מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט
המרכז הלאומי לחקר המגוון הביולוגי

אוניברסיטת תל אביב

GEORGE S. WISE FACULTY OF LIFE SCIENCES

הפקולטה למדעי החיים ע"ש ג'ורג' ס' וייז

DEPARTMENT OF ZOOLOGY

המחלקה לזואולוגיה

השפעה מאוחרת של ריסוס הארבה בחולות הנגב המערבי על חברת פרוקי-רגליים קרקעיים

2016-2013

צילום: Max Planck Institute for Chemical Ecology

איתי רנן, אחיקם גרא ולילך רייכמן

המעבדה האנטומולוגית לניטור אקולוגי

ittairen@post.tau.ac.il

המחקר בוצע בהזמנה ובמימון רשות הטבע והגנים

קרית האוניברסיטה, רמת-אביב, תל-אביב 69978, טל' 03-6409012, 03-6409812, פקס' 03-6409403
Tel-Aviv University, Ramat-Aviv, Tel-Aviv 69978, Israel, Tel. 03-6409012, 03-6409812, Fax 972-3-6409403,
e-mail: zoology@post.tau.ac.il

תקציר

- בעקבות חדירת נחילי ארבה מדברי לחולות הנגב המערבי באביב 2013, רוססו כ- 100 קמ"ר בקוטל חרקים.
- השפעת הריסוס על חברת פרוקי-הרגליים פעילי הקרקע נבחנה 50 יום לאחר הריסוס ובאביבים העוקבים 2014, 2015, 2016.
- מערך הדיגום הורכב מ- 16 חלקות אשר מוקמו במדרונות צפוניים בדיונות חצי מיוצבות, מחציתן באזורים שרוססו ומחציתן באזורים שלא רוססו. הדיגום בוצע על-ידי מלכודות נפילה יבשות.
- באביב 2013, לאחר גל הריסוס הראשון, (ריסוס אינטנסיבי נוסף בוצע מיד אחרי הדיגום) נמצאו הבדלים קטנים בהרכב החברות ובמדדי מגוון שונים בין השטח המרוסס והשטח שאינו מרוסס.
- באביב 2014, הרכב החברות בשני הטיפולים נמצא שונה משמעותית ומדדי מגוון נמצאו גבוהים באופן מובהק בשטחים שלא רוססו בהשוואה לשטח שרוסס.
- באביב 2015, הרכב החברות חזר להיות דומה בשני הטיפולים אך מדדי המגוון נותרו גבוהים באופן מובהק באתר הלא מרוסס.
- באביב 2016, רמת הדמיון בין הרכב החברות באתרים עלתה והפער במדדי המגוון הצטמצמו מאוד, עם ערכים גבוהים במעט בשטח הלא מרוסס.

סיכום ממצאי ארבע שנות הניטור מעלה השפעה שלילית רחבה וארוכת טווח של הריסוס על חברת פרוקי-הרגליים. שלוש שנים לאחר הריסוס זוהתה מגמה ברורה של תהליך שיקום בשטח המרוסס. אולם מינים המאופיינים באוכלוסיות קטנות, טרם התאוששו.

<u>שינויים באוכלוסיית הנווטות</u>

- באביב 2014, עלה גודל אוכלוסיית הנמלים הנווטות באופן קיצוני כתוצאה מזמינות פגרי הארבה.
- באביב 2015, אוכלוסיית הנווטות בשטח המרוסס ירדה בחדות ובשטח הלא מרוסס, המשיכה עלייה הדרגתית בגודל האוכלוסייה.
- באביב 2016, ירדה אוכלוסיות הנווטות בשני הטיפולים, כנראה בעקבות ניצול מקורות המזון העודף במקביל לירידה בפרודוקטיביות השטח כתוצאה מירידה במשקעים.

רקע כללי

בתחילת מרץ 2013 חדרו נחילי ארבה מדברי (*Schistocerca gregaria*) משטח סיני למרחב חולות הנגב המערבי. במטרה לצמצם נזקים חקלאיים, ריססו עובדי משרד החקלאות באופן מאסיבי שטחים נרחבים באזור מתחילת מרץ, במשך כשלושה שבועות ושוב מאמצע אפריל במשך כשלושה שבועות. גל הריסוס השני בוצע במטרה לפגוע בנימפות שבקעו. השטח בו בוצעו הריסוסים בגל הראשון מוערך בכ- 100 קמ"ר (נתוני רט"ג). ריסוסי הגל השני התאפיינו בהתמקדות באתרים מעטים יחסית לגל הראשון, אך באינטנסיביות גדולה יותר (מידע בעל-פה, יואב מוטרו). הריסוס נעשה בחומר מסוג קארטה (Karate) המכיל את הרעל פירטרואיד (Pyrethroid) הנחשב לקוטל חרקים יעיל ביותר (לפרטים על תכונות חומר הריסוס ראה נספח 1). הריסוס נעשה בשטחים מצומצמים (0.6 – 2.7 קמ"ר) ממשאיות יונימוג ובאופן ידני ובשטחים גדולים (0.2 – 17.8 קמ"ר) ממטוסי ריסוס, במספר אתרים נעשה ריסוס בכל האמצעים. ערוץ נחל לבן רוסס יום אחר יום, לעיתים מספר פעמים ביום (מידע בעל פה: ערן היימס, רט"ג; יואב מוטרו, משרד החקלאות). הרעל ספציפי לחרקים, מתפרק במהירות יחסית בשטח ולא נצפו הרעלות משניות של חולייתנים.

המערכת האקולוגית של חולות הנגב המערבי ייחודית ושונה מבתי גידול חוליים אחרים בנגב ומחולות מישור החוף (רנן, 2007). בדיגום מתמשך שנערך בחולות הנגב המערבי בין השנים 2005-2016 הוגדרו כ- 350 מיני חיפושיות, מתוכם שבעה מינים חדשים לארץ וארבעה מינים חדשים למדע (רנן, טרם פורסם).

בנוסף, בית גידול זה נמצא תחת לחץ מתגבר של השפעת אדם והשטחים הטבעיים בו במגמת צמצום מתמדת. זיהוי ואיפיון השפעות הריסוס על חברת פרוקי הרגליים, חשובים לשם הבנת מידת רגישות המערכת וטווח השפעת אירועי הריסוס, כפי שעוד עשויים להתרחש בעתיד. היות שחברת פרוקי הרגליים נמצאת בבסיס המערכת האקולוגית, אחרי הצמחים, למצב החברה יכולת לשקף במידה רבה את מצב המערכת בכללותה.

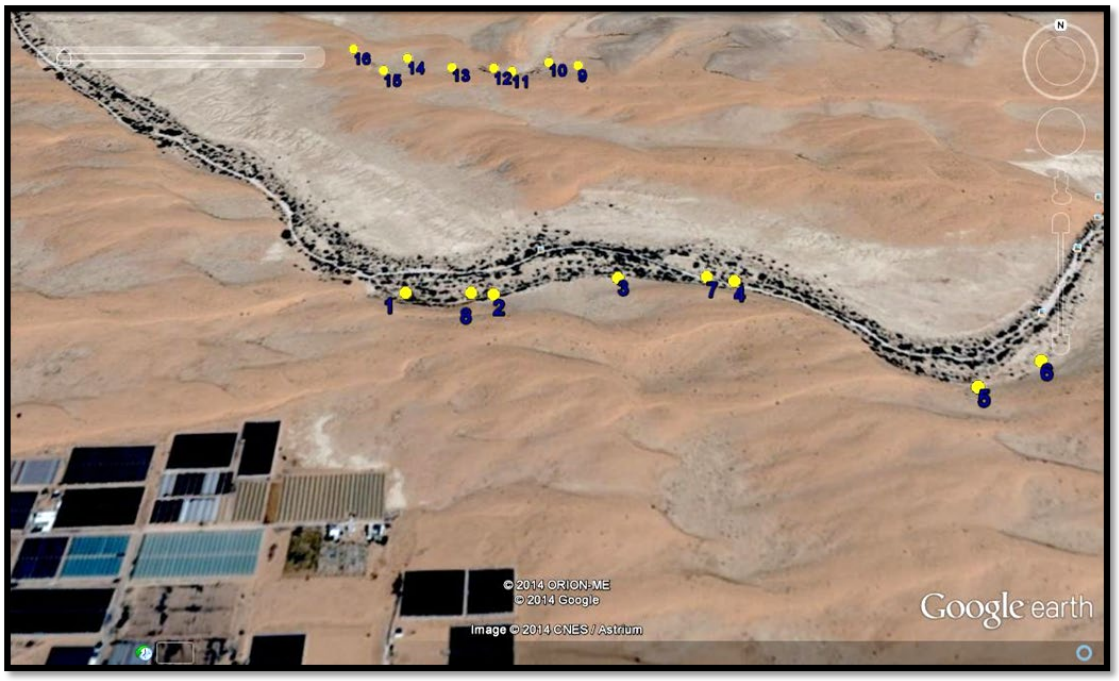
מטרת הסקר

בחינת השפעת הריסוס בחולות הנגב המערבי על חברת פרוקי-הרגליים הקרקעיים.

