

## נמלת הקציר כמהנדסת סביבה

מעובד מתוך: מור-מוסרי ע., לואי ס., בר (קותיאל) פ. ובדובסקי א. (2016). השפעתה של נמלת הקציר על הקרקע והצמחייה בצפון הנגב. אקולוגיה וסביבה 5 (4), עמ' 336-349.

### מבוא

רעיית יתר הינה מצב בו צמחים נחשפים לרעייה מוגברת למשך זמן ארוך וכתוצאה מכך נפגעת יכולת ההתחדשות של הצמחייה (איור 1). לרעיית יתר יש השפעה שלילית על המערכת האקולוגית בנגב ובאזורי מדבר אחרים בעולם. השפעה זאת מתבטאת בירידה במגוון מיני הצומח והחי ובפגיעה בתכונות הקרקע. במצבים קיצוניים – כמו באזורים נרחבים בצפון הנגב – שיקום השטח, לאחר רעיית יתר, אינו יכול להסתמך על תהליכים טבעיים, ומצריך את התערבות האדם על-ידי שינוי שיטת הממשק (כלומר הניהול של השטח). השיטה המקובלת לשיקום שטח שנפגע מרעיית יתר, היא הקפת השטח הפגוע בגדר על מנת למנוע רעייה למשך מספר שנים. שיטה זו בעייתית בשל הזמן הרב הנדרש לשיקום, העלות הגבוהה וכן משום שהתושבים באזורים אלה תלויים ברעייה כמקור פרנסה. גישה משלימה המאפשרת קידום מהיר יותר של תהליכי השיקום הטבעיים, מבוססת על שימוש ב"מהנדסי סביבה". מהנדס סביבה הוא אורגניזם שמשנה, יוצר או הורס בית גידול, ומשפיע באופן ישיר או עקיף על זמינות משאבים למינים אחרים על-ידי יצירת שינוי בגורמים ביוטיים ואביוטיים.



איור 1. בתת ספר ערבית. מימין – שטח עם רעייה מתונה. משמאל שטח עם רעיית יתר



נמלת קציר היא סוג במשפחת הנמלים. זהו סוג עשיר במינים ואחד מסוגי הנמלים הבולטים ביותר בנוף ארץ ישראל. נמלת הקציר כוללת יותר ממאה מינים. בישראל יש כ-20, וביניהם ניתן למנות:



איור 2: נמלת קציר שחורה (תמונה עליונה) ונמלת קציר חולית (תמונה תחתונה)

נמלת קציר שחורה: נמלה שחורה ומבריקה הנפוצה באזורים רבים בארץ  
נמלת קציר חולית: נמלה שחורה ושעירה, הנפוצה במישור החוף ובאזורים המדבריים בארץ.

## מטרת המחקר

במאמר זה תיבחן השפעתה של נמלת הקציר כמהנדסת סביבה ותרומתה לשיקום שטח שעבר רעיית יתר, בהשוואה להשפעתם של בני שיח (שיחים נמוכים שגובהם לא עולה על 50 ס"מ). שאלות המחקר היו: מה הקשר בין סוג הרעייה (רעייה מתונה/ רעיית יתר) לבין מספר וגודל כתמי נוף עם קני הנמלים/ בני שיח? מהי השפעת נמלת הקציר כמהנדסת סביבה על שטחי רעייה מתונה (שהתאוששו מרעיית יתר), בהשוואה להשפעת בני שיח? על מנת לבדוק זאת נבחנו ההיבטים הבאים:

א. מספר כתמי נוף שבהם קני נמלת הקציר או בני שיח וגודלם בשטח עם רעיית יתר ובשטח עם רעייה מתונה. ב. מדדים אקולוגיים המעידים על השפעת קני הנמלים על מאפייני בצומח ועל פוריות הקרקע, בשטח עם רעייה מתונה. המדדים האקולוגיים כללו:

א. גורמים ביוטיים - מאפייני הצומח: מגוון מינים, כמות וגודל שיחים, וביומסה של עשבונים חד שנתיים. ב. גורמים אביוטיים - פחמן אורגני, מינרלים בקרקע (חנקן וזרחן) ותאחיזת מים (היכולת של הקרקע לאגור מים).

