפירים - מקורות		המטרה
נענע-2	טל שחר	מים שפירים - מקורות		המטרה
5. עגבניות				
עגבניות-1	צרעה	מט"ש ירושלים+שלישוני צרעה	שלישוני	טפטוף עם יריעות ניילון
עגבניות-2	קיבוץ דברת	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שניוני + זמן שהייה+חיטוי	טפטוף
עגבניות-3	קיבוץ החותרים	מט"ש ניר עציון	מאגר ניר עציון ומאגר החותרים (שניוני +60 ימי שהיה)	טפטוף
עגבניות-4	ניר עציון	קו בין מפעלי ומט"ש מעין צבי +מאגר מעין צבי א' ב	שלישוני (סינון באמצעות 60 ימי שהייה וחיטוי)	טפטוף
עגבניות-5	עדן טבע מרקט	לא ידוע	חקלאות אורגנית	
6. מלפפונים				
מלפפון-1	גבע כרמל (שמואל מזרחי)	קו בין מפעלי ומט"ש מעין צבי +מאגר מעין צבי א' ב	שניוני+ 60 ימי שהיה+חיטוי	טפטוף
מלפפון-2 תלויים	צרופה (חממה)	קו בין מפעלי ומט"ש מעין צבי +מאגר מעין צבי א' ב	שניוני + 60 ימי שהיה+חיטוי	טפטוף
מלפפון-3 על אדמה	צרופה (חממה)	קו בין מפעלי ומט"ש מעין צבי +מאגר מעין צבי א' ב	שניוני + 60 ימי שהיה+חיטוי	טפטוף
מלפפון-4	ניסויי מפקולטה	מים שפירים		
7. ענבי מאכל לבנים				
ענבים-1	הראל	מאגר תעוז (קולחי איילון)	שניוני+ חיטוי	טפטוף

ענבים-2	לכיש	קולחים	
ענבים-3	גבעת עדה, בקעת הנדיב	קולחים שניוני מט"ש חדרה+קו בין מפעלי	שניוני+חיטוי
ענבים-4	לכיש	מים שפירים	
8. תירס לתחמיץ			
תירס-1	קדמה	מי הרי יהודה - מאגר קדמה	שניוני + זמן שהייה+חיטוי
תירס-2	צרעה	מט"ש ירושלים (מאגר צרעה א')	שניוני
תירס-3	קיבוץ יפעת	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שניוני + זמן שהייה+חיטוי
תירס-4	ניר עציון	בעל	בעל

טבלה 6. שנת סקר שניה: דיגום תוצרת חקלאית, יולי-אוגוסט 2012:

ירקות שורש וירקות עלים בלבד, מקורות קולחים – 9 מאגרים שונים (מ-5 מט"שים).

סימון תוצרת	מיקום החלקה (שם יישוב)	מקור הקולחים/מים שפירים	איכות הקולחים	אופן ההשקיה
ירקות שורש				
צנונית-1	פרוזן	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
צנונית-2	משאבי שדה, טלילים	שפד"ן (הקו המרכזי)	שלישוני (השקיה ללא הגבלה)	המטרה
בטטה-1	דרומית ליער חדרה	מים שפירים (קידוח חקלאי)		המטרה
בטטה-2	עמק חפר	מאגר חפר צפוני	שניוני +חיטוי	המטרה
בטטה-3	ישע	שפד"ן (הקו המרכזי)	שלישוני (השקיה ללא הגבלה)	
תפוח אדמה	קיבוץ כפר עזה	שפד"ן (הקו המרכזי)	שלישוני	המטרה
בצל-1	כפר אוריה	מים שפירים (מקורות)	שלישוני (השקיה ללא הגבלה)	המטרה
בצל-1ק				
בצל-2	גדיש	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
בצל-2ק				
סימון תוצרת (שם יישוב)				
בצל-3	כפר חסידים	מט"ש חיפה ושהייה במאגרי הכפר	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
בצל-3ק				
בצל-4	חלקי יגור	מט"ש חיפה ומתקן יגור	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	טפטוף
בצל-4ק				
בצלצל-1	אדירים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
בצלצל-1ק				
שום-1	כפר חסידים	מט"ש חיפה ושהייה במאגרי הכפר	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
שום-1ק				
ירקות עלים				
נענע	תל עדשים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	טפטוף
פטרוזיליה-1	כפר אוריה	מים שפירים מקורות		המטרה
פטרוזיליה-2	אדירים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
פטרוזיליה-3	צלפון	מט"ש ירושלים ומתקן צלפון	שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)	המטרה
כוסברה-1	צלפון	מט"ש ירושלים ומתקן צלפון	שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)	המטרה
כוסברה-2	טל שחר	מט"ש ירושלים ומתקן טל שחר	שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)	המטרה
כוסברה-3	אדירים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
כוסברה-4	פרוזן	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
כוסברה-5	תל עדשים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
כרישה	טל שחר	מט"ש ירושלים ומתקן טל שחר	שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)	המטרה
חסה רומית	לב הנגב	שפד"ן (הקו המרכזי)	שלישוני (השקיה ללא הגבלה)	המטרה
חסה מסולסלת	לב הנגב	שפד"ן (הקו המרכזי)	שלישוני (השקיה ללא הגבלה)	המטרה
סלרי עלים-1	פרוזן	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
סלרי עלים-2	טל שחר	מט"ש ירושלים ומתקן טל שחר	שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)	המטרה
שמיר-1	טל שחר	מים שפירים (מקורות)		המטרה
שמיר-2	צלפון	מט"ש ירושלים ומתקן צלפון	שלישוני (סינון גרנולרי)	המטרה
שמיר-3	פרוזן	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
שמיר-4	תל עדשים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
תימין-1	חוזה חקלאית מחקרית	מים שפירים (מענות החווה)		המטרה
תימין-2	פרוזן	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה

עלי ביבי (סלק אדום)	אדירים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
עלי ביבי (סלק ירוק)	אדירים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
עלי ביבי (ניזונה)	אדירים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
עלי ביבי (רוקט)	לב הנגב	שפד"ן (הקו המרכזי)	שלישוני (השקיה ללא הגבלה)	המטרה

בצל ושום נבדקו פעמיים: בלי ועם קליפה. דגימות עם קליפה מסומנות באות ק.

טבלה 7. שנת סקר שלישית: 3 סבבים חוזרים של דיגום תוצרת חקלאית - יולי, אוגוסט, אוקטובר 2013: ירקות עליים וכרוב בלבד, מקורות קולחים - 8 מאגרים שונים (מ-5 מט"שים).

סימון תוצרת	מיקום החלקה (שם יישוב)	מקור הקולחים/מים שפירים	איכות הקולחים	אופן ההשקיה
ירקות עליים				
פטרוזיליה	טל שחר	מט"ש ירושלים ומתקן טל שחרן	שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)	טפטוף
שמיר	צלפון	מט"ש ירושלים ומתקן צלפון	שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)	המטרה
ברוקולי	לב הנגב	מט"ש באר שבע, מאגר אריה	שלישוני (סינון גרנולרי + UV)	טפטוף
כרוב	לב הנגב	מט"ש באר שבע, מאגר אריה	שלישוני (סינון גרנולרי + UV)	טפטוף
חסה רומית	לב הנגב	שפד"ן (הקו המרכזי)	שלישוני (השקיה ללא הגבלה)	טפטוף
פטרוזיליה-2	ניר ח"ן	מט"ש קריית גת ומתקן נשע	שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)	המטרה
עלי ביבי	אדירים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
חסה	אדירים	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
אורגנו	פרזון	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	טפטוף
פטרוזיליה-3	פרזון	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	המטרה
פטרוזיליה-4	כפר ברוך	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון)	שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)	פרזון

דיגום מי השקיה (שנת סקר שניה ושלישית)

דיגום מי השקיה בוצע במקביל לדיגום התוצרת מנקודות ההשקיה שבשדות החקלאיים בהם בוצע דיגום התוצרת. 2 ליטר מי השקיה נדגמו בבקבוקי זכוכית כהה עם פקק הברגה מצופה טפלון. לכל דגימה הוסף סודיום סולפיט לסתירת חומרי חיטוי. כל דגימה הוחמצה עם חומצה היפוכלורית (ל- $pH < 2$) למניעת ביודגרדציה. הדגימות הובלו למעבדה בקירור ונבדקו תוך 7 ימים מזמן הדיגום.

טבלה 8. שנת סקר שניה: דיגום מי השקיה יולי-אוגוסט 2012.

סוג מי השקיה	נקודת דיגום בשטח חקלאי	מקור המים ואיכות הקולחים
קולחים	ישע	שפד"ן (הקו המרכזי): שלישוני (השקיה ללא הגבלה)
	פרזון	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון): שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)
	אדירים	
	גדיש	
מים שפירים	טל שחר	מט"ש ירושלים ומתקן טל שחר: שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)
	צלפון	מט"ש ירושלים ומתקן צלפון: שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)
	יגור	מט"ש חיפה ומתקן יגור: שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)
	כפר חסידים	מט"ש חיפה ושהייה במאגרי הכפר: שלישוני (זמן שהייה+חיטוי)
	עמק חפר	מאגר חפר צפוני: מאגר + חיטוי
	דרומית ליער חדרה	קידוח חקלאי
	חוה חקלאית	מעינות החוה

טבלה 9. שנת סקר שלישית: דיגום מי השקיה יולי, אוגוסט, אוקטובר 2013.

סוג מי השקיה	נקודת דיגום בשטח חקלאי	מקור המים ואיכות הקולחים
קולחים	לב הנגב	שפד"ן (הקו המרכזי): שלישוני (השקיה ללא הגבלה)
	לב הנגב	מט"ש באר שבע (מאגר אריה): שלישוני (סינון גרנולרי + UV)
	ניר ח"ן	מט"ש קריית גת ומתקן נשע: שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)
	פרזון	מט"ש חיפה (תשלובת הקישון): שלישוני (זמן שהיה + חיטוי)
	אדירים	
	כפר ברוך	
	טל שחר	מט"ש ירושלים ומתקן תל שחר: שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)
צלפון	מט"ש ירושלים ומתקן צלפון: שלישוני (סינון גרנולרי וחיטוי)	

דיגום קרקע (שנת סקר שניה ושלישית)

דגימות קרקע נאספו בזמן דיגום התוצרת. השכבה העליונה (כ-1 ס"מ) של הקרקע נדגמה סמוך לגידול שנקטף (מאותם המקומות בדיוק בהם נדגמה התוצרת). דגימות קרקע נלקחו באמצעות ספטולה מנירוסטה ונארזו בנייר אלומיניום. הדגימות הובלו למעבדה בקירור ונשמרו בהקפאה (-20°C) עד לביצוע האנליזה. מקומות דיגום קרקע ניתן לראות לפי טבלאות 5-7 (טור מיקום החלקה, שם היישוב).

דיגום חלב פרות ומזון לפרות

דיגום חלב ומזון בוצע על ידי ד"ר צבי רוט (המחלקה למדעי בעלי חיים, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים). החלב והמזונות נדגמו מארבעה רפתות חלב בשני מועדים:

1. בתקופת הפסח - הבליל כולל תחמיץ תירס **המושקה במי קולחים**
2. לאחר הפסח - הבליל כולל תחמיץ חיטה לא מושקה (בעל)

החלב נדגם מהמיכל המרכזי- כלומר זה ממוצע של כל הפרות החולבות ברפת

המזונות נדגמו באבוס - מייצג את מנת ההזנה של מרכזי מזון שונים המספקים מזון לאוכלוסייה של 12,000 פרות. סך הכול נדגמו לבדיקה 4 דגימות מזון מתקופת פסח מול דגימת מזון "נקייה" (בלנק), 3 דוגמאות עלי תירס, 3 דוגמאות גריני תירס, דוגמת אספסת ודוגמת נקיה (לכול הדוגמאות הנ"ל – גם דוגמאות "נקיות" בלנקים (דגימות התוצרת שהושקו במים שפירים או מי גשם להשוואה).

דיגום מזונות נעשה בטכנולוגית דיגום התוצרת (סעיף 1.1). החלב נדגם לבקבוקי זכוכית עם פקק הברגה מצופה טפלון ונשמר בהקפאה עד לביצוע אנליזות.

שיטות אנליטיות לבדיקות תוצרת חקלאית, מי השקיה, קרקע וחלב בקר

עיבוד דגימות והכנתן לבדיקות אינסטרומנטליות

עיבוד דגימות תוצרת חקלאית

ממעבדה כל דגימת התוצרת עברה טיפול כדלקמן:

- שטיפה רגילה במי ברז קרים (בזרימה) על מנת לחקות פעולה ראשונית ובסיסית של צרכני התוצרת לפני שימוש (על הפעולה זו סוכם בתחילת הסקר עם נציגי משרד הבריאות). בצל יבש לא נשטף, במקום זה הוא נוקה בזהירות משאריות קרקע בעזרת מברשת רכה.
- לאחר ייבוש באוויר (כחצי שעה על מסננת נירוסטה) הדגימות (כל התוצרת בקליפתן) עברו ריסוק והומוגניזציה באמצעות בלנדר והומוגניזר (עשויים מנירוסטה וזכוכית).
- הדגימות המרוסקות חולקו ל - 6 מנות בדיקה , כ- 10-15 גר' כל אחת והועברו לבקבוקי טפלון או זכוכית עם פקק הברגה בעל ציפוי טפלון באזור המגע עם דגימה.
- מנות הדגימה נשמרו בהקפאה (-20°C) עד ביצוע המיצויים.