שיטות

בין השנים 2013-2016 נדגמו בכל אביב 16 חלקות בדרום חולות הנגב המערבי, שמונה חלקות בתחום השטח שרוסס בדיונות הגדה הצפונית של ערוץ נחל לבן, ושמונה חלקות בשטח שלא רוסס במפנה צפוני של דיונות בעלות מאפיינים אקולוגים דומים (איור 1, לנקודות ציון ותמונות כל החלקות ראה נספח 2). בכל חלקה מוקמו 25 מלכודות נפילה בנפח ליטר (ללא חומר ממית), סך הכל 400 מלכודות. המלכודות הושארו פתוחות למשך 48 שעות. החומר שנאסף במלכודות מויין במעבדה וברובו הגדול שוחרר חזרה לשטח. פרטים של חיפושיות שלא זוהו במקום הומתו ונאספו למטרות הגדרה (לרשימת מיני החיפושיות שהוגדרו, ראה נספח 3). כל החומר שנאסף הועבר לשימור באוסף החרקים הלאומי שבמוזיאון לטבע על שם שטיינהרדט באוניברסיטת תל-אביב. בחירת המבחנים הסטטיסטים להשוואה בין חלקות המרוססות ולא מרוססות של מדדי המגוון השונים (מספר מינים, מספר פרטים ומדד Fisher-a) נעשתה לאחר בדיקת הנחות ההתפלגות הנורמלית ושיוון השונויות. במידה ונמצא כי הנתונים אינם עומדים בהנחות אלו, הניתוחים נעשו באמצעות מבחנים א-פרמטרים. כל ניתוחי ההשוואה במדדי המגוון השונים נעשו באמצעות תוכנת Past ver. 3.04 (Hemmer et al. 2001). עקומות הרפרקציה בוצעו באמצעות תוכנת R ver. 3.2.2 (Team, 2013) באמצעות חבילת Vegan (Oksanen et al. 2007), כאשר

ההשוואה הסטטיסטית בין העקומות בוצעה באמצעות מבחן EcoTest ver 1.1 בחבילת rareNMtests (Cayuela and Gotelli, 2015).



איור 1: מפת אזור המחקר. חלקות 1-8: מדרונות דיונות צפוניים בצמוד לנחל לבן- שטח שרוסס.
חלקות 9-16: מדרונות דיונות צפוניים- שטח שלא רוסס.

תוצאות

בארבע שנות הניטור נדגמו 13,001 פרטים המייצגים 282 מינים ו- *RTU מ- 16 סדרות שונות (טבלה 1).

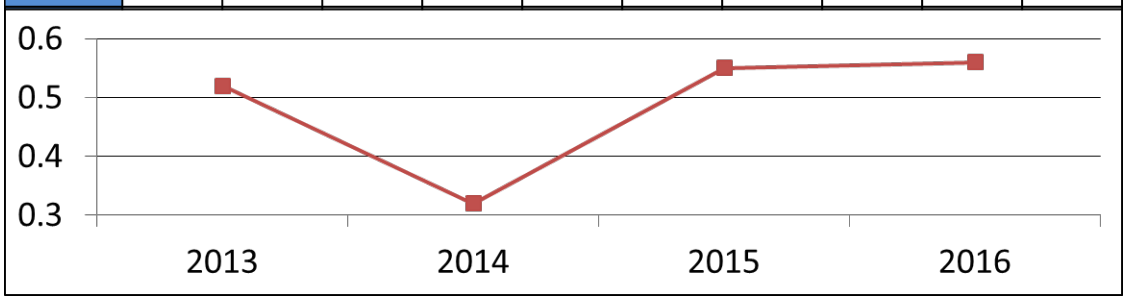
טבלה 1: מספר מינים ופרטים שנדגמו בכל שנות הדיגום.

שנת דיגום	**מספר פרטים (ללא נווטות)**		**מספר מינים**		**מספר נווטות**		**חלקן היחסי של הנווטות מכלל הפרטים (%)**	
	מרוסס	*לא מרוסס*	*מרוסס*	*לא מרוסס*	*מרוסס*	*לא מרוסס*	*מרוסס*	*לא מרוסס*
2013	633	821	78	78	62	97	9.79	11
2014	1929	1365	76	97	1267	333	66	24
2015	2501	3459	95	96	1002	1253	41	36
2016	1250	1864	83	97	589	820	47	44
2018								

* **RTU** (Recognisable Taxonomic Units): יחידת המיון הטקסונית הנמוכה ביותר אליה מסוגל להגיע ממיין החומר. המיון נעשה על בסיס אפיון מורפולוגי של הפרטים. הגדרה ודאית לרמת המין אפשרית, לעיתים, על ידי מומחה לקבוצה הספציפית בלבד. שיטת העבודה עם RTU מאפשרת מיון מהיר באופן יחסי, יעיל ואמין. מחקרים מצאו כי אבדן המידע במיון לרמת ה- RTU זניח בהקשר של שאלות אקולוגיות (לדוגמא: Ward and Stanley 2004).

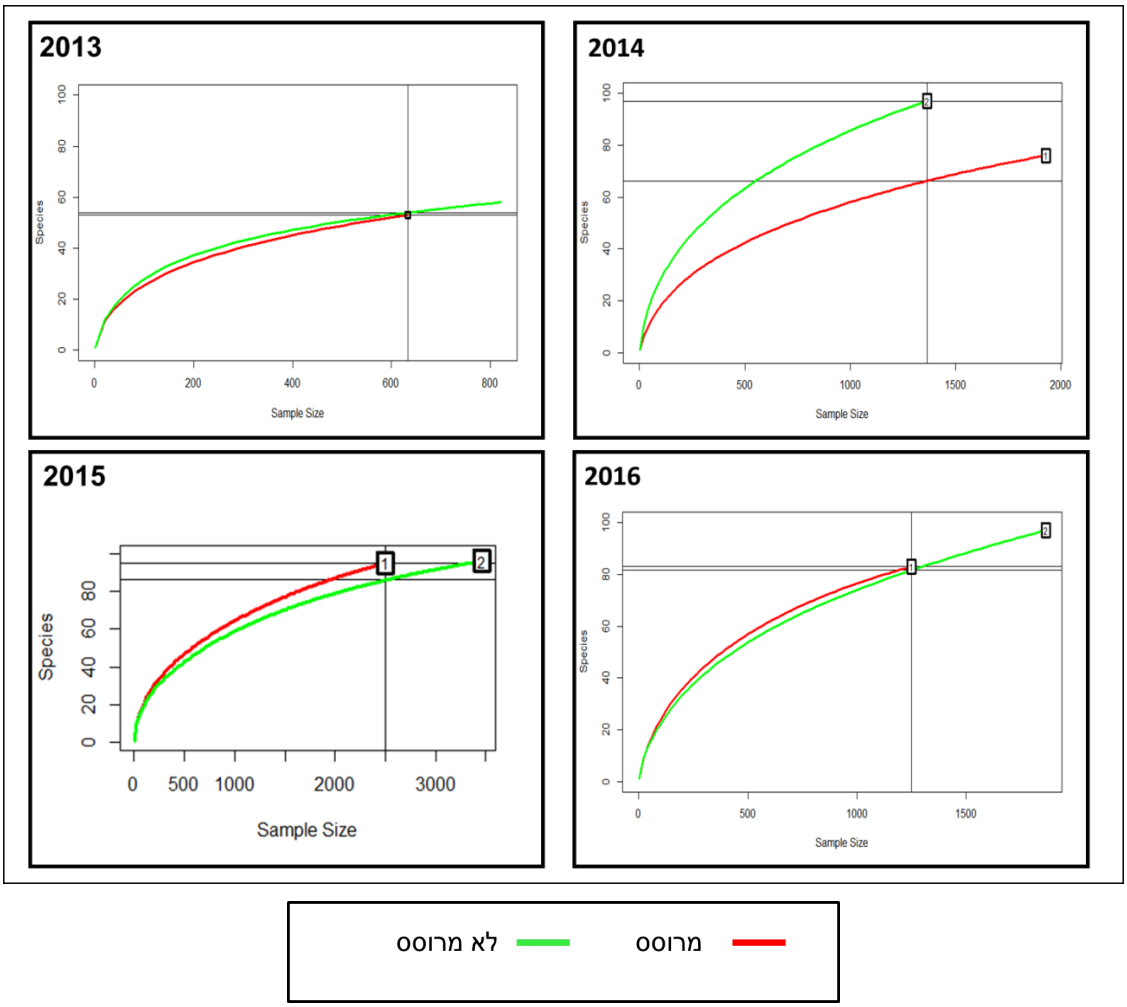
בבחינת השתנות רמות הדמיון של הרכב חברת פרוקי הרגליים הקרקעיים בין השטח המרוסס לשטח הלא מרוסס, עולה כי בין 2013 ל- 2014 רמת הדמיון ירדה באופן ניכר אך עלתה חזרה ואף גדלה ב- 2015. בדיגום 2016 רמת הדמיון עוד גדלה במעט (איור 2).