## סביבת המחקר

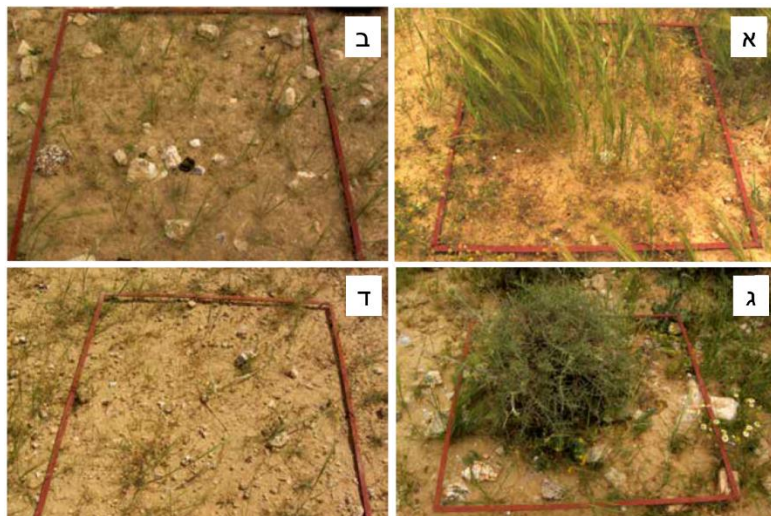
המחקר נעשה באזור חירן, מצפון ליישוב הבדואי חורה ומדרום ליער יתיר שבצפון הנגב. האזור מאופיין בגבעות בגובה עד 250 מטר מעל פני הים, בקרקע חולית-חרסיתית ובאקלים מדברי. המחקר נערך בין השנים 2008 ו-2010. שנת 2009 מייצגת שנת בצורת בהשוואה ל-2008, מכיוון ששנה זו התאפיינה בפזיז גשמים לא אחיד לאורך העונה. מבחינת הצומח, האזור מוגדר כבתת ספר ערביתית\* שהייתה נתונה עשרות שנים לרעיית יתר לא מבוקרת עד לשנת 1992. כתוצאה מכך, השטח מכוסה בכיסוי צומח נמוך, ובעקבות זאת מאופיין גם בסחף קרקע ובהיווצרות חריצים וערוצים. בשנים 1992-1994 הוקמו באזור מספר חוות בודדים, בהן הושם דגש על רעייה בת קיימא (רעייה מתונה) שתשמור על הקרקע מפני סחף ותעלה את פוריותה. לאחר הקמת החוות החל בשטחי הרעייה שלהן שיקום הדרגתי בפוריות הקרקע, בעוד שבשטחים בסביבתן המשיכה רעיית יתר וכתוצאה מכך הייתה ירידה משמעותית של כיסוי הצומח והגברה של סחף הקרקע.

לצורך בחינת השפעתן של הנמלים על הקרקע והצומח בשטחים של לרעיית יתר ושל רעייה מתונה, נבחרו שני שטחים מייצגים, בגודל 15 מטר על 15 מטר כל אחד, שכ-25% מהם מכוסים סלעים, כולם בעלי מפנה דרומי ובהם מגוון צמחים דומה כולל בני שיח. שטח אחד שהתאפיין ברעייה מתונה ונמצא בתחומי "חוות יתיר", והשטח השני נמצא 200 מטר מזרחית לו, מחוץ לתחומי החווה, באזור שהתאפיין ברעיית יתר.