בשנה השלישית התוצרת שהושקה בהמטרה נבדקה במקביל פעמיים: תוצרת שטופה (לפי המתואר לעיל) ותוצרת לא שטופה על מנת להעריך את השפעת צורת ההשקיה על איכות התוצרת ופוטנציאל סילוק החומרים בשטיפת-הירקות. עיבוד הדגימות נעשה על בסיס שיטת QuEChERS באמצעות 3 מיצויים חוזרים עם MTBE (לבדיקות ב- GC/MS) או עם ACN (לבדיקות ב-LC/MS). דוגמאות לבדיקות תרופות יוניות הוחמצו ל- pH 1.5-2 לפני המיצוי ע"י הוספת חומצת HCl.

לדוגמאות מוקפאות (מנת בדיקה כ-10-15 ג') אחרי הפשרה והגעתן לטמפ' החדר הוסף סטנדרט פנימי וממס המיצוי (10-15 מל'). הדוגמאות עורבבו ב-OVERHEAD MIXER במשך 72 שעות בטמפרטורת החדר. לאחר מכן, הנוזל הופרד מהמוצק ע"י סינון דרך מסנן זכוכית 0.45 מיקרון בוואקום חלש. המוצק הוחזר לבקבוק המקורי והוספו לדוגמה מנת ממס נוספת (10-12 מל'). אחרי ערבוב VORTEX (2 דקות), הנוזל הופרד מהמוצק ונעשה מיצוי נוסף ב-VORTEX לפי הנ"ל. התמצית הסופית (כ-30-40 מל' משלושת המיצויים) נודפה ל-5 מל' בדיוק מתחת לזרם חנקן. תמצית לבדיקות ב- GC/MS יובשה קודם ע"י העברתה דרך עמודת סודיום סולפט (שחוממה מראש לטמפ' 400°C במשך 4 שעות) ונודפה ל-0.1-0.3 מל' מתחת לזרם חנקן). דוגמאות מתוצרת שמכילות פיגמנטים צבעוניים (גזר, עגבנייה, ירקות עלים ותירס לתחמיץ) עברו ניקוי נוסף לפני הנידוף באמצעות Dispersive SPE. מיצוי שני ושלישי בוצע באמצעות Restek Q-sepTM QuEChERS Product כולל Q-sepTM 50mL Teflon Centrifuge Tube. תמציות לבדיקות תרופות יוניות עברו דריווטיזציה עם trimethylsilyldiazomethane לפי שיטה 525.2 של ה-EPA. תמציות לבדיקות הורמונים ופנולים סינתטיים עברו דריווטיזציה עם bis(trimethylsilyl)-trifluoroacetamide לפי השיטה המתוארת ב- Liu et al., 2004.

עיבוד דגימות מי השקיה: עיבוד דגימות מי השקיה בוצעו לפי שיטה 525.2 של ה-EPA באמצעות Agilent C₁₈ Empore Solid Phase Extraction Disks, 47 mm.

עיבוד דגימות קרקע: מיצוי דגימות קרקע נעשה ע"י טלטול 15 ג' קרקע עם MTBE ב-overhead mixer במשך 72 שעות, כאשר התמצית הראשונה הופרדה מהקרקע ע"י דקנטציה. המשך מיצוי נעשה לפי שיטת QuEChERS בדומה לשיטת מיצוי של התוצרת החקלאית.

אחוז רטיבות הקרקע (הריכוזים נקבעו ליחידות משקל קרקע יבשה) נמדד אחרי חימום הדגימה השקולה ב- 105°C עד קבלת משקל קבוע. עקב אילוצי תקציב, נבדקו רק דגימות קרקע משטחים בהם נמצאה תוצרת שהכילה חומרים שמקורם בקולחים להשקיה.

עיבוד דגימות חלב: דגימות חלב נמהלו ביחס של 1:1 עם אצטוניטריל המכיל סטנדרט פנימי איזוטופי של Carbamazepine D₁₀

שיטות הבדיקה האינסטרומנטליות

תנאי אנליזה ב-GC/MS: כל התמציות, כולל תמציות שעברו דריווטיזציה, נבדקו לפי שיטה 8270 של ה-EPA. המערכת "Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)" המערכת ThermoQuest Polaris Ion trap MS/Trace GC 2000 (30m DB-5MS מסוג *0.25mm * 0.25µ [J&W Scientific]. זיהוי וכימות החומרים הנבדקים (חיפוש מטרחי לפי רשימת החומרים שהוגדרה מראש) נעשה בעזרת הסטנדרטים האוטנטיים שנבדקו באותם התנאים כולל כיוול רגיל (internal calibration procedure) ו-matrix-matched. זיהוי חומרים בסריקה כללית לחומרים אחרים (unknown analysis) נעשה בהסתמך על מאגר הנתונים הספרותי של ספקטרומי המסות של המערכות האנליטיות.

תנאי אנליזה ב-LC/MS: בשנות הסקר השנייה והשלישית דגימות התוצרת ודגימות חלב נבדקו גם במכשיר LC/MS (רק לקביעת ריכוז carbamazepine): LC-ESI-MS/MS דגם Waters Xevo TSQ.

תנאי ה-LC:

ACQUITY UPLC BEH C₁₈, 1.7µm, 2.1*500mm - LC Column_WATERS

Isocratic elution with 0.1% Formic Acid; Acetonitrile with 0.1% Formic Acid (80:20)

Column Temperature 40°C

Injection Volume – 100 µL

טבלה 10. תנאי ה-ESI-MS.

Polarity	Positive ion
Capillary needle voltage	+3kV
Cone gas flow	150 L/hr
Nitrogen desolvation gas flow	650 L/hr
Desolvation gas temperature	350°C

טבלה 11. תנאי MS/MS.

Analyte	Precursor Ion (m/z)	Product Ion (m/z)	Cone Voltage (V)	Collision Energy (V)
Carbamazepine	237	179	30	35
	237	194	30	15
Carbamazepine D₁₀	247	202	30	35
	247	204	30	15

ספי גילוי וכימות נקבעו לכל חומר ולכל סוג תוצרת ונבדקו עם כל סדרת ההזרקות. ספי כימות נקבעו גם לשיטות בדיקה של מי השקיה וקרקע. הטבלה המפרטת רשימת חומרים, מטריקסים, ספי גילוי/כימות ושיטות בדיקה מוצגת (בטבלאות 20-24).

בשנת הסקר הראשונה נדגמו גידולים שונים ומגוונים. המדגם כלל ירקות למאכל ללא בישול: בצל יבש, כרוב, ירקות עלים, גזר, מלפפון, עגבנייה, וגם ענבי מאכל לבנים ותירס לתחמיץ. תירס לתחמיץ נכלל ברשימה כיוון שהוא משמש מזון לבקר. בהקשר לתירס לתחמיץ נשאלה שאלה נוספת: האם קיים פוטנציאל זיהום חלב אצל פרות כתוצאה מצריכת מזונות שהושקו בקולחים. בשנה הראשונה נבדק מגוון רחב של התוצרת במטרה למצוא ולהתמקד על גידולים העלולים להיות מושפעים ביותר מחשיפה למיקרו מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים וכן לקבוע את החומרים שיכולים להיות המזהמים הפוטנציאליים.

כל סוג גידול נדגם מ-3 שטחים חקלאיים שונים המושקים בקולחים, ובנוסף, לשם השוואה, ממקום המושקה במים שפירים או מי גשם. התוצרת נבדקה לנוכחות מיקרו מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים (תרופות ומוצרים קוסמטיים, הורמונים וחומרים סינתטיים משבשי פעילות הורמונלית לפי רשימת החומרים שמוצגת בטבלאות 12-14). בנוסף, התוצרת נסרקה לנוכחות מיקרו מזהמים אורגניים סמי-נדיפים נוספים הניתנים לגילוי בטכנולוגיית GC/MS בשיטת "un-known analysis". עקב מגבלות התקציב, לא בוצעו בדיקות מי השקיה ובדיקות קרקע בשנת הסקר הראשונה. מכיוון שבתחום מיקרו מזהמים אורגניים בתוצרת חקלאית, קיימת רגולציה רק בהקשר לשאריות חומרי הדברה, בסקר זה לצורך השוואה בלבד ובמיוחד בהקשר לשיטות האנליזה הכימית, נעזרנו בערכים המצוינים בתקנות בריאות הציבור (מזון) (שאריות חומרי הדברה) (תיקון) התשס"ח-2008. כפי שנקבע בתקנות אלה, טווח הערכים המרביים של חומרי הדברה שונים בירקות ופירות הוא $10\text{--}10,000\ \mu\text{g}/\text{kg}$, יש לציין שתקנות אלה עברו רביזיה, טיוטן נמצאת בשלבי אישור במשרד הבריאות, כאשר התקנות החדשות כוללות ערכים מרביים מחמירים יותר. הערכים שהתקבלו בסקר זה עבור שאריות תרופות ומוצרים קוסמטיים בירקות הם $0.2\text{--}82\ \mu\text{g}/\text{kg}$, ועבור חומרי הדברה שגם התגלו - $0.3\text{--}705\ \mu\text{g}/\text{kg}$.

תוצאות מפורטות של בדיקות התוצרת נכללות בסעיפים 2.1 ו-3.1. טבלה 12. תוצאות מפורטות של בדיקות התוצרת.

תוצרת	שאריות תרופות ומוצרים קוסמטיים (triclosane) בתוצרת		חומרי הדברה בתוצרת		מיקום החלקה (שם יישוב)	מקור הקולחים/מים שפירים
	שם תרופה	ריכוז ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	שם החומר הדברה	ריכוז ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		
בצל-1	Triclosane	55	-	-	קדמה	מי הרי יהודה (שניוני)
בצל-2	Triclosane	15	-	-	קיבוץ דברת	מט"ש חיפה, תשלבת הקישון
כרוב-1	Triclosane	7.3	-	-	קדמה	מי הרי יהודה (שניוני)
פטרוזיליה	Carbamazepine	0.6	-	-	טל שחר	מט"ש ירושלים ומאגר טל שחר
גזר-2	-	--	Trfluralin Endosulfane sulfate	14.3 1.3	קיבוץ דברת	קו מרכזי שפד"ן

		0.6 0.8	Endosulfane I Endosulfane II			
מט"ש אשדוד (שניוני)	מושב ינון	101	Endosulfane sulfate	1.2 0.5	Ibuprofene Naproxene	חסה-1
		26 30	Endosulfane I Endosulfane II			
מים שפירים	פרדס חנה צפון	618	Endosulfane sulfate	-	-	חסה-2
		705 648	Endosulfane I Endosulfane II			
מט"ש איילון (שניוני)	הראל	108	Chipko26019	-	-	ענבים-1
	לכיש	13.3	Chloropyriphos	-	-	ענבים-2
	לכיש	4.4	Chloropyriphos	-	-	ענבים-4
מט"ש ירושלים (שניוני)	צרעה	-	-	0.5 0.4	Naproxene Diclofenac	תירס-2
מט"ש חיפה, תשלבת הקישון	קיבוץ יפעת	0.4	*Octicizer	0.9	Carbamazepine	תירס-3

*לא שייך לקבוצת חומרי הדברה, החומר הוא *plasticizer*

החומרים שהתגלו בתוצרת הם שאריות התרופות *ibuprofen* ו-*naproxen*, *carbamazepine* בטווח הריכוזים $0.4-1.2 \mu\text{g/kg}$ *triclosan* - חומר בעל תכונות אנטי-בקטריאליות המשמש במוצרים קוסמטיים, חומרי ניקוי וסבונים נמצא בריכוזים גבוהים יותר של $7.3-55 \mu\text{g/kg}$. כמו כן, נמצאו חומרי הדברה הבאים: *trifluraline* בריכוז $\mu\text{g/kg}$ 14.3, *endosulfanes* בטווח ריכוזים של $0.6-705 \mu\text{g/kg}$, *chipko 26019* נמצא בריכוז $108 \mu\text{g/kg}$ וחומר הדברה האורגנו זרחני *chloropyriphos* אשר נמצא בטווח ריכוזים של $4.4-13.3 \mu\text{g/kg}$. בדוגמה אחת נמצאה שארית זניחה של מרכיב הפלסטיק *octicizer*, בריכוז $0.4 \mu\text{g/kg}$. הורמונים וחומרים משבשי פעילות הורמונלית שנבדקו לפי הרשימה שמופיעה בטבלה 22 לא התגלו.