דמיון נמוך ←										→ דמיון גבוה
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
2016					0.56					
2015					0.55					
2014			0.32							
2013					0.52					



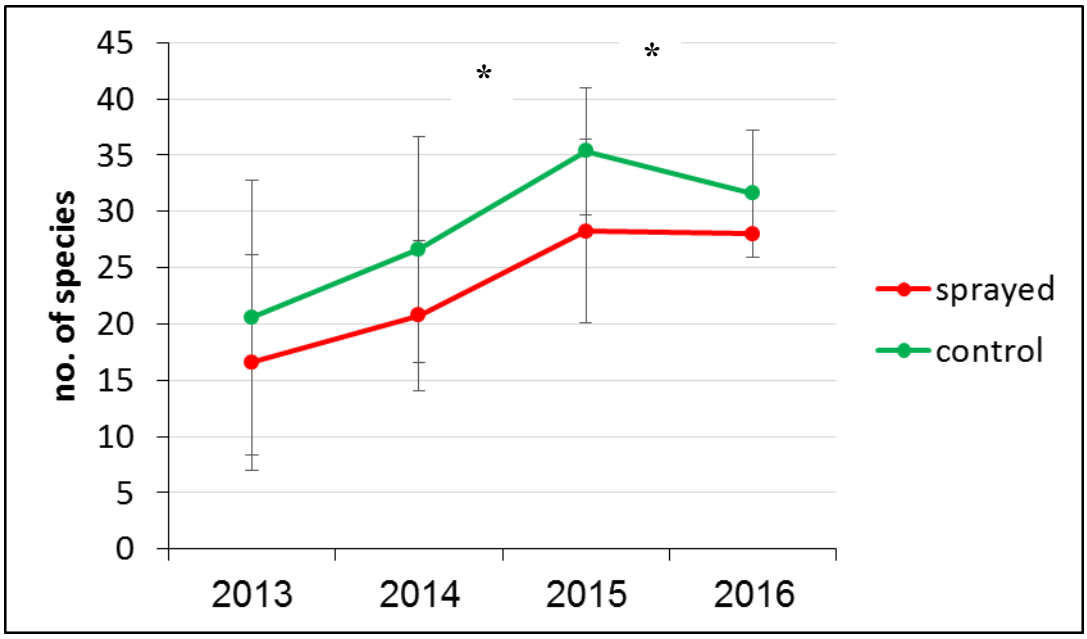
איור 2: השתנות רמות הדמיון בין השטח המרוסס לשטח הלא מרוסס בין השנים 2016-2013 (לפי Bray-Curtis similarity index).

בהשוואת יחס מספר המינים המצטבר למאמץ הדיגום, בין שני הטיפולים, עקומת היחס כמעט וזהה באביב 2013, שונה מאוד ב- 2014, מתקרבת שוב ב- 2015 וכמעט וזהה ב- 2016 (איור 3).

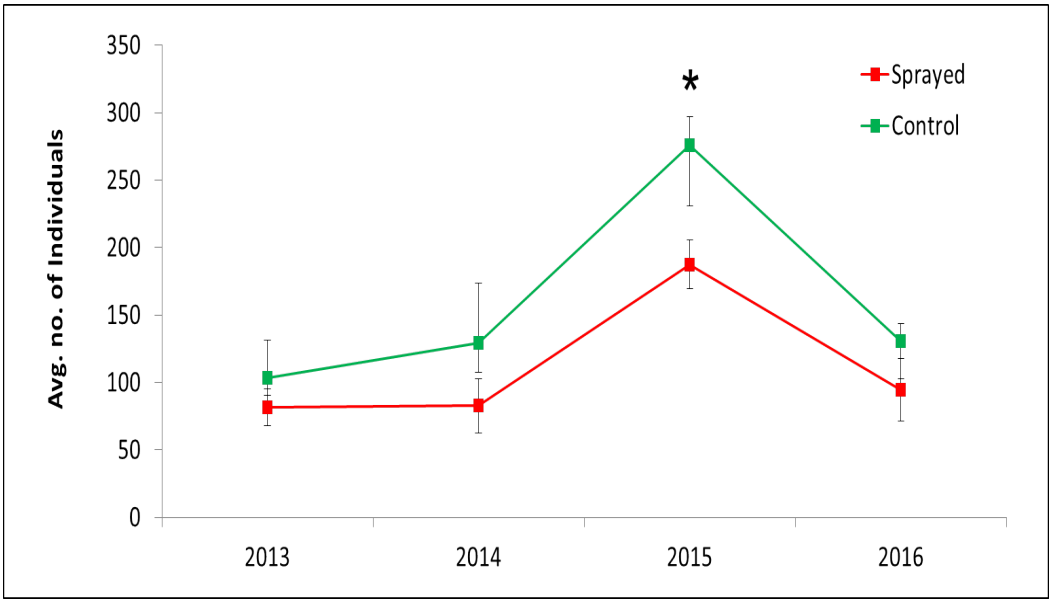


איור 3: עקומות ררפרקציה (Rarefraction) עקומת הצטברות מספר המינים במאמץ דיגום שווה בין השטח המרוסס לשטח הלא מרוסס בין השנים 2013-2016. **2013-2015**: $p<0.05$, **2016**: $p<0.01$ .EcoTest

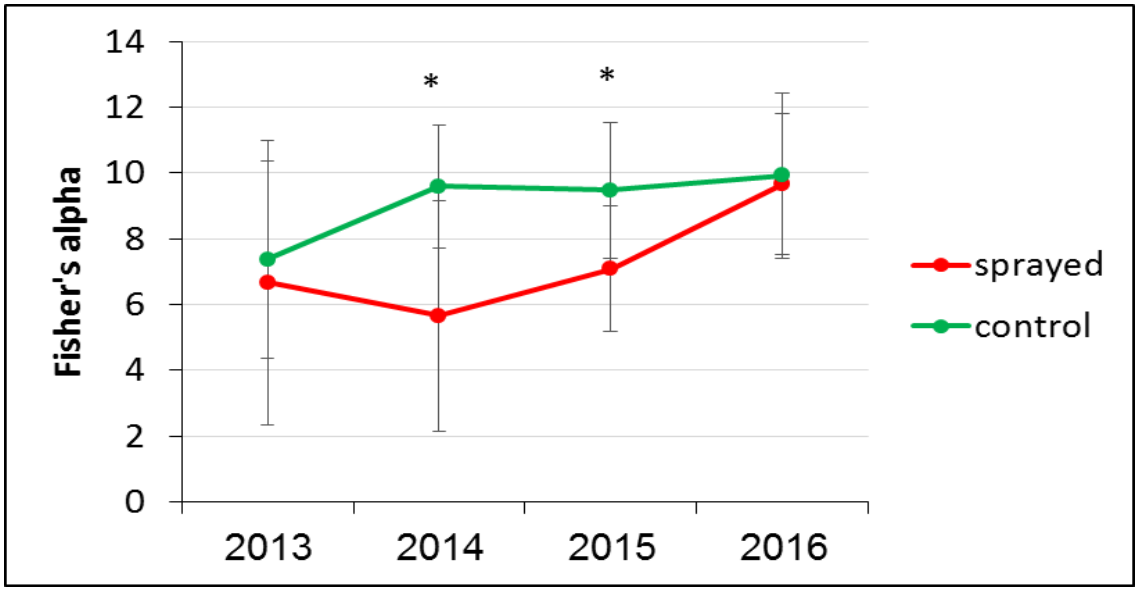
שלושה מדדים בסיסיים, מספר מינים, מספר פרטים ומדד המגוון פישר אלפא (איורים 4-6) מציגים מגמות זהות: באביב 2013, בכל המדדים, הערכים מעט גבוהים יותר בשטח הלא מרוסס. ב- 2014, המדדים הציגו בשטח הלא מרוסס ערכים גבוהים באופן מובהק בהשוואה לשטח המרוסס. באביב 2015, מגמה זו נשארת והשטח הלא מרוסס גבוה באופן מובהק מהמרוסס. באביב 2016, עדיין ערכי השטח הלא מרוסס בשלושת המדדים מעט גבוהים מהשטח המרוסס אך במידה מועטה ובאופן לא מובהק. מגמה נוספת שעולה מן התוצאות היא עלייה כללית במדדי המגוון בין 2013-2015, וירידה באביב 2016. ההסבר למגמתיות זו טמון בהשתנות כמות המשקעים בין השנים באזור, כפי שיוצג בדיון.