## שיטות מחקר

אזורי בתת ספר ערביתית מתאפיינים בכתמי נוף, כלומר, יחידות שטח קטנות המובדלות מסביבתן. בשני שטחי המחקר (רעייה מתונה ורעיית יתר) זוהו כתמי נוף, מסוגים שונים: א. שטח שיש בו רק פעילות נמלים. ב. שטח המכיל שיחים או בני שיח. ג. שטח המכיל עשבונים רב שנתיים. כתמים אלו כונו **כתמי נוף יחידאיים** משום שהופיעה בהם רק קבוצה אחת – קני נמלים, או שיחים/בני-שיח או עשבונים. לעיתים נצפו **כתמי נוף מורכבים** שכללו בתוכם

מספר מרכיבים (ראו איור 3). בין כתמי הנוף הוגדר השטח כתווך שבו לא נמצאו כל הנ"ל. בכל שטח נספרו כמה כתמי נוף מכל סוג וחושב האחוז שלהם מתוך כלל הכתמים בשני שטחי המחקר. לשם חישוב שטח הכתם נערכה מדידה של הציר האורכי והרוחבי של כתם הנוף וחושב שטחו. הערכת גודל קני הנמלים התבססה על השטח שבו ניכרת פעילות הנמלים (מיקומם של חורי כניסה, שפכי קרקע וכדומה).



**איור 3.** דוגמאות לכתמי נוף שהוגדרו במחקר (ממדי מסגרת הברזל – 0.5 0.5 מטר):

א. קן נמלים בשטח הרעייה המתונה. כתם מורכב הכולל קן נמלים וצמחיה עשבונית חד שנתית;

ב. קן נמלים בשטח תחת רעיית יתר;

ג. כתם נוף עם בני שיח

ד. התווך שבין הכתמים



כתם מורכב: כל כתם נוף שהכיל יותר מקבוצה אחת

(למשל, קן נמלים ביחד עם בני שיח)

### שיטות – חישוב המדדים האקולוגיים

במטרה לבדוק את יעילות נמלת הקציר כמהנדסת סביבה בהשוואה לבני שיח כמהנדסי סביבה, הושאו מספר מדדים אקולוגיים, ביוטיים ואביוטיים בשטחים בהם נמצאו קני נמלים, בשטחים בהם נמצאו בני שיח ובשטחים הפתוחים שביניהם. מדדים אלו נבחנו רק בשטחי רעייה מתונה.



איור 4. משתן / מלפ - מתנן שעיר

א. מדידת הגורמים הביוטיים - השפעת קני הנמלים על מאפייני הצומח.

מגוון מינים - הוערך על ידי אחוז כתמי הנוף המורכבים בין כתמי הנוף המכילים קני נמלים ובכתמי הנוף המכילים בני שיח.

מאפייני השיחים - מדידת גודל החופה (נפח חלקי הצמח הנמצאים מעל הקרקע) של מתנן שעיר כמייצג של קבוצת השיחים.

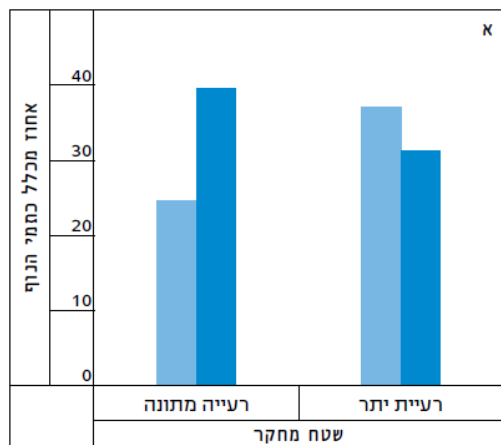
מדידת הבימוסה של הצמחים החד-שנתיים - הבימוסה של הצמחים החד-שנתיים הוא מדד מאפיין לזיהוי תהליכי מדבור או תהליכי שיקום באזורי מדבר. הבימוסה היא מסת החומר האורגני הנמדדת ביחידת מסה לשטח. את הבימוסה מודדים ע"י קצירת הצמח החד שנתי בשטח מוגדר, ייבוש הצמח ושקילתו. הייבוש חשוב על מנת שכמות המים בצמח לא תשפיע על המסה הנמדדת. במחקר נקצרו דגימות אקראיות של צמחים חד-שנתיים משטחים מלבניים בגודל 30X20 ס"מ משולי כתמי נוף המכילים קני נמלים או בני שיח ומהתווך (חמש דגימות מכל כתם נוף או תווך). הדגימות יובשו ב-60 מעלות למשך 48 שעות ונשקלו. המשקל היבש (כלומר הבימוסה) הוא ביחידות של ק"ג/מ"ר.