מבין 36 דוגמאות שנבדקו, ב- 5 נמצאו שאריות תרופות ומוצרים קוסמטיים, ב- 5 דוגמאות נוספות התגלו שאריות חומרי הדברה בלבד, בדוגמה אחת התגלו שאריות תרופות וכן חומרי הדברה, ובדוגמה נוספת נמצאו שאריות תרופה ומרכיב פלסטיק.

שאריות התרופה *carbamazepine*, השכיחה ביותר בקולחים שניוניים ושלישוניים, נמצאו בתירס לתחמיץ (קיבוץ יפעת, השקיה בטפטוף בקולחים שניוניים מתשלובת הקישון) ובפטרזיליה (טל שחר, השקיה בהמטרה בקולחים שלישוניים ממט"ש ירושלים ומתקן בטל שחר).

triclosan שהתגלה ברמות גבוהות יותר, נמצא בבצל וכרוב (קדמה, השקיה בטפטוף בקולחים שניוניים מהרי יהודה – מאגר קדמה) ובבצל (קיבוץ דברת, השקיה בטפטוף בקולחים שניוניים מתשלובת הקישון). ריכוזי ה-*triclosan* בבצל היו גבוהים באופן משמעותי בהשוואה לריכוזו בכרוב ולריכוזים של *carbamazepine*. בהיעדר מידע על נזקים בריאותיים וסביבתיים ורגולציה תברואתית וסביבתית, קשה להעריך את משמעות הממצאים לגבי החומר בתוצרת משווקת. *triclosan* הינו מרכיב אנטימיקרוביאלי הנמצא בשימוש נרחב בסבונים לטיפול במחלות עור, משחות שיניים ותשטיפי פה, דאודורנטים ומוצרי קוסמטיקה אחרים, סבוני כלים וכביסה, מרכיב פלסטיק, חומרי הדברה ועוד (U.S. Food & Drug Administration, 2008). *triclosan* שייך לקבוצת אורגנוכלורונים ליפופיליים (Log Kow 4.9) עם פוטנציאל לביואקומולציה. לדוגמה, החומר נמצא בחלב אם בריכוז של $300 \mu\text{g/kg}$ מהפרקציה השומנית של החלב וברקמות דגים בנחלי שוודיה, במרחק של 2 ק"מ ממקום הזרמת קולחים לנחל ($900-4400 \mu\text{g/kg}$) (Adolfsson-Erici et al, 2002).

יש לציין שהגידולים בהן נמצא triclosan היו במגע ישיר עם שכבת הקרקע העליונה הרטובה בקולחים (להבדיל למשל מעגבניות או ענבים שגדלים על שיחים). עובדה זו יכולה להסביר את הימצאות ה-triclosan בתוצרת זו (והיעדרו בגידולים אחרים שהושקו בקולחים מאותו מקור). יתכן ש-triclosan נספח לקליפת הבצל ועלי כרוב חיצוניים באינטרקציות הידרופוביות. מעניין להדגיש שלא נמצא triclosan בבצלצל (בצל קטן המיועד לשתילה) שגדל בשדה סמוך לזה עם הבצל הנדון והושקה באותם הקולחים. יתכן שעקב ההבדל הניכר בשטח הפנים הקטן של הבצלצל לעומת הבצל הגדול (בהשוואה ל-1 ל-1), כמות ה-triclosan שנספח לבצלצל קטנה יותר ונמצאת מתחת לגבול הדטקציה של השיטה.

שאריות תרופות אניוניות, ibuprofen ו-naproxen התגלו בחסה (מושב ינון, השקיה בטפטוף בקולחים שניוניים ממת"ש אשדוד) ושאריות naproxen ו-diclofenac – בתירס לתחמיץ (צרעה, השקיה בטפטוף בקולחים שניוניים ממת"ש ירושלים). בדומה ל-carbamazepine, גם התרופות היוניות נמצאו בכמויות קטנות. כפי שהוזכר לעיל, שאריות הורמונים וחומרים משבשי פעילות הורמונלית לא נמצאו בתוצרת החקלאית שנבדקה. יש לציין מספר בעיות בביצוע הבדיקה: ספי גילוי גבוהים מהרצוי ל-4-Octyl-phenol עקב חשד ל-FP ול-Testosterone בעגבניות, בנוסף לא הצלחנו לבדוק Estriol בעגבניות עקב בעיות מטריקס (בעיות מיסוף). בסריקה כללית למיקרו-מזהמים אורגניים סמי-נדיפים בשיטת "un-known analysis" התגלו בתוצרת החקלאית בעיקר שאריות חומרי הדברה. הריכוזים שהתגלו היו בסדרי גודל גבוהים יותר מאלה של שאריות התרופות. יש להדגיש שגם מבחינת זיהום בשאריות חומרי הדברה, כל התוצרת שהתגלו בה שאריות חומרי הדברה עומדת בדרישות תקנות בריאות הציבור (מזון), שאריות חומרי הדברה (תיקון) התשס"ח-2008: הרמה המותרת של endosulfan בחסה ו-chloropyrifos בענבים היא 1 mg/kg.

בשנת הסקר השנייה, בהסתמך על תוצאות הסקר של השנה הראשונה, הוחלט לשים דגש על שני סוגים של גידולים חקלאיים: ירקות "שורש" (בצל, שום, צנונית, תפוח אדמה ובטטה) וירקות "עלים" (נענע, שמיר, פטרוזיליה, כוסברה, עלי בייבי, תימין, סלרי עלים, כרישה וחסה). רק בשני סוגי גידולים אלה וגם בתירס התגלו חומרים שמקורם בקולחים (התירס נבדק בנפרד יחד עם דגימות חלב בשנת הסקר השלישית). דגימות שום ובצל פוצלו ונבדקו עם וכלי קליפה. בנוסף, נבדקו דגימות מי השקיה, שנדגמו בשדות הגידולים ודגימות קרקע (דיגום בוצע בכל שדות הגידולים, אולם הבדיקות בוצעו רק לדגימות מחלקות הגידולים בהם התגלו החומרים הנבדקים).

כמו כן, בהסתמך על תוצאות של שנת הסקר הראשונה, הוחלט להפסיק בדיקות הורמונים וחומרים משבשי פעילות הורמונלית ובמקומם לבצע בדיקות מי השקיה וקרקע.

תוצאות מפורטות של בדיקות התוצרת נכללים בסעיפים 2.2 ו-3.2, תוצאות של איכות מי השקיה (קולחים ושפירים) מוצגות בסעיפים 4.1 ו-5, ותוצאות דגימות קרקע – בסעיפים 6.1 ו-7.

טבלה 13. תוצאות של איכות התוצרת ואיכות הקולחים.

תוצרת	חומרי הדברה בתוצרת		ריכוז Carbamazepine בתוצרת (µg/kg)	מיקום החלקה, שם יישוב	מקור הקולחים	מי קולחים: הימצאות אותם מיקרו מזהמים שהתגלו בתוצרת ריכוז, (µg/L)	
	שם החומר הדברה	ריכוז (µg/kg)				חומרי הדברה	ריכוז
שום בקליפה צנונית-2	-	-	0.50	כפר חסידים	מט"ש חיפה מאגרי הכפר	לא התגלו	22
	DCPA	0.33	-	פרזון		לא התגלו	7.9-8.4

מט"ש חיפה, תשלוכת הקשון	תל עדשים	-	67	Diazinon	נענע
	אדירים	0.50	3.3	Methiocarb	פטרזויליה-2
			0.51	Trifluoralin	
	אדירים	-	3.3	Methiocarb	כוסברה-3
			0.50	Trifluoralin	
	פרזון	0.75	-	-	כוסברה-4
	תל עדשים	12.4	-	-	כוסברה-5
	פרזון	10.9	0.27	Oxadizone	סלרי עלים-1
	פרזון	0.55	-	-	שמיר-3
	תל עדשים	2.9	-	-	שמיר-4
	אדירים	0.35	-	-	עלי בייבי (סלק אדום)
	אדירים	0.38	-	-	עלי בייבי (סלק ירוק)
אדירים	0.58	-	-	עלי בייבי (ניזונה)	

מתוך 35 דגימות תוצרת שנבדקו (40 דגימות כולל דגימות שום ובצל בלי קליפתם), ב-8 התגלה חומר שמקורו בקולחים (carbamazepine), ב-2 דוגמאות התגלה carbamazepine ושאריות חומרי הדברה ביחד וב-3 דוגמאות התגלו שאריות חומרי הדברה בלבד. דוגמה אחת של שום (כולל קליפה) מתוך 11 דוגמאות של ירקות "שורש" (16 דגימות כולל דגימות בלי קליפות) ו-9 דגימות מתוך 24 דגימות של ירקות עלים שהושקו בקולחים נמצאו נגועות בתרופה carbamazepine: 8 דוגמאות עם ריכוזים זניחים $0.35\text{--}2.9\ \mu\text{g/kg}$, ושתי דוגמאות עם ריכוזים מעל $10\ \mu\text{g/kg}$. חומרים אחרים שמקורם בקולחים, להבדיל משנה הראשונה, לא התגלו בתוצרת. בגידולים שהושקו במים שפירים לא נמצאו שאריות תרופות. גם ריכוזי חומרי הדברה שהתגלו היו נמוכים בהרבה בהשוואה לשנה הראשונה, $0.3\text{--}3.3\ \mu\text{g/kg}$, ורק בדגימה אחת נמצא ריכוז של $67\ \mu\text{g/kg}$, אשר עדיין עונה על דרישות התקנות לשאריות חומרי הדברה במזון, שנת 2008 (ריכוז מרבי של diazinon בגזר - $100\ \mu\text{g/kg}$).

ב-8 דגימות הקולחים מתוך 9 התגלה carbamazepine ($1.9\text{--}25\ \mu\text{g/L}$), ב-5 דגימות התגלו תרופות אניוניות ו-8 triclosan בריכוזים נמוכים ($0.05\text{--}0.2\ \mu\text{g/L}$) בהשוואה לריכוזו של carbamazepine. כמו כן, בכל דגימות הקולחים זוהו מיקרו מזהמים אורגניים נוספים, כמו שאריות תרופות נוספות, חומרים מעקבי בערה, מרכיבי פלסטיק, חומרי ביניים וחומרי הדברה בריכוזי שארית $0.04\text{--}0.7\ \mu\text{g/L}$ (מרבית החומרים), רק שני חומרי הדברה בריכוז $1.2\text{--}1.4\ \mu\text{g/L}$. לא התגלו שאריות תרופות בקולחים מהקו המרכזי של השפד"ן. לא התגלו מיקרו מזהמים אורגניים בדגימות מים שפירים.

ב-7 דגימות קרקע מתוך-8 שנבדקו התגלה carbamazepine ($7.6\text{--}204\ \mu\text{g/kg}$), וב-7 דגימות מתוך 8 התגלו חומרי הדברה ($5.2\text{--}1027\ \mu\text{g/kg}$), מתוכן, ב-6 הקרקעות נמצאו גם carbamazepine וגם חומרי הדברה. בירקות עלים נמצא מתאם בין ריכוז החומר שהתגלה בגידול לזה שבקולחים, אולם לא נצפה מתאם דומה בין ריכוז התרופה בגידול ובקרקע המזוהמת. ראוי לציין שבירקות עלים שהושקו בקולחים בו נמצא carbamazepine בריכוז $2.5\ \mu\text{g/L}$ ומטה, לא נמצאו שאריות התרופה כאשר ב-9 מ-13 דגימות ירקות עלים שהושקו בקולחים בו נמצא carbamazepine בריכוז $7.9\text{--}9.4\ \mu\text{g/kg}$ היו מזוהמות בתרופה. בין 6 הדגימות של ירקות ה"שורש" שהושקו בקולחים עם ריכוז גבוה יחסית ($7.9\text{--}25\ \mu\text{g/kg}$) רק בדגימה אחת (שום בקליפה) זוהה carbamazepine, למרות שריכוז carbamazepine בקולחים להשקיית הגידול היה גבוה ביותר בין כל דגימות הקולחים ($25\ \mu\text{g/kg}$). יתכן שאי הימצאותם של תרופות אניוניות ו-triclosan באף דגימה של התוצרת נובע מכך שריכוזם בקולחים זניח.

לא קיים קשר בין חומרי הדברה שהתגלו בתוצרת בסריקה להשקיה בקולחים מאחר וחומרי הדברה שהתגלו בתוצרת לא התגלו במי השקיה.

טבלה 14. חומרי הדברה שנמצאו בדגימות קרקע לצד הממצאים בתוצרת.