איור 4: השתנות ממוצע מספר המינים לחלקה בין השטח המרוסס לשטח הלא מרוסס בין השנים 2016-2013. **2013**: t-test, $t_{(7)}$=- 0.6, p=0.5, **2014**: t-test, $t_{(7)}$=0.50, p<0.05, **2015**: t-test, $t_{(7)}$=0.49, p<0.05, **2016**: t-test, $t_{(6)}$=-1.07, p=0.3



איור 5: השתנות ממוצע מספר הפרטים לחלקה (ללא נווטות) בין השטח המרוסס לשטח הלא מרוסס בין השנים 2016-2013. **2013**: t-test (7,7)=-0.6, p=0.5, **2014**: t-test, (7,8)=1.6, p=0.11, **2015**: t-test (8,8)=-2.99, p<0.05, **2016**: t-test (7,8)=-1.08, p=0.1

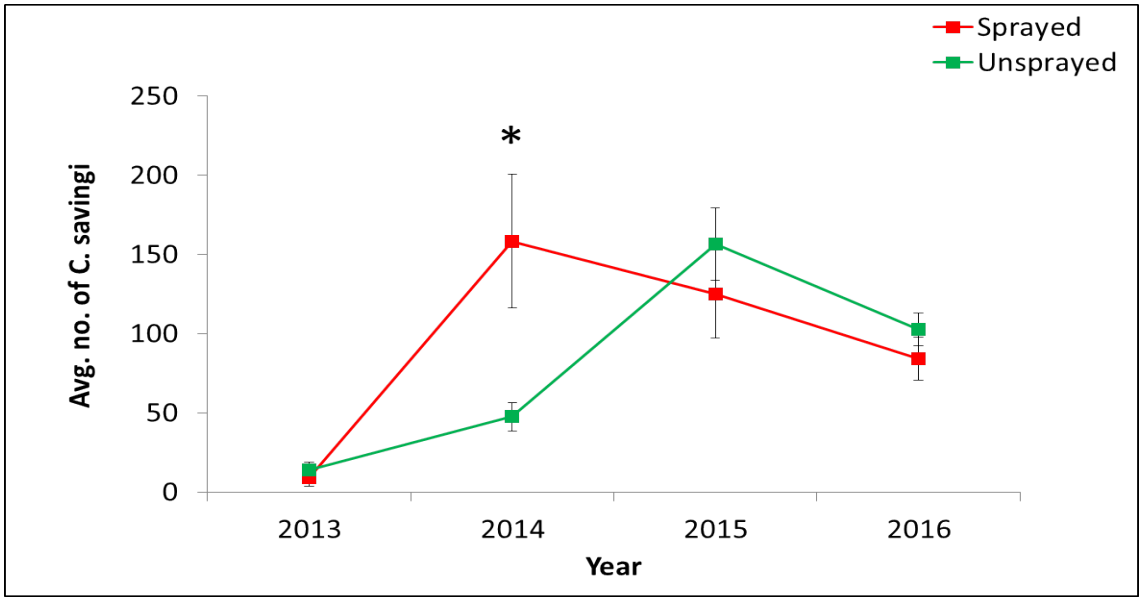


איור 6: השתנות ממוצע מדד המגוון אלפא פישר לחלקה בין השטח המרוסס לשטח הלא מרוסס בין השנים 2013-2016. **2013**: t-test, $t_{(7)}=-0.35$, $p=0.72$, **2014**: t-test, $t_{(6)}=0.49$, $p<0.05$, **2015**: t-test, $t_{(7)}=0.50$, $p<0.05$, **2016**: t-test, $t_{(6)}=-0.21$, $p=0.8$.

<u>אוכלוסיית הנווטות</u>

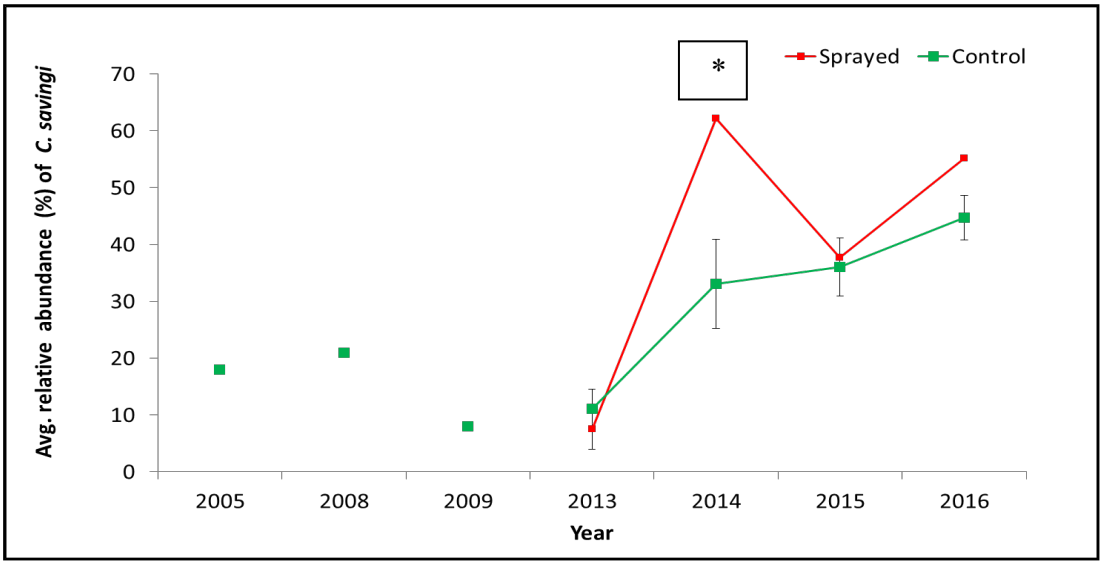
מעקב אחר השתנות גודל אוכלוסיית הנמלים הנווטות מהמין *Cataglyphis savigni* בשני הטיפולים, מעלה שינויים קיצוניים בין השנים (איורים 7-8). באביב 2014, ישנה עלייה משמעותית במספר הנווטות בשטח המרוסס ועלייה מתונה יותר בשטח הלא מרוסס. בעוד שבשנים הקודמות לריסוס, חלקן היחסי של הנווטות מכלל חברת פרוקי הרגליים עומד על 14.5% (רנן, מידע אישי), שנה לאחר הריסוס, בשטח המרוסס זינק חלקן היחסי של הנווטות לכדי 66% מכלל הפרטים שנדגמו. בחלקות הלא מרוססות חלה גם כן עלייה משמעותית בחלקן היחסי של הנווטות (24%) אך היא הייתה נמוכה באופן מובהק בהשוואה לשטח המרוסס (איור 8).