ב. מדידת הגורמים הא-ביוטיים – השפעת קני הנמלים על פוריות הקרקע

בשטח הרעייה המתונה נאספו שלוש דגימות קרקע מכל כתם נוף (המכיל קני נמלים או מכיל בני שיח) ומהתווך. הדגימות נאספו מ-20 הס"מ העליונים של הקרקע. בדגימות נבדקו ריכוזים של חומרי הזנה בעלי חשיבות למערכת האקולוגית המדברית - חומר אורגני (פחמן), חנקן וזרחן. בנוסף נבדקה תאחיזת המים בקרקע המתבטאת ביכולת של הקרקע לאגור מים. תאחיזת מים הינה חיונית במערכת האקולוגית המדברית עקב מיעוט המשקעים המאפיין אזור זה. תאחיזת המים נבדקה על ידי מדידת ערך קיבול שדה המייצג את כמות המים הזמינים לצמח.

## תוצאות

### מספר כתמי נוף של קני נמלת הקציר מול בני שיח בשטח עם רעיית יתר ובשטח עם רעייה מתונה

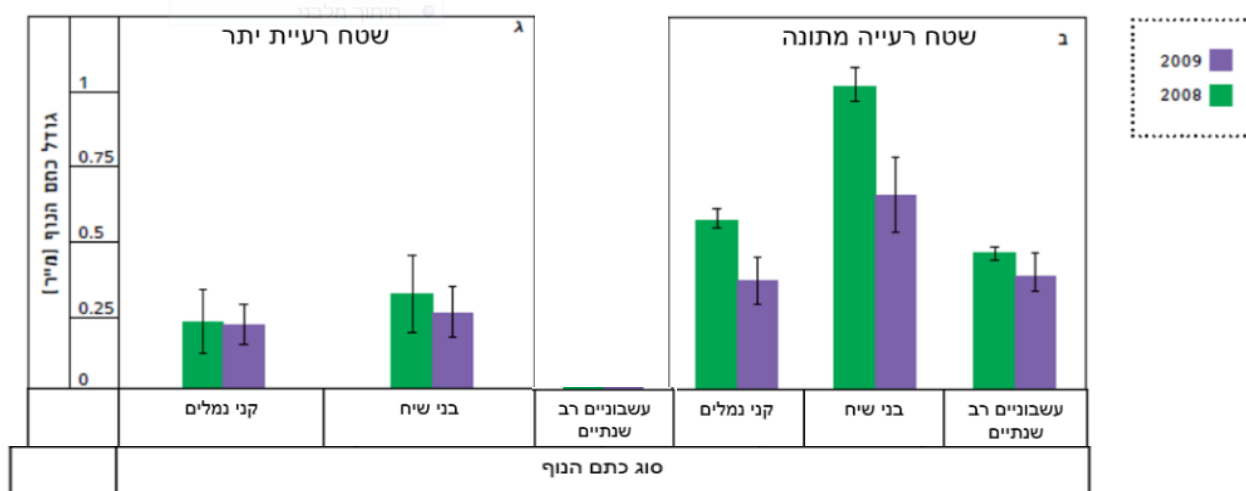


איור 6א. אחוז הכתמים המכילים קנים או בני שיח מכלל כתמי הנוף בשטח רעיית יתר ובשטח רעייה מתונה באביב 2009.

כבר בתצפיות המקדימות למחקר ניתן היה להבחין בתפוצה רבה של כתמי נוף המכילים קני נמלים בהשוואה לכתמים המכילים בני שיח בשטח בו קיימת רעייה מתונה. באיור 6א ניתן לראות שבשטח הרעייה המתונה נצפו יותר כתמי נוף של קני נמלים ביחס לכתמי נוף של בני שיח (40% ו-25% בהתאמה) לעומת השטח של רעיית היתר בו נמצאו יותר כתמי נוף של בני שיח בהשוואה לקני נמלים.