קרקע, מקום החלקה	שם החומר שהתגלה בקרקע	ריכוז בקרקע ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	הימצאות בתוצרת שנדגמה מהחלקה
כפר עזה	Chlorthalonil	20	ללא ממצאים
	Oxadizone	61	
כפר חסידים	Chlorthalonil	147	ללא ממצאים
	Chlorfenvinfos	408	
	Endosulfane	6.0	
	Oxadizone	5.2	
תל עדשים	לא התגלו חומרי הדברה		Diazinone, 67 $\mu\text{g}/\text{kg}$
פרוזן (כוסברה, צנונית)	Fluorochloridon	29	DCPA, 0.33 $\mu\text{g}/\text{kg}$
	Endosulfane	83	
	Triflouralin	82	
פרוזן (סלרי)	Chlorthalonil	446	Oxadizone 0.27 $\mu\text{g}/\text{kg}$
	Chlorfenvinfos	336	
	Endosulfane	20	
	Oxadizone	670	
פרוזן (שמיר)	Endosulfane	37	ללא ממצאים
	Fluorochloridon	12	
	Triflouralin	31	
אדירים (עלי בייבי)	DDE	86	ללא ממצאים
	Oxadizone	347	
אדירים (פטרוזיליה, כוסברה)	Chlorthalonil	1375	Methiocarb, 3.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Triflouralin, 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$
	DDE	540	
	Methiocarb	548	
	Triflouralin	1027	

רק בשני המקרים (חלקות פרוזון ואדירים), בשלושה סוגי תוצרת התגלו אותם חומרי הדברה, כאשר ריכוזם בגידולים היה נמוך מאוד. פרופיל זיהום קרקע בחומרי הדברה ובחומרים שמקורם בקולחים אינם קשורים. חומרי הדברה שנמצאו בקרקע הם כנראה תוצאה של פעילות חקלאית (שהיא פעילות מבוקרת) או זיהום "היסטורי", כמו הגילוי של תוצרי פירוק של DDT האסור לשימוש משנות ה-70 של המאה הקודם, כאשר מחצית החיים של החומר בקרקע 20-30 שנים (U.S. HHS, 2002).

לפי תוצאות הסקר בשנתיים הראשונות המסקנה היא שירקות עלים הם הרגישים ביותר מבחינת פוטנציאל זיהום ע"י מיקרו מזהמים אורגניים שמקורם בקולחים, והחומר השכיח ביותר בקולחים הינו carbamazepine, הוא גם השכיח ביותר בתוצרת.

טבלה 15. הימצאות carbamazepine במערכת צמח-מי השקיה-קרקע.

ריכוז carbamazepine			מקור הקולחים	מיקום החלקה (שם יישוב)	תוצרת
בקרקע ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	בקולחים ($\mu\text{g}/\text{L}$)	בתוצרת ($\mu\text{g}/\text{kg}$)			
7.6	22	0.50	מט"ש חיפה ושהייה במאגרי הכפר	כפר חסידים	שום-1א
204	7.9-9.4	2.9	מט"ש חיפה, תשלובת הקישון	תל עדשים	שמיר-4
		12.4		תל עדשים	כוסברה-5

113		0.75		פרזון	כוסברה-4
46		10.9		פרזון	סלרי עלים-1
120		0.55		פרזון	שמיר-3
119		0.35		אדירים	עלי בייבי (סלק אדום)
		0.38		אדירים	עלי בייבי (סלק ירוק)
		0.58		אדירים	עלי בייבי (ניזונה)
204		0.50		אדירים	פטרזילה-2

מעניין לציין שכל הגידולים בהם התגלתה התרופה הושקו בקולחי מט"ש חיפה. ריכוזי carbamazepine בתשלובת הקישון היו פי 2-2.5 נמוכים יותר מאשר במט"ש עצמו וזה בהתאם לעובדה שהקולחים נמהלים במים מוספים (קולחי מט"ש עפולה, מי מוביל או קידוחים עקב אירועים שהיו באזור). הממצא של ריכוזים גבוהים של carbamazepine בקולחי מט"ש חיפה לעומת קולחים ממט"שים נוספים שנבדקו (שם ריכוז התרופה היה נמוך מ- $2.4 \mu\text{g/L}$) נובע כנראה מחיבור שפכי תעשייה פרמצויטית למט"ש העירוני של חיפה. כפי שפורסם בספרות המקצועית לגבי עבודות שנעשו בארץ (לב, 2008; Gasser et al., 2011; גרויסמן וחוב', 2009), ריכוזי carbamazepine בקולחי מט"שים עירוניים נע בטווח ריכוזים של $1-4 \mu\text{g/L}$ (ממוצע של כ- $2 \mu\text{g/L}$), כאשר הריכוז תלוי בעונה. בקיץ במאגרים נמצא ריכוז מעט גבוה עקב נידוף המים, אולם חיבור שפכי תעשיות פרמצויטיות למט"שים עירוניים משנה מאוד את ריכוזם של שאריות תרופות (ולא רק carbamazepine, כתלות בקו הייצור של התעשייה) וחומרי ביניים של התעשייה הפרמצויטית מעלה את הריכוזים של החומרים הנדונים בקולחים. נתונים שהוצגו בטבלה שמסכמת ריכוזי carbamazepine במים-צמח-קרקע (טבלאות 15-16), מצביעים על כך שאין קשר ישיר בין ריכוזי carbamazepine בקולחים ובצמח, ובצמחים שהושקו בקולחים עם ריכוזי carbamazepine זהה נמצאו ריכוזים שונים של carbamazepine. כמו כן, לא נמצאה קורלציה בין ריכוזי carbamazepine בצמח ובקרקע. מספר הסברים יתכנו לשינויים אלו: כמות המים ששימשה להשקיה, הפסקות בין השקיה להשקיה, תכונות הקרקע, צורת ההשקיה וכו'.

חשוב לציין פעם נוספת כי בתוצרת חקלאית שהושקה בקולחים עם ריכוזי carbamazepine נמוכים יחסית (פחות מ- $2.5 \mu\text{g/L}$) לא התגלתה התרופה לעומת תוצרת חקלאית שהושקה בקולחים עם ריכוזי carbamazepine גבוהים יחסית (מעל $8 \mu\text{g/L}$).

בשנת הסקר השלישית, בהסתמך על תוצאות הסקר של השנתיים הראשונות, הוחלט לשים דגש על ירקות "עלים" בלבד ולנטר carbamazepine בלבד בשלושה דיגומים חוזרים של אותו גידול באותה חלקה וכן לשלב בדיקות מי קולחים ודיגמות קרקע. בנוסף, לפי בקשת משרד החקלאות, בשנה זו נבדקו גם דיגמות חלב בקר ודיגמות מזון של פרות שהוכנו מגידולים שהושקו בקולחים (לעומת חלב ומזונות ללא השקיה בקולחים) – גם לנוכחות carbamazepine בלבד. היבט נוסף שנבדק בשנה אחרונה הוא השפעת צורת ההשקיה על הימצאות carbamazepine בגידולים חקלאיים. מכיוון שנבחרו גידולים דומים (כולם ירקות עלים), ההנחה היא שקליטת החומרים המומסים לתוך הצמח צריכה להיות דומה. מאמץ מיוחד הושקע בחיפוש חלקות חקלאיות שהושקו באותם קולחים, בשתי צורות ההשקיה – המטרה וטפטוף. התוצרת שהושקתה בהמטרה נבדקה, כמו בשנים הראשונות, שטופה, ובנוסף ללא שטיפה, על מנת לבדוק פיזור החומר בצמח – חומרים שנקלטו לתוך הצמח וחומרים שנספחו על פני הצמח. תוצאות מפורטות של בדיקת

carbamazepine בתוצרת, מי קולחים וקרקע נכללות בסעיפים 2.3, 4.2 ו-6.2 ומוצגות בצורה מרוכזת בטבלה 17 (תוצרת חקלאית לא שטופה).

טבלה 16. תוצאות מפורטות של בדיקת carbamazepine בתוצרת, מי קולחים וקרקע.

ריכוז carbamazepine, תאריכי דיגום									מקור הקולחים	מיקום החלקה (שם יישוב)	תוצרת
ספטמבר-אוקטובר 2013			אוגוסט 2013			יולי 2013					
קרקע (µg/kg)	קולחים (µg/L)	תוצרת (µg/kg)	קרקע (µg/kg)	קולחים (µg/L)	תוצרת (µg/kg)	קרקע (µg/kg)	קולחים (µg/L)	תוצרת (µg/kg)			
38	4.1	2.9	16	4.6	1.9	10	5.8	2.9	מט"ש ירושלים+ מאגרים	טל שחר	פטרזיליה
<LOD	4.3	1.8	11	5.4	3.6	8.3	5.4	1.1		צלפון	שמיר
9.5	1.5	0.2	5.5	1.9	0.2	4.4	2.3	0.2	מט"ש באר שבע+ מאגר אריה	לב הנגב	ברוקולי
חסר גידול			חסר גידול			<LOD		<LOD		<LOD	לב הנגב
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	קו מרכזי שפד"ן	לב הנגב	חסה רומית
חסר גידול			<LOD	0.9	0.2	<LOD	1.2	0.2	מט"ש קרית גת+מאגר נשע	ניר ח"ן	פטרזיליה-2
-	23	חסר גידול	13	14	12	46	11	13	מט"ש חיפה, תשלובת הקשון +מאגרים	אדירים	עלי ביבי
124		29	-		חסר גידול	54		10		חסה	
60	18	29	חסרה דוגמה	13	30	15	12	31		פרזון	אורגנו
18		46	36		40	70		82		פרזון	פטרזיליה-3
136	18	22	42	12	51	12	חסרה דוגמה	51		כפר ברוך	פטרזיליה-4

בדומה לתוצאות הקודמות, ריכוזים זניחים של carbamazepine נמצאו בתוצרת שהושקה בקולחים עם ריכוזי התרופה נמוכים. ככל שריכוז carbamazepine בקולחים היה נמוך יותר, כך גם הימצאותו בצמח הייתה נמוכה יותר, ללא תלות בצורת ההשקיה. ריכוז carbamazepine בקולחים ממת"ש באר שבע וקריית גת לא עלה על $25 \mu\text{g/L}$. בכל שלושת הדיגומים וכתוצאה מכך ריכוזי התרופה בתוצרת היו מזעריים ($0.2 \mu\text{g/kg}$) שזה גבול הכימות של carbamazepine בירקות עלים. עם עליה בריכוז החומר בקולחים ממת"ש ירושלים (עם טיפול נוסף במאגרים) עד לטווח ריכוזים $4.1-5.8 \mu\text{g/L}$, עלה גם ריכוזו בתוצרת $1.1-3.6 \mu\text{g/kg}$ (תוצרת לא שטופה) או $0.9-2.1 \mu\text{g/kg}$ (תוצרת שטופה).

כמו גם בשנת הסקר השנייה, קולחי מט"ש חיפה אחרי מיהול במי קישון (תשלובת הקישון) הכילו ריכוזים משמעותיים של carbamazepine ($11-23 \mu\text{g/L}$) וכך גם תוצרת שהושקה במים אלה: $10 \mu\text{g/kg}$ - 82 (תוצרת לא שטופה) או $6.1-45 \mu\text{g/kg}$ (תוצרת שטופה). יש לציין, שריכוז carbamazepine בקולחים ממת"ש ירושלים ובתשלובת הקישון גדלו לעומת אשתקד, וריכוזים שהתגלו בתוצרת גדלו משמעותית גם (פי 4-1.5).

טבלה 17. ריכוזים של carbamazepine בירקות עלים שטופים ולא שטופים וצורות השקיה.