באביב 2015, חלקן היחסי של הנווטות ומספרן הכולל בשטח המרוסס ירד באופן חד אך בשטח הלא מרוסס המשיכה מגמת העלייה של חלקן בכלל החברה ובמספרן הכולל. בשנה זו צומצמו מאוד ההבדלים בין הטיפולים, בשני הפרמטרים. באביב 2016, גודל אוכלוסיית הנווטות ירד בשני הטיפולים, אך עלה בשניהם באופן יחסי לחברת שאר החרקים (התייחסות לעלייה זו, ראה בהמשך הדיון בסעיף השפעת המשקעים על חברת פרוקי הרגליים).



איור 7: מספר הפרטים הכולל של הנווטות בין השטח המרוסס לשטח הלא מרוסס בין השנים 2013-2016.

2013: cox-box transformation, t-test , t=-1.13, p=0.27, **2014**: Mann-Whitney, U=10, p<0.05, **2015**: t-test, t=-0.8, p=0.4, **2016**: t-test, t=-1.08, p=0.2.



איור 8: יחסן החלקי של הנווטת השחורה מכלל החברה בין השטח המרוסס לשטח הלא מרוסס בין השנים 2013-2016 ובשנים מוקדמות למחקר זה. **2013**: Mann-Whithney, U=17, p=0.3, **2014**: t-test, t(8)=2.85, p<0.05, **2015**: t-test, t(8)=0.19, p=0.8, **2016**: Mann-Whithney, U=26, p=0.8.

דיון

<u>השתקמות השטח המרוסס</u>

במהלך אביב 2013 בוצעו שני גלי ריסוס אינטנסיבי בחולות הנגב המערבי ברעל קוטל חרקים. כל אירוע ריסוס נמשך כשלושה שבועות, עם הפרש של כשבועיים בינהם. במהלך תקופה זו נחל לבן רוסס, לעיתים מספר פעמים ביום, ממטוסים ומשאיות ריסוס. לשם בחינת השפעת הריסוס על חברת פרוקי הרגליים הקרקעיים, נדגם במקביל לשטח המרוסס בגדות נחל לבן, שטח ביקורת לא מרוסס, זהה ככל האפשר מבחינה אקולוגית לשטח המרוסס. שטח הביקורת נועד להוות בסיס להשוואה עבור הרכב החברה בשטח המרוסס. העדר נתונים על הרכב החברה טרום הריסוס, מגדיל את חשיבות דיגום שטח הביקורת.

שיטות הניתוח השונות שנערכו הציגו מגמה ברורה וזהה בהשתנות הרכב החברה בשטח המרוסס מ- 2013 ועד 2016: שנה לאחר הריסוס, זוהתה פגיעה ברורה בחברת פרוקי הרגליים ושלוש שנים לאחר הריסוס ניכר שיקום כמעט מלא של החברה. בין שנים אלו חלו שינויים קיצוניים בגודל אוכלוסיית הנווטות בשטח המרוסס.

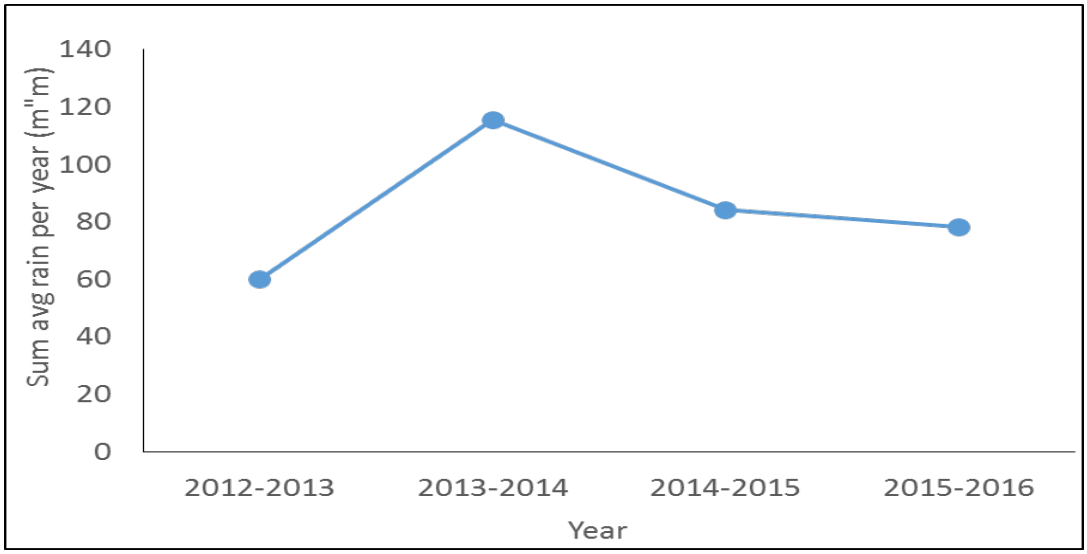
<u>אביב 2014, הבדלים קלים בין החברות</u>

כחמישים יום לאחר גל הריסוס הראשון נמצאו הבדלים קלים בלבד בהרכב החברות בין שני הטיפולים ומדדי המגוון היו אך במעט גבוהים בשטח שלא רוסס. ההסברים לכך שלא נראו הבדלים משמעותיים חמישים יום לאחר הריסוס ונראו רק בשנה העוקבת הם שניים: 1. הדיגום נעשה לאחר גל הריסוסים הראשון בלבד (בוגרים) ולפני גל הריסוסים השני (נימפות) שהיה אינטנסיבי יותר משמעותית, בייחוד בשטח הדיגום בגדות נחל לבן. כלומר, השינויים שנצפו באביב 2014 נבעו מהשפעת שני אירועי הריסוס יחד.

2. אבדן אחוז מסויים מאוכלוסיית פרוקי הרגליים כתוצאה מהריסוס עשוי להיות זניח בתקופה שלאחר הריסוס אך להיות משמעותי שנה אחרי הפגיעה באוכלוסייה כתוצאה ממכפלת הדור הבא. בתנאי סביבה מיטביים (מזון זמין, טמפרטורות גבוהות ולחות בקרקע) אוכלוסיית פרוקי-הרגליים גדלה במהירות, כפי שאכן ניכר בשטחים שאינם מרוססים. אביב 2013 היה מיטבי מבחינת תנאים אלו, אולם, בשעה שחברת השטח הלא מרוסס שיגשגה, נפגעה חברת השטח המרוסס ופחות פרטים תרמו את מכפלת הצאצאים לדור הבא. רק באביב 2014 גדל ההפרש בין גדלי החברות בשני הטיפולים במידה כזו שניתן היה לזהות זאת באופן מובהק.

<u>השפעת פרודוקטיביות השטח</u>

מספר המינים, כמו גם מספר הפרטים, מציגים מגמת עלייה בין השנים 2013-2015 בשני הטיפולים, אולם באביב 2016 מדדים אלה יורדים בשני הטיפולים. ההסבר לכך טמון ברמת הפרודוקטיביות של השטח שחווה עלייה בממוצע המשקעים בין 2013-2014 בהשוואה לשנתיים הקודמות באזור (איור 9) ופיזור גשמים מייטבי בחורף 2015 (מידע אישי). יש להדגיש שלאופן פיזור הגשם לאורך העונה, משמעות גדולה לעיתים אף מסך כמות המשקעים הכוללת באותה עונה. שלוש שנים עוקבות בהן מתרחשת נביטה ופריחה עשירה בחולות הנגב המערבי, הובילה לגידול הדרגתי ומשמעותי באוכלוסיות כלל המינים. העלייה במספר המינים שנדגמו בשנים 2013-2015 נובעת מגידול אוכלוסיות של מינים "נדירים" (בעלי אוכלוסיות קטנות, ראה איור 10) אשר מעלה את הסיכוי לדגום אותם.



איור 9: משקעים בשטח הדיגום בשנות הדיגום- לפי חורפים. מקור הנתונים: תחנת קדש-ברנע (http://www.meteo.co.il).

<u>שינויים קיצוניים בגודל אוכלוסיית הנווטות</u>

בדיגום אביב 2013, כחמישים יום לאחר הריסוס, מספר הנווטות בשטח הלא מרוסס קטן רק במעט בהשוואה לשטח המרוסס וחלקן היחסי בחברה נמצא מתחת לממוצע הרב שנתי. כלומר, ניכר כי לריסוס עצמו היתה השפעה שולית יחסית על אוכלוסיית הנווטות. שיגשוגן של נווטות בשטחים חקלאיים מרוססים מוכרת גם מעבודות במרכז הארץ (רנן, מידע אישי, דותן רותם, מידע בעל-פה).