## גודל כתמי הנוף בשטח עם רעיית יתר ובשטח עם רעייה מתונה

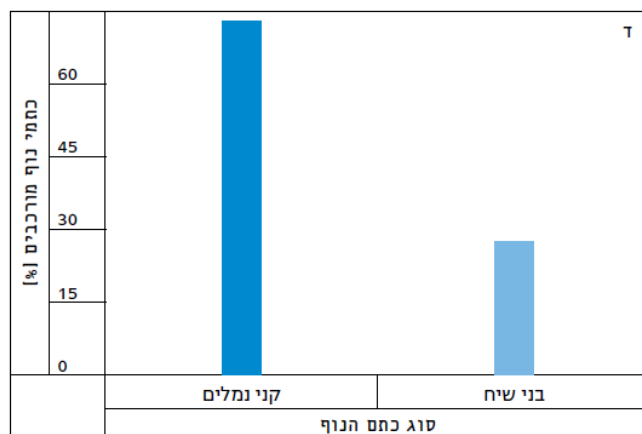
בשטח רעיית היתר (איור 6 ג) נמצאו כתמי נוף קטנים ויחסית דומים בגודלם של בני שיח ושל קני הנמלים. שנת 2009 הייתה שנת בצורת ביחס ל-2008 ונמצא שהייתה ירידה מובהקת בגודל כתמי בני שיח וקני הנמלים. הדבר ניכר בעיקר בשטח הרעייה המתונה (איור 6 ב). מאיור 6 ב ו-6 ג ניתן ללמוד כי במעבר מרעיית יתר לרעייה מתונה חל גידול בשטח כתמי הנוף המכילים קני נמלים ובני שיח, ובנוסף מופיעים בשטח גם כתמי עשבוניים רב-שנתיים.



איור 6. גודל כתמי הנוף בשטח הרעייה המתונה באביב 2008 ו-2009 (שנת בצורת) איור 6. ג. גודל כתמי הנוף בשטח רעיית היתר באביב 2008 ו-2009 (שנת בצורת).

## מדדים אקולוגיים המעידים על השפעת הנמלים על פוריות הקרקע בשטח עם רעייה מתונה

א. גורמים ביוטיים - מאפייני הצומח: מגוון מינים, מאפייני שיחים וביומסה.

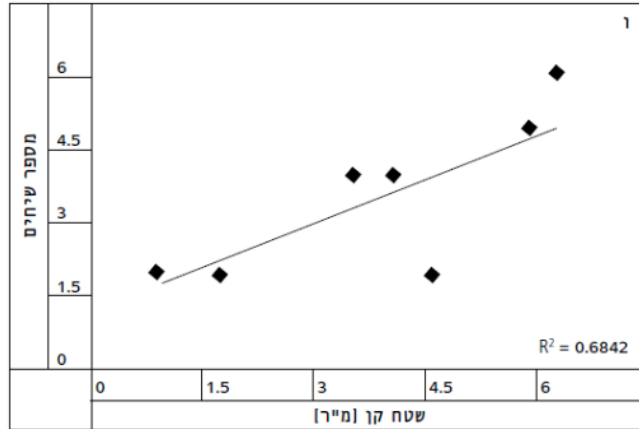


איור 7. אחוז כתמי הנוף המורכבים על פי סוג כתם הנוף - קני נמלים או בני שיח - בשטח הרעייה המתונה באביב 2009.

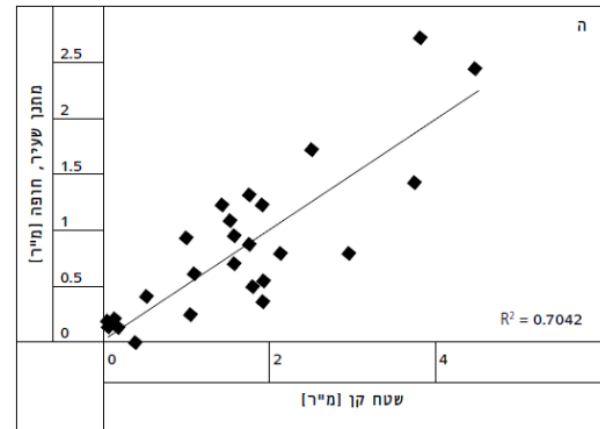
מגוון מינים - 75% מכתמי הנוף בשטח הרעייה המתונה שהכילו קני נמלים, היו מורכבים (כלומר, נמצאו בהם קבוצות נוספות: שיחים, בני שיח או עשבוניים), בעוד שרק 25% מכתמי נוף שהכילו בני השיח היו מורכבים.