סימון תוצרת	צורת השקיה	שטוף, לא שטוף	תוצאות, תאריכי דיגום		
			יולי 2013	אוגוסט 2013	ספטמבר-אוקטובר 2013
פטרזיליה	טפטוף		2.9	1.9	2.9
שמיר	המטרה	לא שטוף	1.1	3.6	1.8
		שטוף	0.9	2.1	0.9
ברוקולי	טפטוף		0.2	0.2	0.2
עלי ביבי	המטרה	לא שטוף	13	12	חסר גידול
		שטוף	6.4	2.7	
חסה	המטרה	לא שטוף	10	חסר גידול	29
		שטוף	6.1		20
אורגנו	טפטוף		31	30	29
פטרזיליה-3	המטרה	לא שטוף	82	40	46
		שטוף	45	28	39
פטרזיליה-4	המטרה	לא שטוף	51	51	22
		שטוף	25	26	14

שני זוגות נתונים: פטרזיליה-שמיר ואורגנו-פטרזיליה-3 מהווים תוצאות של הימצאות החומר בתוצרת שהושקתה באותם קולחים (זוג גידולים – אותו קולחים), אולם בצורות השקיה שונות. לא מפתיע שתוצרת לא שטופה שהושקתה בהמטרה מכילה carbamazepine בריכוזים גבוהים יותר מאשר ירקות שטופים. יתרה מכך, נמצא ששטיפת הגידול במי ברז בצורה פשוטית ביותר מורידה כמחצית מכמות החומר מהגידולים שהושקו בהמטרה וכנראה מדובר בפרקציה של החומר שנספח על פני הצמח. אם להשוות ריכוזים של carbamazepine בתוצרת שטופה לזו שהושקה בהמטרה, אין הבדלים מובהקים בין ריכוז החומר לצורת ההשקיה כי סביר להניח שמדובר בפרקציה שנקלטה ע"י הירק. למרות שנמצא מתאם בין ריכוז carbamazepine במי השקיה לריכוזו בצמח, עדין לא ניתן להצביע על תלות דומה בגידול ספציפי. כך, לדוגמה, ריכוז של carbamazepine במי השקיה היה $12 \mu\text{g/L}$ וריכוזים שנמצאו בתוצרת הם $25 \mu\text{g/kg}$, $26 \mu\text{g/kg}$, 31 ו- 45 (תוצרת שטופה), ולהפך, ריכוז נמוך יחסית של התרופה, $14 \mu\text{g/kg}$ התגלה בפטרזיליה שהושקה בקולחים עם ריכוז carbamazepine גבוה יותר, $18 \mu\text{g/L}$. מספר הנתונים שברשותנו לא מספיק ולא מאפשר להגיע למסקנה בנושא זה, יתכן גם שפיזור התוצאות נובע מסטיות בשיטות הבדיקה, מהטרונגניות הטבעית הגדולה של המטריקס (תוצרת שנבדקה בדופליקטים נותנת לעיתים תוצאות עם הבדל של עד פי 2). יתכן גם שקיימת השפעה של הפיזיולוגיה של הצמח שמגבילה יכולת של צמח מסוים בקליטת החומר, כמות המים שסופקה לגידול, זמן בין השקיה להשקיה, תנאי סביבה וכו'.

כמו כן לא ברורה התלות בין ריכוז carbamazepine במי השקיה לריכוזו בקרקע, עם זאת, ברוב המקרים נמצא את ה-carbamazepine בקרקע בחלקות שהושקו בקולחים שמכילים אותו.

הימצאות carbamazepine בחלב בקר ומזון פרות

בדרישת משרד החקלאות, נדגמו חלב ותוצרת המשמשת להכנת מזון לפרות ע"י ד"ר צבי רוט (המחלקה למדעי בעלי חיים), הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים). נעשו דיגומים בתקופת

הפסח – האכלת פרות בתחמיץ תירס, שהושקה בקולחים, ובתקופה שלאחר הפסח – בתחמיץ חיטה מושקה בעל (פירוט לגבי גישות לדיגום מופיע בסעיף 1.4).

טבלאות תוצאות הבדיקות של מזון וחלב מובאות להלן:

טבלה 18. דגימות חלב, carbamazepine $\mu\text{g/L}$:

תקופה אחרי פסח		תקופת הפסח	
<LOQ	דוגמה רפת גולן (חלב מלא)	<LOQ	דוגמה מס' 1 (חלב מלא)
<LOQ	דוגמה וולקני (חלב מלא)	<LOQ	דוגמה מס' 2 (שומן של חלב)
<LOQ	דוגמה משואות יצחק (חלב מלא)	<LOQ	דוגמה מס' 3 (שומן של חלב)
<LOQ	דוגמה רפת רפת שילר (חלב מלא)	<LOQ	דוגמה מס' 4 (חלב מלא)

LOQ- Limit of Quantitation של carbamazepine לגבי דגימות חלב מלא ודגימות שימן חלב $0.005 \mu\text{g/L}$.

טבלה 19. דגימות מזון ותוצרת חקלאית המשמשת להכנת מזונות, carbamazepine $\mu\text{g/kg}$:

תוצאה (למשקל יבש)	זיהוי דגימה
<LOQ	מזון לדגימת חלב מס' 1 (בתקופת פסח)
<LOQ	מזון לדגימת חלב מס' 2 (בתקופת פסח)
<LOQ	מזון לדגימת חלב מס' 3 (בתקופת פסח)
0.05	מזון לדגימת חלב מס' 4 (בתקופת פסח)
<LOQ	מזון מרפת שילר
<LOQ	בקיה שילר (השקיה במים שפירים)
<LOQ	גריני תירס אייל (השקיה בקולחים)
<LOQ	גריני תירס אייל (השקיה במים שפירים)
<LOQ	עלי תירס אייל (השקיה במים שפירים)
<LOQ	עלי תירס אייל (השקיה בקולחים)
0.45	עלי תירס רבדים (השקיה בקולחים)
<LOQ	גריני תירס רבדים (השקיה בקולחים)
0.15	אספסת צרעה (השקיה בקולחים)
<LOQ	דוגמת בלנק

LOQ של carbamazepine בדגימות מזון ותוצרת (בדוגמאות שיובשו בהקפאה, למשקל יבש) $0.02 \mu\text{g/kg}$.

מסקנות והצעות ליישום:

1. החומר שנמצא כמזהם פוטנציאלי שמקורו בקולחים להשקיה – הוא תרופה carbamazepine.
2. הגידולים הרגישים ביותר לקליטת carbamazepine הם ירקות עלים. ריכוזים של carbamazepine בקולחים להשקיה עד $5-6 \mu\text{g/L}$ בדרך כלל לא גורמים להימצאותו בירקות עלים בריכוז העולה על $10 \mu\text{g/kg}$.
3. ניתן לבצע הערכת סיכונים של נתוני הסקר בכדי לבחון את הפוטנציאל להשפעה בריאותית.
4. מומלץ המשך איסוף נתונים שיטתי ליצירת מסד נתונים ארצי של איכות הקולחים והתוצרת החקלאית.
5. כבר היום, בשיטות המשמשות באופן שיגרתי לניטור חומרי הדברה על פי התקנות, ניתן לאסוף את הנתונים לגבי carbamazepine (מבחינה אנליטית מדובר באותן שיטות; שיטות GC/MS והן שיטות LC/MS מאפשרות להכניס בקלות חומר נוסף לבדיקה מולטי-קומפוננטית שמופעלת במעבדות הרלוונטיות).

ספי גילוי (LOD) וספי כימות (LOQ) של בדיקות מיקרומזהמים אורגניים

1.1. תוצרת הקלאית

טבלה 20. תרופות לא יוניות, בדיקה ב-GC/MS ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Bisphenol A		Triclosan		Carbamazepine		סוג תוצרת
LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	
2	0.5	5	1	2	0.5	בצל
2	0.5	5	1	2	0.5	כרוב וכרובית
2	0.5	5	1	2	0.5	גזר
2	0.5	5	1	2	0.5	ירקות עלים
2	0.5	5	1	2	0.5	עגבניות
5	0.5	5	1	5	0.5	מלפפונים
5	0.5	5	1	5	0.5	ענבי מאכל לבנים
2	0.5	5	1	2	0.5	תירס לתחמיץ

טבלה 21. תרופות יוניות, בדיקה ב-GC/MS ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Bezafibrate		Diclofenac		Ketoprofen		Naproxene		Gemfibrozil		Ibuprofen		Acetylsalicylic acid		סוג תוצרת
LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	
2	0.4	2	0.2	1	0.1	2	0.2	1	0.2	2	0.2	5	1	בצל
2	0.4	2	0.2	1	0.1	2	0.2	1	0.2	2	0.2	5	1	כרוב וכרובית
10	2	2	0.2	4	0.4	2	0.2	5	1	2	0.2	5	1	גזר
10	2	2	0.2	2	0.2	2	0.2	5	1	2	0.2	5	1	ירקות עלים
10	2	2	0.2	6	0.6	2	0.2	10	2	2	0.2	5	1	עגבניות
10	2	2	0.2	6	0.6	2	0.2	10	2	2	0.2	5	1	מלפפונים
10	2	2	0.2	4	0.4	2	0.2	20	4	2	0.2	5	1	ענבי מאכל לבנים
10	2	2	0.2	2	0.2	2	0.2	5	1	2	0.2	5	1	תירס לתחמיץ

טבלה 22. הורמונים וחומרים משבשי פעולה הורמונלית, בדיקה ב-GC/MS ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

4-Nonyl-phenol		4-tert-Octyl-phenol		Bisphenol A		Testosterone		Estriol		17 α Ethynyl-estradiol		17 β Estradiol		Estrone		סוג תוצרת
LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	
5	1	15	15	5	1	10	2	5	1	5	1	5	1	5	1	בצל
5	1	15	15	5	1	10	2	5	1	5	1	5	1	5	1	כרוב וכרובית
5	1	15	15	20	5	20	5	40	10	20	5	20	5	20	5	גזר
5	1	15	15	5	1	10	2	5	1	5	1	5	1	5	1	ירקות עלים
5	1	15	15	10	3	10	25	לא נבדק		40	10	40	10	10	3	עגבניות
5	1	15	15	5	1	40	10	5	1	10	3	10	3	5	1	מלפפונים
5	1	15	15	5	1	20	5	10	3	10	3	5	1	5	1	ענבי מאכל
5	1	15	15	5	1	10	2	5	1	5	1	5	1	5	1	תירס לתחמיץ

דיוק התוצאה הכמותית בערכים שווה או מעל LOQ 70-130% , בערכים בין LOQ ל- LOD 50-150% .

טבלה 23. בדיקת carbamazepine ב-LC/MS, ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

סוג תוצרת	LOD	LOQ
ירקות שורש	0.05	0.1
ירקות עלים	0.1	0.2

טבלה 24. ספי כימות של שיטות לבדיקות מי השקיה, קרקע וחלב

קבוצת חומרים	מי השקיה ב- GC/MS, ($\mu\text{g}/\text{L}$)	קרקע, ב- GC/MS, ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	חלב, ב- LC/MS, ($\mu\text{g}/\text{L}$)
תרופות לא יוניות Carbamazepine	0.01 0.005	1 1	0.001
תרופות יוניות (מלבד אספירין) אספירין	0.01 0.05		
חומרי הדברה לא יוניים	0.01-0.05		

2. תוצרת תקלאית: תוצאות בדיקת שאריות תרופות בתוצרת טרייה ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

טבלה 25. שנת סקר ראשונה

Carbamazepine	Tricosan	Bisphenol A	Bezafibrate	Diclofenac	Ketoprofen	Naproxen	Gemfibrozil	Ibuprofen	Aspirin	סוג תוצרת
בצל יבש										
<LOD	55	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-1
<LOD	15	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-2
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-3
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-4
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-5
כרוב לבן/ כרובית										
<LOD	7.3	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כרוב-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כרוב-2 (כרובית)
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כרוב-3
גזר										
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	גזר-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	גזר-2
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	גזר-3
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	גזר-4
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	גזר-5
ירקות עלים										
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	נענע-1
0.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	פטרוזיליה
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כרישה
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.5	<LOD	1.2	<LOD	חסה-1

<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	חסה-2
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	נענה-2
עגבניות										
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	עגבניות-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	עגבניות-2
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	עגבניות-3
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	עגבניות-4
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	עגבניות-5
מלפפונים										
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	מלפפון-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	מלפפון-2 תלויים
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	מלפפון-3 על אדמה
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	מלפפון-4
ענבי מאכל לבנים										
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	ענבים-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	ענבים-2
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	ענבים-3
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	ענבים-4
תירס לתחמיץ										
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	תירס-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.4	<LOD	0.5	<LOD	<LOD	<LOD	תירס-2
0.9	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	תירס-3
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	תירס-4

טבלה 26. שנת סקר שניה, ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Carbamazepine	Triclosan	Bisphenol A	Diclofenac	Naproxen	Ibuprofen	Aspirin	Ketoprofen	Gemfibrozil	Bezafibrate	תוצרת
ירקות שורש										
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	צנונית-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	צנונית-2
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בטטה-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בטטה-2
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בטטה-3
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	תפוח אדמה
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-1ק
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-2
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-2ק
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-3
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-3ק
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	בצל-1ק
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	שום-1
0.50	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	שום-1ק
ירקות עלים										
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	נענע
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	פטרוזיליה-1
0.50	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	פטרוזיליה-2

<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	פטרוזיליה-3
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כוסברה-1

תוצאות, תאריכי דיגום			שטוף, לא שטוף	צורת השקיה	סימון תוצרת
ספטמבר-אוקטובר 2013	אוגוסט 2013	יולי 2013			
2.9	1.9	2.9		טפטוף	פטרוזיליה
1.8	3.6	1.1	לא שטוף	המטרה	שמיר
0.9	2.1	0.9	שטוף		

<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כוסברה-2
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כוסברה-3
0.75	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כוסברה-4
12.4	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כוסברה-5
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כרישה
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	חסה רומנית
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	חסה מסולסלת
10.9	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	סלרי עלים-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	סלרי עלים-2
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	שמיר-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	שמיר-2
0.55	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	שמיר-3
2.9	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	שמיר-4
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	תימין-1
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	תימין-2
0.35	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	עלי ביבי (סלק אדום)
0.38	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	עלי ביבי (סלק ירוק)
0.58	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	עלי ביבי (ניזונה)
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	עלי ביבי (רוקט)

טבלה 27. שנת סקר שלישיית (carbamazepine בלבד), ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

0.2	0.2	0.2		טפטוף	ברוקולי
חסר גידול		<LOQ		טפטוף	כרוב
<LOQ	<LOQ	<LOQ		טפטוף	חסה רומית
לא נדגם	0.2	0.2	לא שטוף	המטרה	פטרזיליה-2
	אין צורך בבדיקה עקב זיהום מזערי			שטוף	
חסר גידול	12	13	לא שטוף	המטרה	עלי ביבי
	2.7	6.4	שטוף		
29	חסר גידול	10	לא שטוף	המטרה	חסה
20		6.1	שטוף		
29	30	31		טפטוף	אורגנו
46	40	82	לא שטוף	המטרה	פטרזיליה-3
39	28	45	שטוף		
22	51	51	לא שטוף	המטרה	פטרזיליה-4
14	26	25	שטוף		

3. תוצרת תקלאית: תוצאות בדיקה של סריקה כללית למיקרו מזהמים אורגניים בתוצרת טרייה ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

טבלה 28. שנת סקר ראשונה.