שנה לאחר הריסוס, באביב 2014, מספרן הכולל של הנווטות גדל פי שלושה וחצי בשטח המרוסס בהשוואה לשטח שלא רוסס, 1227 לעומת 333 פרטים בהתאמה, והיווה כשני שליש מכלל הפרטים שנדגמו בטיפול זה. בבחינת נתוני שני מחקרים קודמים שנערכו באותה השיטה בחולות הנגב המערבי בעונת האביב, עולה כי בממוצע מהוות הנווטות 14.5% מכלל אוכלוסיית פרוקי-הרגליים הקרקעיים (רנן, 2007; רנן, ושותפיו, 2010). באביב 2014, בשטח המרוסס היוו הנווטת 66% מכלל האוכלוסייה ובשטח שאינו מרוסס 28%. מהשוואה זו ניתן להסיק כי גם השטח שלא רוסס הושפע מאירועי הארבה של אביב 2013.

ניתן להסביר את שגשוג הנווטות על-ידי מספר תכונות של המין: הנווטות משגשגות בשטחים מרוססים (לדוגמא, חקלאיים) כיוון שהמלכה, המתרבה, מוגנת בקן תת-קרקעי והשפעת הריסוס על אוכלוסיית הקן היא זמנית בלבד. כל עוד ישנו מזון זמין, תמשיך המלכה להטיל ביצים ואוכלוסיית הקן תגדל בהתאמה לזמינות המזון. תמותת הארבה הטבעית (בשטח נצפו אלפי פרטים בוגרים לאחר ימי ההטלה מתים בפתחי מחילות מכרסמים ובבסיסי שיחים) והתמותה בעקבות הריסוס יצרו כמות עצומה של מזון זמין עבור הנווטות הניזונות מפגרי חרקים. הנווטות מסוגלות לנצל גם פגרים יבשים לחלוטין כמזון עבור הרימות שבקן (בני שלמון, מידע בע"פ) ולכן גם שנה לאחר גלי הארבה, זמינות המזון בשטח גבוהה מאוד עבורן. נווטות מקינים שונים מגלות אגרסיביות לפרטים מקינים שכנים. התנהגות זו הינה אחד הגורמים המגבילים את מידת צפיפות הקינים, ועל כן מגבילה את גודל אוכלוסיית הנווטות בשטח. אולם, במצב של זמינות מזון גבוהה לקן, אוכלוסיית הקן גדלה ומלכה מתוך הקן עשוייה לפרוש יחד עם מספר פועלות ולהקים קן חדש בסמוך לקן האם. במקרה כזה, העשוי להתרחש מספר פעמים בקן האם, נוצרת מושבת על (Supercolony). בתוך מושבת העל האגרסיביות בין הפרטים מקינים שכנים נמוכה, או לא

קיימת, וצפיפות הפרטים בשטח עשויה לגדול משמעותית (Saar et al., 2014). בכל שנות הדיגום לא זוהו שינויים משמעותיים באוכלוסיות של נווטות ממינים קטנים יותר כדוגמת *C. lividus* ו- *C. albicans*, אשר ככל הנראה, בשל גודלן, מוגבלות ביכולתן לסחוב לקן פגרי ארבה.

באביב 2015 ירדה אוכלוסיית הנווטות בשטח המרוסס ירידה חדה. יש להניח כי הגורם לירידה נבע מניצול כל פגרי הארבה האכילים בשטח והתפתחות אוכלוסייה הגדולה יותר מיכולת כושר הנשיאה הטבעי של השטח- ללא תוספת פגרי הארבה (בעוד שבאביב 2014 נצפו פגרי ארבה רבים בשטח, לא נצפו פגרים באביב 2015, רנן, תצפיות אישיות). בדיגום 2016 המשיכה לרדת אוכלוסיית הנווטות בשטח המרוסס, ככל הנראה כתוצאה של המשך התאמת גודל האוכלוסייה לכושר הנשיאה לשטח שהמשיך להצטמצם בשנה זו כתוצאה ממיעוט בגשמים (ראה פירוט בהמשך).

יש להניח כי עליית גודל אוכלוסיית הנווטות בשטח הלא מרוסס ב- 2014 התרחשה כתוצאה מהעשרת השטח בפגרי ארבה שמתו באופן טבעי. יתכן שהעלייה המתונה יחסית בגודל האוכלוסייה מנעה את קריסתה לאחר ניצול כל פגרי הארבה, ובאביב 2015 המשיכה האוכלוסייה לגדול. רצף שלוש השנים הגשומות יחסית (חורפים 2012/13 עד 2014/15) העלו את כושר הנשיאה של השטח, כפי שניכר בגידול אוכלוסיית כלל פרוקי הרגליים בשנים אלו, ואפשר את המשך גידול אוכלוסיית הנווטות. חורף 2015/16 היה שחון באופן יחסי והוביל לירידה משמעותי בכושר הנשיאה של השטח כפי שניכר בגודל חברת פרוקי הרגליים- ובעקבותיהם של אוכלוסיית הנווטות.

<u>האם אתר הביקורת טוב מספיק בכדי ללמד על מצב החברה בשטח המרוסס?</u>

בבחירת חלקות ביקורת למחקר שטח השוואתי, נדרשות חלקות הדומות ככל האפשר מבחינה אקולוגית לחלקות עליהן נשאלת שאלת המחקר. במחקר זה, נבחר אתר סמוך (כקילומטר) לאתר המרוסס אשר למיטב הידיעה לא נפגע מהריסוס. בחירת חלקות הביקורת התבססה במקרה זה על שני מאפיינים מהותיים, מידת התייצבות הדיונות והרכב חברת הצומח בכל חלקה- אשר דמו במידה רבה לחלקות המרוססות בנחל לבן (ראה תמונות כל החלקות בנספח 2).

לאורך כל שנות הדיגום קיננה השאלה האם שטח הביקורת שנבחר דומה מספיק, מבחינה אקולוגית, לשטח המרוסס בכדי שניתן יהיה ליחס לו את הרכב החברה הלא פגועה האופיינית לשטח המרוסס?

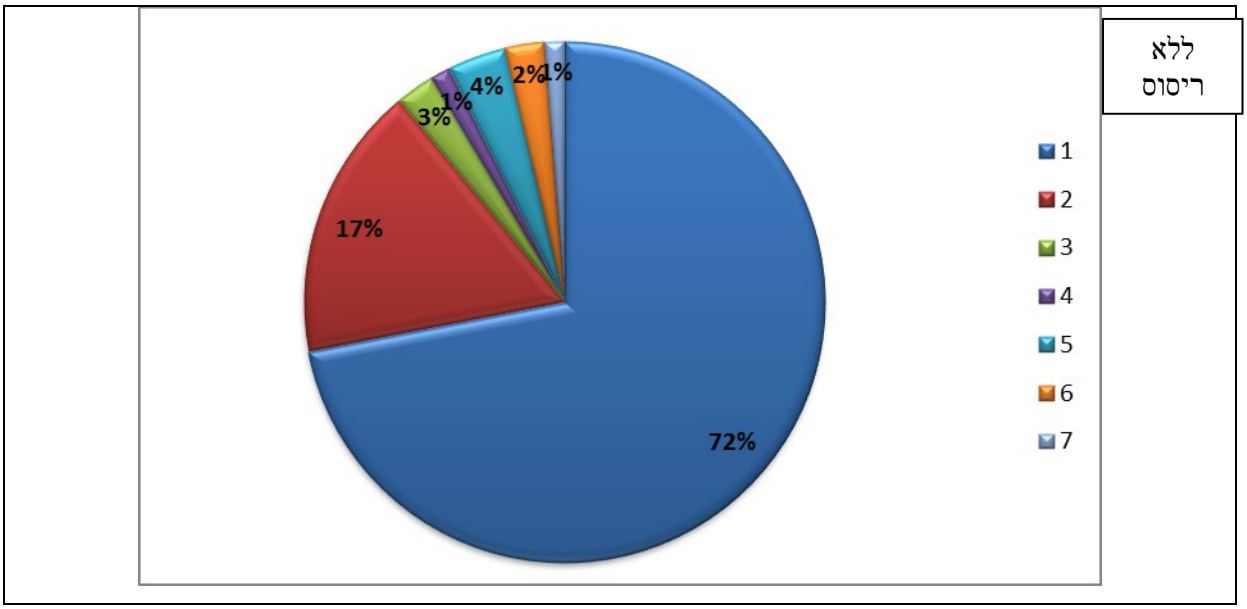
את התשובה – החיובית- ניתן היה לקבל בדיגום 2016, בשלב בו חברת פרוקי הרגליים בשטח המרוסס שוקמה במידה רבה. עושר המינים ושפע הפרטים של פרוקי הרגליים, לצד רגישותם של מינים רבים לתנאי הסביבה מאפשר לזהות במידה טובה את רמת הדמיון של המערכת האקולוגית בין אתרים שונים. במקרה של אתרים בעלי תנאים אקולוגיים שונים, יש לצפות למספר מינים דומיננטיים המאופיינים באוכלוסיות גדולות ומופיעים רק באחד מבתי הגידול, או בהבדל מספרי גדול בינהם.