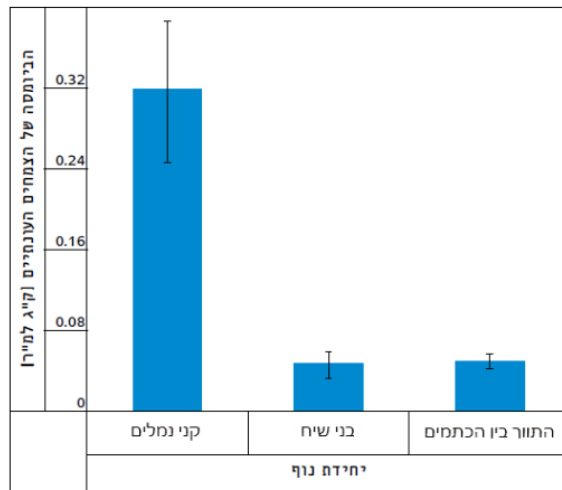
מאפייני השיחים - נמצא קשר חיובי נמצא בין גודל קני הנמלים לבין החופה של השיח מתנן שער (איור 6ה), כלומר שטח השיחים בשטחי הרעייה המתונה היה גדול יותר, ככל ששטח קן הנמלים היה גדול יותר. כמו כן, נמצא קשר חיובי בין גודל קני הנמלים לבין מספר השיחים שבתוך כתמי הנוף שלהם (איור 16)



איור 16. הקשר בין גודל הקן ומספר השיחים בגבולותיו בשטח הרעייה המתונה באביב 2009.



איור 6ה. הקשר בין גודל הקן וחופת המתנן השער בשטח הרעייה המתונה באביב 2009.



ביומסה - בחישוב כלל הביומסה נמצא שבכתמי נוף המכילים קני נמלים יש כמות גבוהה של צמחים חד-שנתיים עונתיים, פי שישה בהשוואה לתווך ולכתמי הנוף המכילים את בני השיח.

איור 8: ביומסה ממוצעת של הצמחים החד-שנתיים (העונתיים) ביחידות הנוף השונות בשטח הרעייה מתונה באביב 2010. הביומסה נמדדה בכתמי נוף יחידאיים (כלומר שהופיעה בהם רק קבוצה אחת - קנים, או שיחים/בני-שיח).

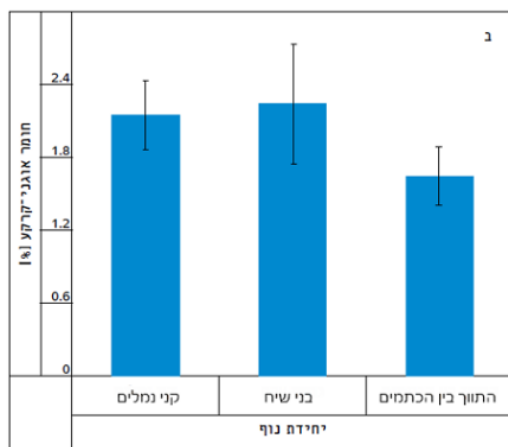
ב. גורמים אביוטיים - חומר אורגני ומינרלים בקרקע ותאחיזת מים (היכולת של הקרקע לאגור מים)

תאחיזת מים - באיור 9 ניתן לראות כי בכתמי נוף עם קני נמלים ערך קיבול שדה (ערך המייצג את כמות המים הזמינים לצמח) נמוך במעט בהשוואה לכתמי הנוף המכילים את בני שיח, וגבוה בכ-5% מזה המצוי בתווך בין הכתמים.