סוג המזהם	ריכוז החומר, $\mu\text{g}/\text{kg}$	שם החומר שהתגלה	תוצרת
			בצל יבש
		ללא ממצאים	בצל-1
		ללא ממצאים	בצל-2
		ללא ממצאים	בצל-3
		ללא ממצאים	בצל-4
		ללא ממצאים	בצל-5
			כרוב לבן/ כרובית
		ללא ממצאים	כרוב-1
		ללא ממצאים	כרוב-2 (כרובית)
		ללא ממצאים	כרוב-3
			גזר
		ללא ממצאים	גזר-1
Pesticide	14.3	Trfluralin Endosulfane sulfate Endosulfane I Endosulfane II	גזר-2
Pesticide	1.3		
Pesticide	0.6		
Pesticide	0.8		
		ללא ממצאים	גזר-3
		ללא ממצאים	גזר-4
		ללא ממצאים	גזר-5
			ירקות עליים
		ללא ממצאים	נענע-1
		ללא ממצאים	פטרזיליה

		ללא ממצאים	כרישה
Pesticide	101	Endosulfane sulfate	חסה-1
Pesticide	26	Endosulfane I	
Pesticide	30	Endosulfane II	
Pesticide	618	Endosulfane sulfate	חסה-2
Pesticide	705	Endosulfane I	
Pesticide	648	Endosulfane II	
		ללא ממצאים	נענה-2
			עגבניות
		ללא ממצאים	עגבניות-1
		ללא ממצאים	עגבניות-2
		ללא ממצאים	עגבניות-3
		ללא ממצאים	עגבניות-4
		ללא ממצאים	עגבניות-5
			מלפפונים
		ללא ממצאים	מלפפון-1
		ללא ממצאים	מלפפון-2 תלויים
		ללא ממצאים	מלפפון-3 על אדמה
		ללא ממצאים	מלפפון-4
			ענבי מאכל לבנים
Pesticide	108	Chipko26019	ענבים-1
Pesticide	13.3	Chloropyriphos	ענבים-2
Pesticide		ללא ממצאים	ענבים-3
	4.4	Chloropyriphos	ענבים-4
			תירס לתחמיץ
		ללא ממצאים	תירס-1
		ללא ממצאים	תירס-2
סוג המזהם	ריכוז החומר, µg/kg	שם החומר שהתגלה	תוצרת
Plasticizer	0.4	Octicizer	תירס-3
		ללא ממצאים	תירס-4

טבלה 29. שנת סקר שניה.

סוג המזהם	ריכוז החומר, µg/kg	שם החומר שהתגלה	תוצרת
			ירקות שורש
		ללא ממצאים	צנונית-1
Pesticide	0.33	DCPA	צנונית-2
		ללא ממצאים	בטטה-1
		ללא ממצאים	בטטה-2
		ללא ממצאים	בטטה-3
		ללא ממצאים	תפוח אדמה
		ללא ממצאים	בצל-1
		ללא ממצאים	בצל-1ק
		ללא ממצאים	בצל-2
		ללא ממצאים	בצל-2ק
		ללא ממצאים	בצל-3
		ללא ממצאים	בצל-3ק
		ללא ממצאים	בצלצל-1
		ללא ממצאים	בצלצל-1ק
		ללא ממצאים	שום-1

		ללא ממצאים	שום-1ק
<u>ירקות עלים</u>			
Pesticide	67	Diazinon	נענע
			פטרזיליה-1
Pesticide	3.3	Methiocarb	פטרזיליה-2
Pesticide	0.51	Trifluoralin	
		ללא ממצאים	פטרזיליה-3
		ללא ממצאים	כוסברה-1
		ללא ממצאים	כוסברה-2
Pesticide	3.3	Methiocarb	כוסברה-3
Pesticide	0.50	Trifluoralin	
		ללא ממצאים	כוסברה-4
		ללא ממצאים	כוסברה-5
		ללא ממצאים	כרישה
		ללא ממצאים	חסה רומנית
		ללא ממצאים	חסה מסולסלת
Pesticide	0.27	Oxadizone	סלרי עלים-1
		ללא ממצאים	סלרי עלים-2
		ללא ממצאים	שמיר-1
		ללא ממצאים	שמיר-2
		ללא ממצאים	שמיר-3
		ללא ממצאים	שמיר-4
		ללא ממצאים	תימין-1
		ללא ממצאים	תימין-2
		ללא ממצאים	עלי ביבי (סלק אדום)
		ללא ממצאים	עלי ביבי (סלק ירוק)
		ללא ממצאים	עלי ביבי (ניזונה)
		ללא ממצאים	עלי ביבי (רוקט)

4. מי השקיה: תוצאות בדיקה של שאריות תרופות ($\mu\text{g/L}$)

טבלה 30. שנת סקר שניה.

Carbamazepine	Triclosan	Bisphenol A	Diclofenac	Naproxen	Ibuprofen	Aspirin	Ketoprofen	Gemfibrozil	Bezafibrate	נקודת דיגום מי השקיה
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	ישע (שפד"ן)
7.9	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	פרזון
9.4	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	אדירים
9.3	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	גדיש
2.4	0.4	<LOD	0.02	0.28	0.05	<LOD	<LOD	<LOD	0.54	טל שחר
2.3	0.7	<LOD	0.06	0.20	0.10	<LOD	<LOD	<LOD	0.53	צלפון
25	0.2	<LOD	<LOD	0.16	0.17	<LOD	<LOD	<LOD	0.12	יגור
22	0.2	<LOD	<LOD	0.04	0.14	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	כפר חסידים
1.9	0.03	<LOD	לא נבדק							עמק חפר
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	דרומית ליער

										חדרה
<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	חוזה חקלאית

טבלה 31. שנת סקר שניה (carbamazepine בלבד).

תוצאות, תאריכי דיגום, $\mu\text{g/L}$			נקודת דיגום מי השקיה
ספטמבר-אוקטובר 2013	אוגוסט 2013	יולי 2013	
<LOD	<LOD	<LOD	ישע (שפד"ן)
1.5	1.9	2.3	לב הנגב
18	13	12	פרזון
23	14	11	אדירים
18	12	חסרה דוגמה	כפר ברוך
4.1	4.6	5.8	טל שחר
4.3	5.4	5.4	צלפון
לא בוצע דיגום	0.9	1.2	נר חן

5. מי השקיה: תוצאות בדיקה של סריקה כללית למיקרו מזהמים אורגניים ($\mu\text{g/L}$)

טבלה 32. שנת סקר שניה בלבד.

סוג המזהם	רמת הזיהום $\mu\text{g/L}$	שם החומר שהתגלה	נקודת דיגום מי השקיה
Intermediate	עקבות	Dibromoacridine	ישע (שפד"ן)
Pharmaceutical	כ-0.2	Phenytoin	פרזון
Intermediate Plasticizer, flame-retarding agent Plasticizer, flame-retarding agent Plasticizer, flame-retarding agent Pesticide Pesticide Pharmaceutical	עקבות כ-0.1 עקבות עקבות 0.67 0.19 כ-0.5	Dichlorophenylisocyanate Tris(3-chloropropyl)phosphate Octysizer Endolactone Simazine Atrazine Phenytoin	אדירים
Plasticizer, flame-retarding agent Plasticizer, flame-retarding agent Plasticizer, flame-retarding agent Pesticide Pesticide Pesticide Pesticide Pesticide Pesticide Pharmaceutical	כ-0.1 עקבות עקבות 0.32 0.09 0.37 0.11 0.04 עקבות כ-0.3	Tris(3-chloropropyl)phosphate Octysizer Endolactone Simazine Atrazine Metolachlor Terbutryn Ametryn DCPA Phenytoin	גדיש
Pesticide Intermediate Plasticizer, flame-retarding agent	1.2 עקבות כ-0.5	Propoxur Methoxyphenylacetone Tris(3-chloropropyl)phosphate	תל שחר

Plasticizer, flame-retarding agent Plasticizer, flame-retarding agent	עקבות עקבות	Octysizer KP-140	
Pesticide Intermediate Plasticizer, flame-retarding agent Plasticizer, flame-retarding agent Plasticizer, flame-retarding agent	1.4 עקבות כ-0.5 עקבות עקבות	Propoxur Methoxyphenylacetone Tris(3-chloropropyl)phosphate Octysizer KP-140	צלפון
Plasticizer, flame-retarding agent Plasticizer, flame-retarding agent Intermediate Pharmaceutical	עקבות עקבות כ-0.5 כ-0.5	Octysizer Endolactone Carbazol Phenytoin	יגור
Plasticizer, flame-retarding agent Plasticizer, flame-retarding agent Intermediate Pharmaceutical	עקבות עקבות כ-0.5 כ-1	Octysizer Endolactone Carbazol Phenytoin	כפר חסידים
Plasticizer, flame-retarding agent	כ-0.5	Tris(3-chloropropyl)phosphate	עמק חפר
		ללא ממצאים	דרומית ליער חדרה
		ללא ממצאים	חוה חקלאית

6. קרקע: תוצאות בדיקה של שאריות תרופות - carbamazepine (µg/kg dry soil)

טבלה 33. שנת סקר שניה.

ריכוז carbamazepine (µg/kg)	מיקום החלקה (שם יישוב)	תוצרת
<LOD	כפר עזה	תפוח אדמה
7.6	כפר חסידים	שום-1א
204	תל עדשים	שמיר-4
	תל עדשים	כוסברה-5
113	פרזון	כוסברה-4
46	פרזון	סלרי עלים-1
120	פרזון	שמיר-3
119	אדירים	עלי בייבי (סלק אדום)
	אדירים	עלי בייבי (סלק ירוק)
	אדירים	עלי בייבי (ניזונה)
204	אדירים	פטרזיליה-2

טבלה 34. שנת סקר שלישית.

ריכוז carbamazepine, (µg/kg), תאריכי דיגום			מיקום החלקה (שם יישוב)	תוצרת
ספטמבר-אוקטובר 2013	אוגוסט 2013	יולי 2013		
38	16	10	טל שחר	פטרוזיליה
<LOD	11	8.3	צלפון	שמיר
9.5	5.5	4.4	לב הנגב	ברוקולי
לא נדגם	לא נדגם	<LOD	לב הנגב	כרוב
<LOD	<LOD	<LOD	לב הנגב	חסה רומית
לא נדגם	<LOD	<LOD	ניר חן	פטרוזיליה-2
לא נדגם	13	46	אדירים	עלי ביבי
124	לא נדגם	54	אדירים	חסה
60	חסרה דוגמה	15	פרזון	אורגנו
18	36	70	פרזון	פטרוזיליה-3
136	42	12	כפר ברוך	פטרוזיליה-4

7. קרקע: תוצאות בדיקה של סריקה כללית למיקרו מזהמים אורגניים (µg/kg dry soil)

טבלה 35. שנת סקר שניה בלבד.