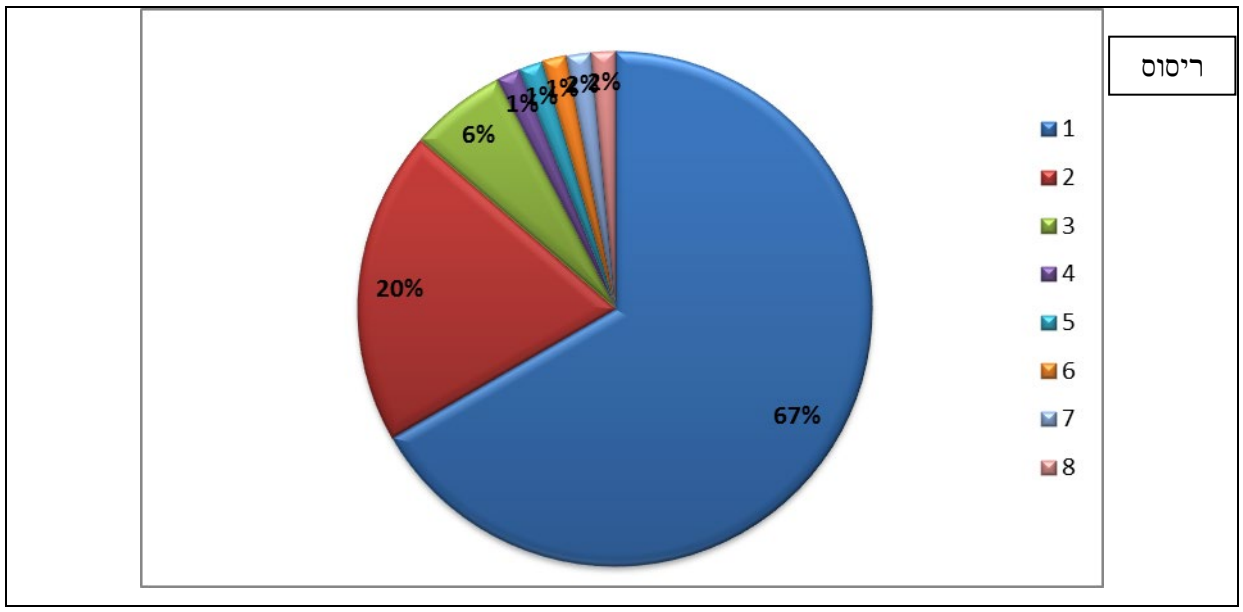
במחקר זה, כל המינים הדומיננטיים נדגמו בשני הטיפולים, אולם המינים הייחודיים לאתר אחד בלבד הינם, ללא יוצא מן הכלל, מינים נדירים (במונח "מינים נדירים" נתייחס כאן למינים המאופיינים באוכלוסיות קטנות באופן טבעי). בארבע שנות הדיגום, נמצאו 79 מינים יחודיים לאתר הביקורת ו-65 מינים יחודיים לאתר המרוסס. כאשר בוחנים את מספר הפרטים שנדגמו מכל אחד מהמינים היחודיים, עולה כי מדובר במינים נדירים בלבד: 71% ו- 66% מכלל המינים הייחודיים שנדגמו באתר הביקורת ובמרוסס, בהתאמה, מיוצגים על ידי פרט אחד בלבד, ועוד כ- 20% בשני פרטים (איור 10).

מכאן, שההבדלים במספר המינים בין הטיפולים באביב 2016 אינו מעיד על בית גידול שונה, אלא על סיכויי דיגום נמוכים של מינים נדירים אשר אוכלוסייתם בשטח המרוסס קטנה במיוחד. כאשר מינים המאופיינים באוכלוסייה דלילה נפגעו בריסוס, אוכלוסייתם התדלדלה אף יותר ובשל כך הסיכוי לדגום אותם קטן עוד יותר. קצב ההתאוששות של מינים בעלי אוכלוסיות קטנות הוא איטי משמעותית ביחס למינים המאופיינים באוכלוסיות גדולות. קצב גידול האוכלוסיות שנפגעו בריסוס תלוי במכפלה הבין דורית, ובמינים נדירים ייתכן שאף בסיכוי למפגש בין זוויגים. יש להדגיש כי למרות מאמץ הדיגום הגדול שנעשה, הדיגום לא מתיימר ללכוד את כל המינים בשטח.

נתונים אלו מבססים את המסקנה ששלוש שנים לאחר הריסוס, חברת פרוקי הרגליים בשטח המרוסס נמצאת בשלבי שיקום מתקדמים. אולם, ערכי מספר הפרטים והמינים, אשר עדיין מעט גבוה יותר בשטח הלא מרוסס, מעידים כי תהליך השיקום עדיין לא מלא וכי לפחות אוכלוסיות המינים הנדירים בשטח המרוסס עדיין בעיצומו של תהליך התאוששות. מכאן ייתכן כי ישנם גורמים נוספים במערכת האקולוגית שעדיין לא השתקמו, אם מתוך השפעה ישירה של הריסוס או אם כתוצאה מפגיעה בתפקוד פרוקי הרגליים בתוך המערכת.

בנוסף, ניתן להעריך כי מינים מדבריים, המותאמים לרצף שנים שחונות ולהשתנות קיצונית של הסביבה, מסוגלים להתמודד עם צמצום קיצוני של גדלי אוכלוסיות ולהשתקם מחדש בשנים ברוכות גשם.





איור 10: התפלגות מספר הפרטים שנדגמו מכלל המינים הייחודיים לכל טיפול.

סיכום ומסקנות

דוח זה מציג תהליך התאוששות ושיקום של חברת פרוקי הרגליים אשר נפגעה מריסוס שטחים נרחבים בחולות הנגב המערבי באביב 2013. במערכת האקולוגית הפגועה חלו תהליכים שונים שכללו גידול אוכלוסייה הדרגתי של רוב פרוקי הרגליים הקרקעיים, זינוק וקריסה של אוכלוסיית הנווטות ופגיעה ארוכת טווח במינים בעלי אוכלוסיות קטנות. שלוש שנים לאחר הפגיעה המשמעותית שחוותה המערכת האקולוגית, ניתן להתרשם כי חברת פרוקי הרגליים נמצאת במגמת שיקום ברורה וניתן להעריך כי בשנים הקרובות תהליך השיקום יימשך.

בשל תפקידם המשמעותי והמורכב של פרוקי הרגליים בתוך המערכת האקולוגית החולית, יש להסיק כי השינויים בהרכב החברה שחלו בשטח המרוסס משפיעים במידה כזו או אחרת על כלל המערכת האקלוגית. מידת וטווח השפעת הריסוס על המערכת אינם ידועים, אך ניטור פרוקי הרגליים אפשר זיהוי של השפעה נרחבת.

כפי שלמדנו מדוח זה, להפרעות קיצוניות במערכת האקולוגית, כדוגמת הריסוס, ייתכנו השפעות ארוכות טווח אשר קשה לצפות בזמן אמת. על-כן, לניטור ארוך טווח ישנה חשיבות רבה בהבנת המערכת האקולוגית ככלל ותפקודה תחת הפרעות בפרט. לאור זאת ובשל מגמת השיקום הברורה העולה מתוצאות הניטור, נמליץ להמשיך ולנטר את השפעת הריסוס על חברות פרוקי הרגליים בחולות הנגב המערבי בטווח של 3 שנים, באביב 2019.