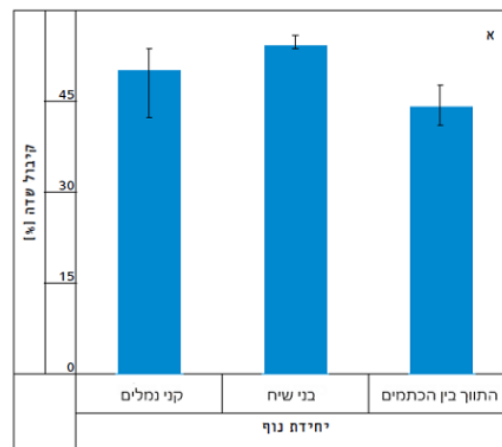
חומר אורגני (פחמן) – כפי שניתן לראות באיור 9ב, הערכים של החומר האורגני בכתמי נוף של קני נמלים היו גבוהים מהערכים שנמצאו בתווך בין הכתמים וקרובים למה שנמצא בכתמי הנוף של בני השיח.

חנקן כללי בקרקע – כפי שניתן לראות באיור 9ג, נמצא שכמויות החנקן בכתמי הנוף של קיני נמלים היו גבוהות מהערכים שנמצאו בתווך שבין הכתמים וקרובות למה שנמצא בכתמי הנוף של בני השיח.

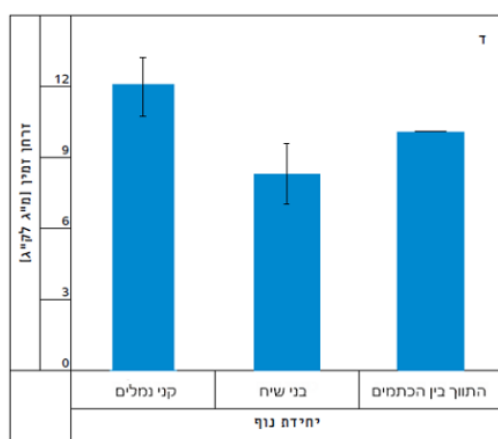
זרחן זמין בקרקע – כפי שניתן לראות באיור 9ד, נמצא כי כמויות הזרחן בכתמי נוף של קיני נמלים היו גבוהות מהערכים שנמצאו בתווך בין הכתמים ובכתמי הנוף של בני השיח.



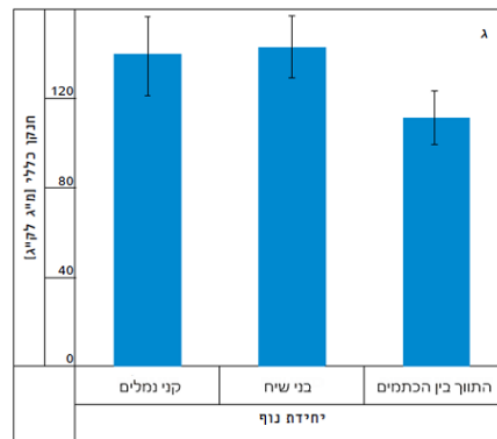
איור 9ב: ריכוז החומר האורגני בקרקע של יחידות הנוף השונות בשטח הרעייה המתונה באביב 2009.



איור 9א: ערכי קיבול השדה בקרקע של יחידות הנוף השונות בשטח הרעייה המתונה באביב 2009.



איור 9ד: זרחן זמין בקרקע של יחידות הנוף השונות בשטח הרעייה המתונה באביב 2009.



איור 9ג: ריכוז החנקן הכללי בקרקע של יחידות הנוף השונות בשטח הרעייה המתונה באביב 2009.

## דין

מטרתו העיקרית של המחקר הייתה להעריך את יכולת ההנדוס הסביבתי של נמלים בצפון הנגב. במחקר נמדדו גודל ומספר של קיני הנמלים בשטח תחת רעיית יתר ובשטח תחת רעייה מתונה. הספרות המחקרית הראתה בעבר את היעילות של בני שיח כמהנדסי סביבה לשיקום אזורים שנפגעו מרעיית יתר. השוואה של כתמי נוף עם קיני

הנמלים לכתמי נוף עם בני השיח מאפשרת לבחון את יעילותן של הנמלים כמהנדסות סביבה. במחקר נמצא שיש לנמלים השפעה של ממש על הסביבה המקיפה אותן ויתרונות ברורים בהשוואה לבני השיח כפי שמתואר להלן.