סוג המזהם	רמת הזיהום, (µg/kg)	שם החומר שהתגלה	קרקע, מיקום החלקה
Pesticides	20	Chlorthalonil	כפר עזה
	61	Oxadizone	כפר חסידים
	147	Chlorthalonil	
	408	Chlorfenvinfos	
	6.0	Endosulfane	תל עדשים
	5.2	Oxadizone	
		ללא ממצאים מיוחדים	
	29	Fluorochloridon	פרזון (כוסברה)
	83	Endosulfane	פרזון (סלרי)
	82	Triflouralin	
	446	Chlorthalonil	
	336	Chlorfenvinfos	פרזון (שמיר)
	20	Endosulfane	
	670	Oxadizone	
37	Endosulfane	אדירים (עלי ביבי)	
12	Fluorochloridon		
31	Triflouralin		
86	DDE	אדירים (פטרוזיליה)	
347	Oxadizone		
1375	Chlorthalonil		
540	DDE		
548	Methiocarb		
1027	Triflouralin		

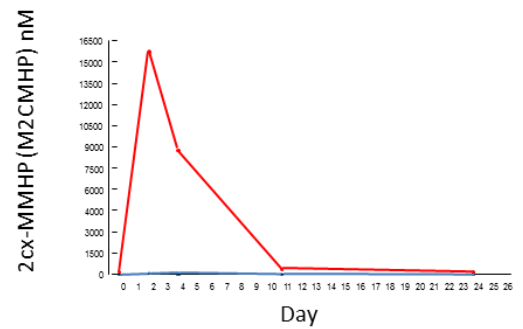
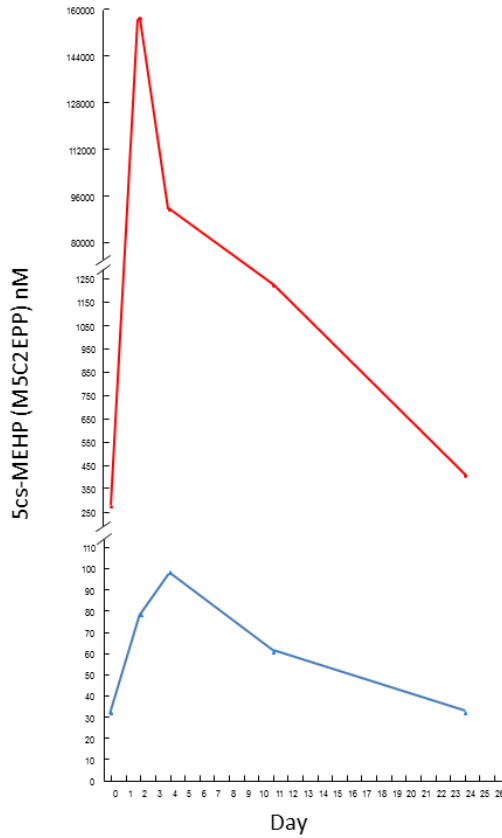
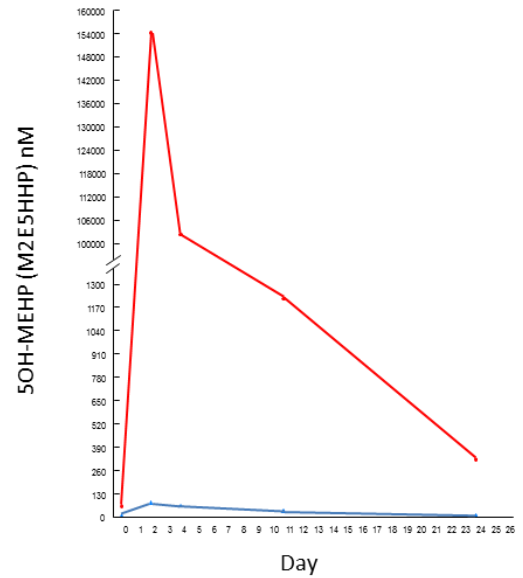
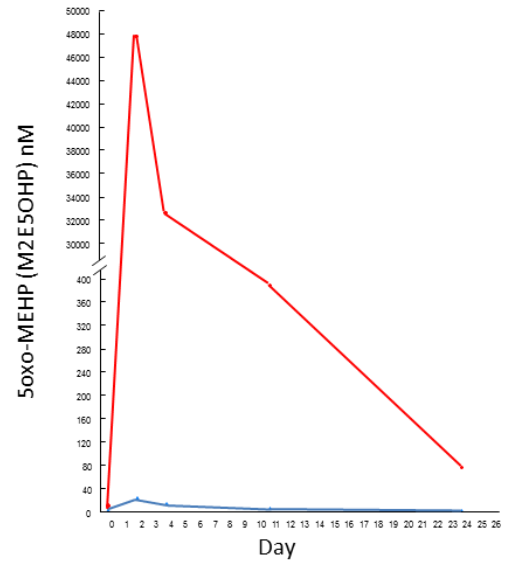
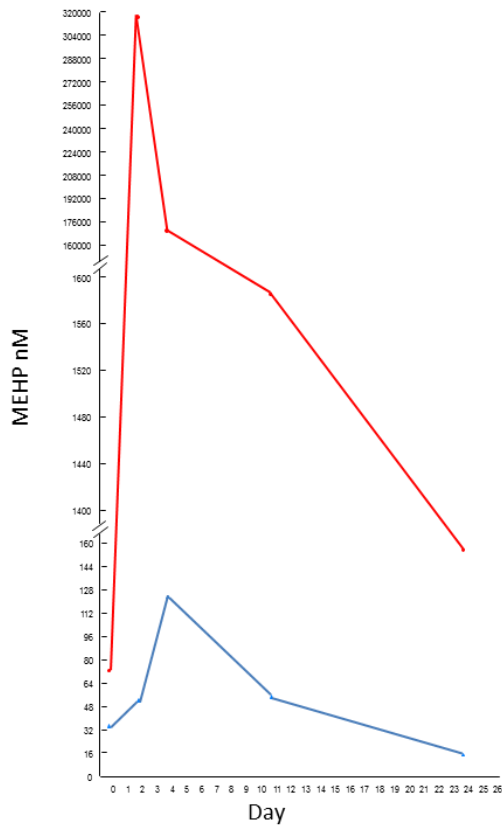
הבעת תודה: מעבדה לבריאות הציבור של משרד הבריאות, תל-אביב: לד"ר אפרת רורמן, מנהלת המעבדה על תמיכה וסיוע בביצוע הסקר על כל שלביו. לאנשי יחידה לכימיה של מים: ד"ר אלזה נלקנבאום, מגר' ויקטוריה פרלין, מגר' מריה יאנובסקי, מגר' ילנה רייצס, מגר' ולריה גרינברג, גב' סוניה שושסטר, גב' ילנה קרסיק על השתתפותן בסקר, ביצוע דיגומים, עיבוד דגימות ואנליזות. רשות הטבע והגנים לאומיים: ברק שחם, מנהל תחום איכות מים, על

עזרתו הגדולה בלוגיסטיקה של דיגומים, ארגון וביצוע דיגומים, סיוע בשטח ומעקב אחר המערך. פקחי איכות המים שירי בירן, יפעת פז, עאווד ראכד, יאיר מולאי, יאיר ברלב ועדן ברלב על עזרתם הענקית לביצוע דיגומים ותמיכתם בשטח.

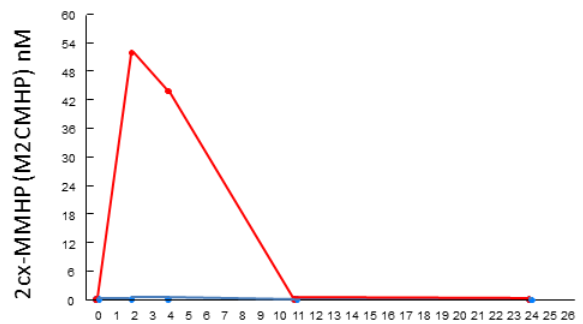
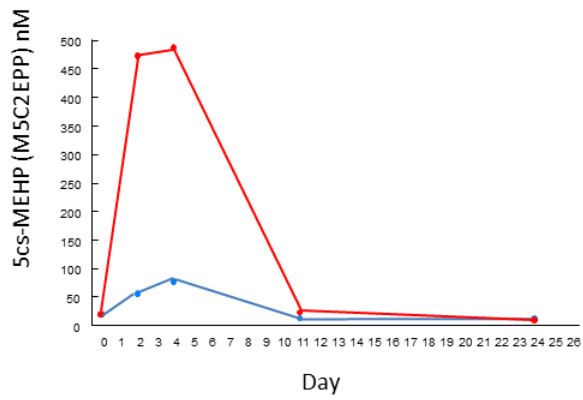
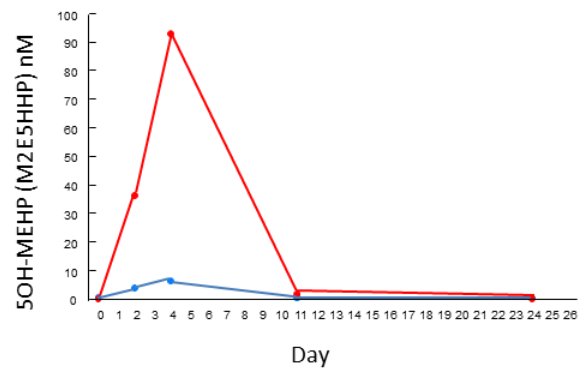
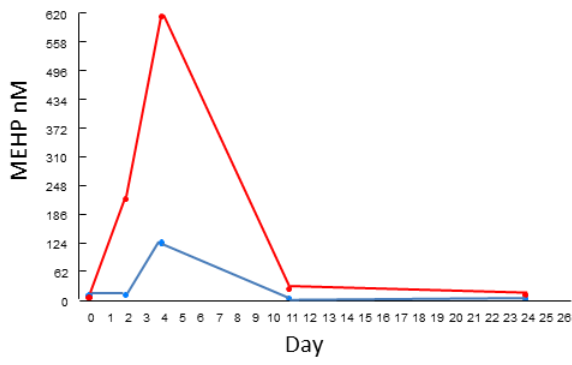
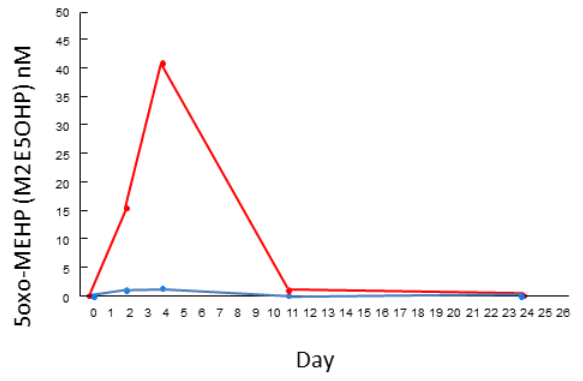
מקורות ספרות:

1. Liu,R., Zhou,J.L., Wilding,A., (2004). Simultaneous determination of endocrine disrupting phenolic compounds and steroids in water by solid-phase extraction-gas chromatography-mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*,(1022),179-189.
2. U.S. Food & Drug Administration Department of Health and Human Services (2008) Triclosan [CAS 3380-34-5], Supporting Information for Toxicological Evaluation by the National Toxicology Program.
http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/chem_background/exsumpdf/triclosan_508.pdf
3. Adolfsson-Erici, M., M. Persson, J. Parkkonen, and J. Sturve., (2002). Triclosan, a commonly used bactericide found in human milk and in the aquatic environment in Sweden. *Chemosphere* 46:1485-1489.
4. U.S. HHS, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2002) TOXICOLOGICAL PROFILE FOR DDT, DDE, and DDD.
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp35.pdf>
5. עובדיה לב. מיקרו מזהמים בקולחים בדרגות טיהור שונות. דו"ח רשות המים, מחקרים 2008
<http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/Studies/20081/OvadiaLevA.pdf>
6. Gasser, G., Rona, M., Voloshenko, A., Shelkov, R., Lev, O., Elhanany, S., Lange, F.T., Sheurer, M., Pankratov, I.(2011) . Evaluation of micropollutant tracers. II. Carbamazepine tracer for wastewater contamination from a nearby water recharge system and from non-specific sources. *Desalination* 273 : 398–404.
7. דוח מחקר (2009) לודמילה גרויסמן, אפרת רורמן. זיהוי ואפיון מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה למשרד להגנת הסביבה.
<http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/Research/Pages/R0201-R0300/R0287.aspx>