תודות

עובדי שטח ומעבדה: נועה נבו, טהר רות, עמרי שליו, כרמל הרולד, יעל לשנו, תום בלומן, קארה ויסוסר, כפיר גלדעד, שחר ארגמן, טל שגיא וגל שריג. עובדי רט"ג: ערן היימס, עמירם כהן, ד"ר אסף צוער, ד"ר אודי קולומבוס. המכונים לחקר המדבר: פרופ' יעל לובין, ד"ר יורם איל, ד"ר איתמר גלעדי. אוסף החרקים הלאומי, אוניברסיטת תל-אביב: פרופ' אברהם חפץ, פרופ' ולדימיר צ'יקטונוב, ד"ר אמנון פרידברג , ד"ר ארמין יונסקו, ד"ר משה גרשון, ד"ר טניה נובוסלסקי, עוז ריטנר, תרצה שטרן, ליאוניד פרידמן. ולד"ר בני שלמון.

מקורות

רנן, א., פרידברג, א., גרונר, א. ובר (קותיאל), פ. 2010. שינויים מהירים בפאונת פרוקי הרגליים בחולות הנגב בעקבות ייצוב הדיונות. אקולוגיה וסביבה 2: 139-134.

רנן, א. 2007. ייחודן של חברות פרוקי הרגליים בבתי גידול חוליים שונים. עבודת סמינר, אוניברסיטת בן גוריון בנגב.

A World Compendium: The Pesticide Manual. 1997. Tomlin, C.D.S. (Ed.); British Crop Protection Council: Farnham, Surrey, UK, pp 300-302.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9 pp.

Environmental Health Criteria. 1990. World Health Organization. Cyhalothrin, Geneva, Switzerland.

Pesticide Tolerances Federal Register . 1998. Lambda-cyhalothrin: 63 (30): 7291-7299.

Cayuela, L. and Gotelli, N.J. 2015. Ecological and Biogeographical Null Hypotheses for Comparing Rarefaction Curves. Package 'rareNMtests'. Available at: https://cran.r-project.org/web/packages/rareNMtests/rareNMtests.pdf.

Oksanen, J., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, B., Stevens, M. H. H., Oksanen, M. J., & Suggests, M. A. S. S. 2007. The vegan package. Community ecology package, 10.

Saar, M., Leniaud, L., Aron, S. and Hefetz A. 2014. At the brink of supercoloniality: genetic, behavioral, and chemical assessments of population structure of the desert ant Cataglyphis niger. Frontiers in Ecology and Evolution, 2. e 00013.

Team, R. C. 2013. R: A language and environment for statistical computing.

Toth, S.J., Jr.; Sparks, T.C. 1990. Effect of temperature on toxicity and knockdown activity of cis-Permethrin, Esfenvalerate, and λ-Cyhalothrin in the Cabbage Looper (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol: 83: 342-346.

Ward, D. F., & Stanley, M. C. 2004. The value of RTUs and parataxonomy versus taxonomic species. *New Zealand Entomologist*, *27*: 3-9.

נספחים

נספח 1: מידע בסיסי על חומר הריסוס

רעל החרקים בו השתמשו נציגי משרד החקלאות בריסוס נחילי הארבה נקרא קארטה (Karate). הקארטה מבוסס על הרעל Lambda-cyhalothri המכיל פירטרואיד (pyrethroid), תרכובת אורגנית הפוגעת במערכת העצבים של החרקים הנחשפים לחומר במגע ישיר וגורמת לשיתוק ולמוות (Environmental Health Criteria, 1990). יעילות החומר עולה עם העלייה בטמפרטורת הסביבה (Toth and Sparks, 1990). החומר מתפרק בשטח(כתלות בתנאי האקלים וריכוז החומר תוך שעות או ימים ספורים (Environmental Health Criteria, 1990). ההשפעה על חולייתנים זניחה גם בחשיפה ישירה לחומר וגם עם בליעה של כמות גדולה מהחומר ולכן לא צפויות הרעלות ישירות או הרעלות משניות של חולייתנים (Environmental Health Criteria 1990; Pesticide Tolerances Federal Register, 1998). הרעל משמש מלבד ריסוס גם כחומר דוחה חרקים (A World Compendium: The Pesticide Manual, 1997).

נספח 2: נקודות הציון ותמונות 16 החלקות ביום הדיגום אביב 2015.

מספר חלקה	מיקום	נ.צ	תמונה
1	לא מרוסס	30.945405,34.423647	
2	לא מרוסס	30.944832,34.426375	
3	לא מרוסס	30.931593,34.432506	

	30.944878,34.432414	לא מרוסס	4
	30.944286,34.435814	לא מרוסס	5
	30.944731,34.438907	לא מרוסס	6
	30.945003,34.440698	לא מרוסס	7
	30.945733,34.421880	לא מרוסס	8
	30.930582,34.429407	מרוסס	9
	30.930961,34.430698	מרוסס	10

	30.930981,34.433697	מרוסס	11
	30.930980,34.434321	מרוסס	12
	30.931047,34.435200	מרוסס	13
	30.928673,34.439488	מרוסס	14
	30.929593,34.441931	מרוסס	15
	30.930712,34.427717	מרוסס	16

נספח 3: רשימת מיני וסוגי החיפושיות שהוגדרו מדיגומי המחקר.

(Tenebrionidae) שחרוריתיים	**(Carabidae) רצניתיים**	**(Chrysomelidae) עליתיים**
Adelostoma sp.	*Amara* sp.	*Entomascellis sacra*
Adesmia dilatata	*Atlantomasoreus groneri*	*Chrysolina bicolor*
Adesmia metalica	*Cymindis sp.*	*colaphus palestinus*
Arthrodeis rotundatus	*Colosoma olivery*	**(Buprestidae) ברקנתיים**
Blaps bifurcata	*Discoptera arabica*	*Acmaeoderella maculipennis*
Blaps judaica	*Dromius sp.*	**(Coccinellidae) מושיתיים**
Blaps nitens	*Graphiterus serrator*	*Coccinela septempunctata*
Catomus acutipennis	*Graphiterus multyguttatus*	*Lithphilus ovipennis*
Catomus sp.	*Heteracantha depressa*	**(Anobiidae) אנוביתיים**
Cyptus aegyptiacus	*Platyderus* sp.	*Pleurophorus anatolicus*
Erodius dejeani	*Microlestes* sp.	*Ptinus variegatus*
Erodios gibbus	*Scarites eurytus*	*Ptinus* sp.
Erodios hebraicus	*Sphodrus leucophthalmus*	**Cryptophagidae**
Erodios puncticollis	**(Curculionidae) חידקוניתיים**	*Atomaria gibbula*
Eurycauaus henoni	*Ammocleonus hieroglyphicus*	**(Scarabaeidae) זיבליתיים**
Eutagenia sp.	*Brachiserus spinicollis*	*Aphodius* sp.
Eutagenia cribricollis	*Brachypera isabellina*	*Hemichaetoplia gossypiata*
Gonocephalum sp.	*Borborocoetes sp.*	*Paratriodonta olivieri*
Machlopsiscre crenatocostata	*Conorrhynchus mimosa*	*Pleurophorus anatolicus*
Mesostena angustata	*Conorhynchus palumbus*	*Tropinota squalida*
Omophlus ocularis	*Ceutorhynchus chobauti*	**Glaphyridae**
Pimelia angulata	*Ceutorhynchus sp.*	*Eulasia dilutipennis*
Pimelia bohemi	*Eremiarhinus guyoti*	**(Dermastidae) עוריתיים**
Pimelia canescens	*Eremobaris picturata*	*Attagenus lobatus*
Pimelia mitteri	*Eremiarhinus* sp.	*Attagenus leprieri*
Pimelia orientalis	*Larinus siculus*	*Attagenus obtusus*
Pimelia theveneti	*Larinus* sp.	*Thorictus foveicollis*
Prionotheca coronata	*Lixus rosenschoeldi* (?)	*Thorictus orientalis*
Pseudoseriscius maculosus	*Lixus nubianus*	
Pterolasia squalida	*Lixus* sp.	
Tenterina orbiculata	*Maximus mimosae*	
Trachyderma philistina	*Porocleonus candidus*	
Thriptera asphaltidis	*Rhytideres plicatus*	
scaurus puncticollis	*Theanellus* sp.	
Scleron sp.	**(Elateridae) נתוזיתיים**	
Stenosis sp.	Cardiophorus negevensis	
Trachiderma sp.	*Isidus letourneuxi*	
Zophosis complanata	*Lacon candezei*	
Zothosis pharaonis		
Zophosis punctata		
Zophosis sp.		