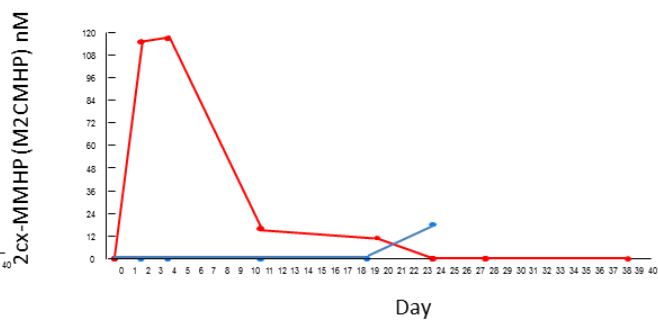
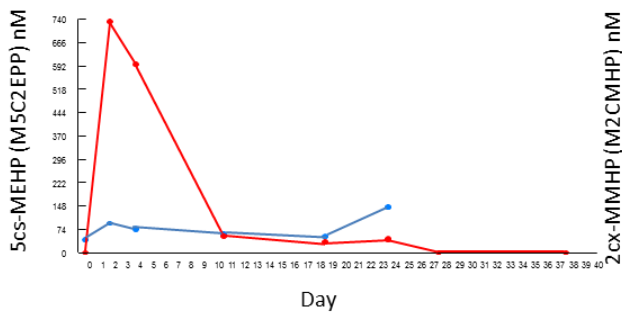
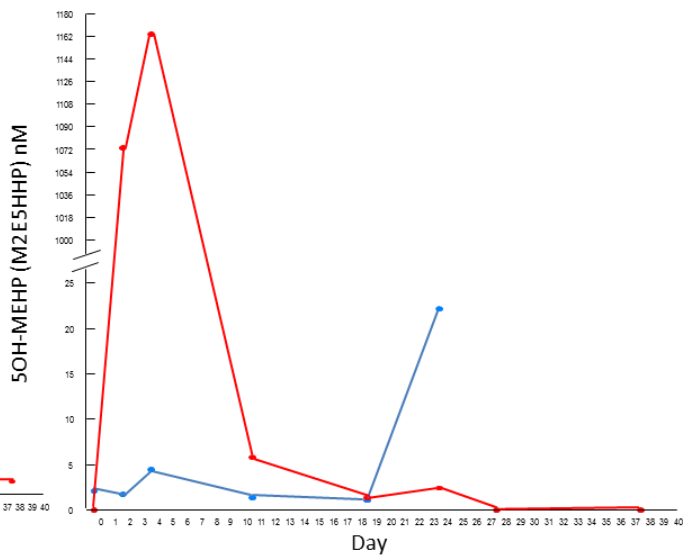
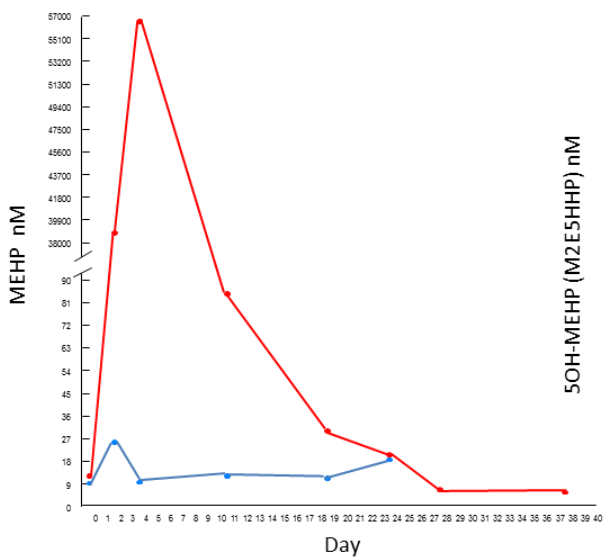
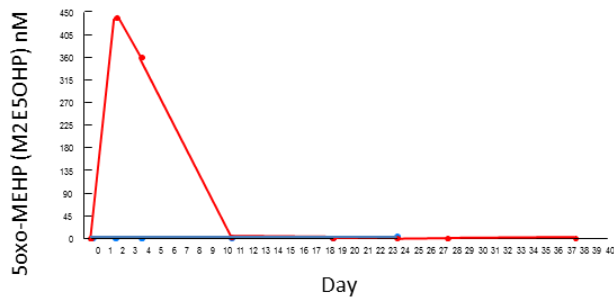
נספח ג - מעבר מזהמים אורגנים שמקורם בקולחים אל רקמות גוף (בשר וחלב) של פרות



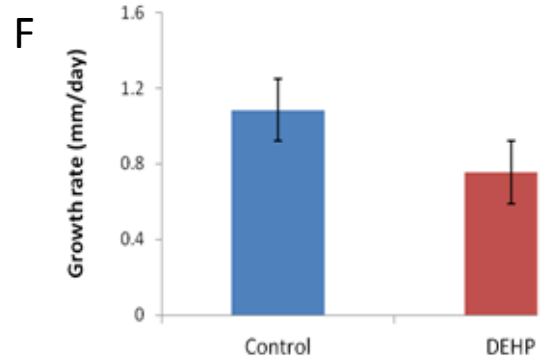
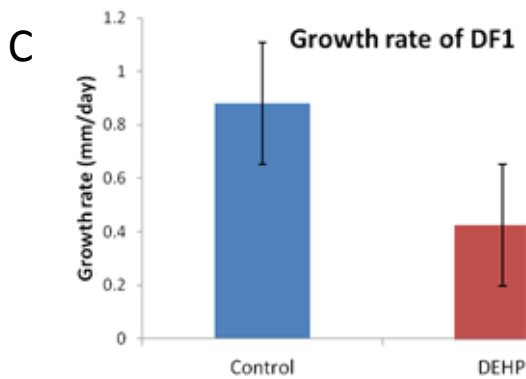
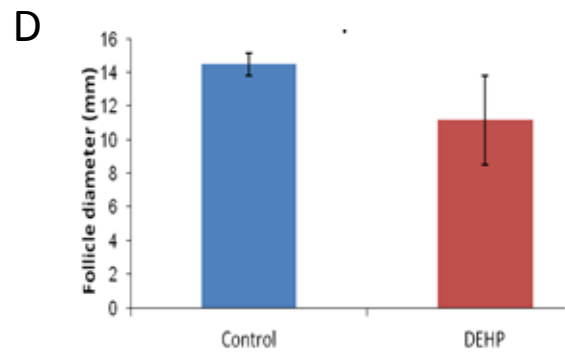
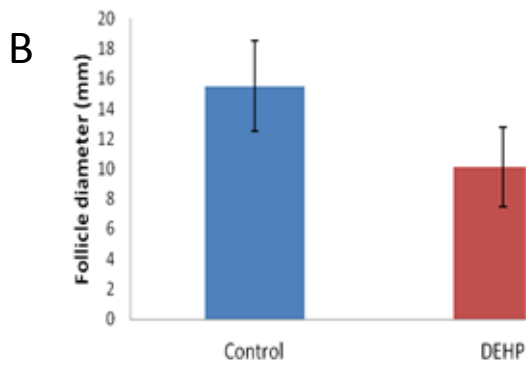
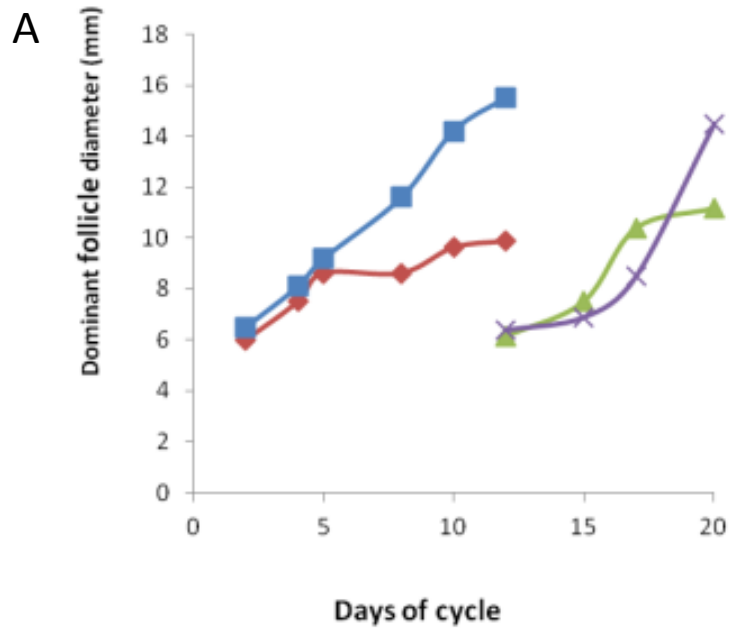
תרשים 16. ריכוזי מטבוליטים של פטאלטים (ננומולר) בשתן של פרות.



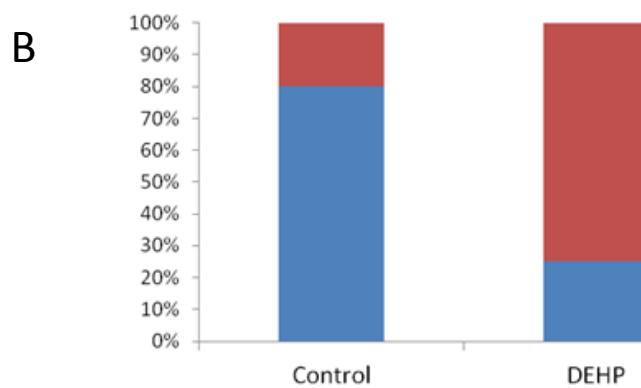
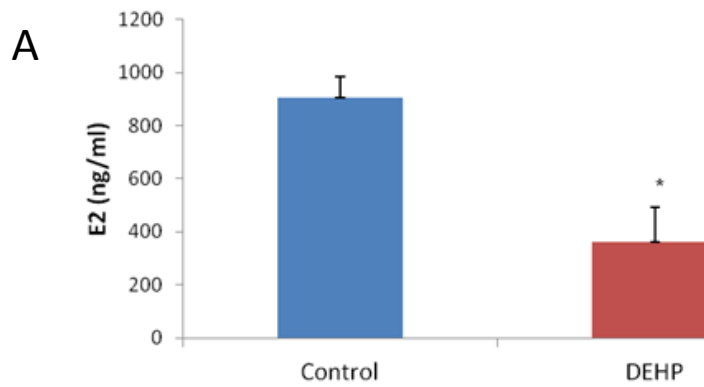
תרשים 17. ריכוזי מטבוליטים של פטאלטים (ננומולר) בחלב של פרות.



תרשים 18. ריכוזי מטבוליטים של פטאלטים (בנומולר) בפלסמה של פרות.

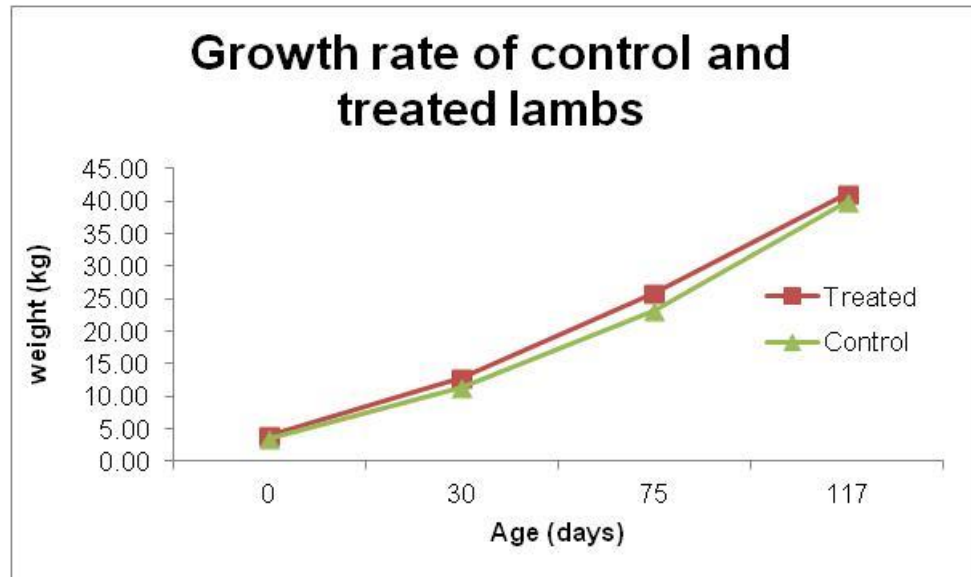


תרשים 19. דינמיקת התפתחות של זקיקים דומיננטיים מגל ראשון בקבוצת הביקורת (כחול) בקבוצת ה-DEHP (אדום) ושל זקיקים דומיננטיים מגל שני בקבוצת הביקורת (סגול) ובקבוצת ה-DEHP (ירוק) (A). גודל הזקיק הדומיננטי (פנל עליון B ו-D) וקצב גדילה (פנל תחתון C ו-F) של הזקיק הדומיננטי מגל ראשון (שמאל) והזקיק הדומיננטי מגל שני (ימין).



תרשים 20. ריכוז אסטרוידים בנוזל פוליקולרי של הזקיק הקדם ביוצי שנשאב מפרות ביקורת ובפרות אשר הוגמנו ב- DEHP (A). שיעור הזקיקים בעלי מופע פתולוגי, זקיק מתמיד או ציסטה, (אדום) לעומת מופע תקין (כחול) בקבוצת הביקורת ובקבוצת ה- DEHP (B).

תרשים 21. קצב גדילה של טלאים בקבוצת טיפול וביקורת.



Endocrine disruptors and doses given to lambs from age 5-7 to 40 days, every five days

Carbamazepine – 50 mg, anti-epileptic drug

Bisphenol A – 10 mg, ED with estrogenic-like activity

Simazine – 1 mg, ED, herbicide with negative effect on reproduction male and female

Diflufenican – 1 mg, pesticide with negative effects on testis, thymus and liver

Vinclosolin – 10 mg, fungicide used in wine industry, has epigenetic and trans-generational effect on testis development.

Endocrine Disruptors and doses given to lambs from age 40 to 240 days, every 10 days

Carbamazepine – 100 mg,

Bisphenol A – 100 mg,

Simazine – 10 mg,

Diflufenican – 1 mg,

Vinclosolin – 10 mg,



דוגמא של אשך מקבוצת ביקורת.

אשכים בקבוצת טיפול