התוצאות מראות כי לאחר הורדת לחץ הרעייה, החלה התרבות של קני הנמלים (איור 6א). לנוכחות קני הנמלים בשטחי הרעייה המתונה היו השפעות רבות:

א. **עידוד צמיחה** – בשטחי רעייה מתונה, בסמיכות לכתמי נוף עם קני נמלים הופיעו כתמי נוף עם עשבוניים רב שנתיים שלא נמצאו בשטחי רעיית היתר (איור 6ב), שינוי בגודל ומספר שיחים (איור 6ה ו-ו), כמות צמיחה עשבונית חד שנתי (הביומסה) (איור 8). בהקשר לשיחי המתן יש לציין שהקשר המתואר אינו מצביע ישירות על קני הנמלים כגורם המשפיע על שיחי המתן, אולם התצפיות המתוארות ותצפיות אחרות שנאספו מאזורים אחרים, מצביעות על קני הנמלים כגורם המשפיע על הצמיחה בסביבותיהן.

ב. **עושר במינים** – השפעתן החיובית של הנמלים על סביבתן ניכרת גם במספר הרב של כתמי נוף מורכבים המכילים נמלים בהשוואה לכמות המועטה יותר של כתמי נוף מורכבים המכילים בני שיח (איור 6ד). כלומר, הנמלים הן "מארחות" טובות יותר לקבוצות ביולוגיות נוספות בהשוואה לבני השיח.

ג. **העלאת פוריות הקרקע** – הגדלת תאחיזת המים וריכוז חומרי ההזנה (איור 9). אחד הגורמים המגבילים במערכת האקולוגית המדברית הוא מים. תאחיזת המים של הקרקע, המתבטאת ביכולת של הקרקע לאגור מים, חיונית במערכת האקולוגית המדברית עקב מיעוט המשקעים המאפיין אזור זה. השפעתן של הנמלים על מאפיין זה הודגמה בערכי קיבול שדה דומים בכתמים המכילים קנים ובכתמי בני השיח וגבוהים בכ-5% מאלה של התווך שבין הכתמים (איור 9א) הימצאות חומרי הזנה בריכוז גבוה (גם בהשוואה לכתמי בני השיח) מדגישה את חשיבות קני הנמלים לשימור מים ולשימור חומרי ההזנה הנאספים מהמקורות מסביב ומפעילות הנמלים בקן. לאחר הגשמים נשטפים חומרים אלה לתת-הקרקע לכל השטח מסביב.

התוצאות המוצגות ממחקר זה התקבלו הן בקני נמלים פעילים הן בקנים נטושים. תופעה זו מקבילה לתוצאות מחקר שנערך על השפעתם של כתמי שיח ממים, ויכולה לרמוז על השפעתם של קני נמל הקציר על הסביבה, גם בטווח הארוך, אם תפסק פעילות הנמלים בקן. עם זאת, יש לציין כי בדיקות חומרי ההזנה נערכו על קרקע שנאספה באביב ולכן, אין ודאות שהתוצאות שהתקבלו מייצגות את העונות האחרות, עקב שינויים שחלים לאורך השנה בקני הנמלים וכתמי בני השיח.

לסיכום, מחקר זה התמקד בהשפעת נמל הקציר על מאפייניהם של שטחי מדבר שעברו רעייה. במחקר נמצא שיש לנמלים השפעה של ממש על הסביבה המקיפה אותן ויתרונות ברורים בהשוואה לבני השיח. נמצאה יכולת הנדוס גבוהה של נמל הקציר וכפועל יוצא מכך – **בזירוז השתקמות השטח**.



## שאלות והצעות לפעילות עם קריאת המאמר:

### לפרק המבוא

1. מהי רעיית יתר? מהם הגורמים לה ומהן ההשפעות שלה?
2. מהם דרכי הטיפול האפשריות לשיקום שטח לאחר רעיית יתר המוצגות במאמר? מהם היתרונות והחסרונות שלהן?
3. מהו ממשק? – תנו דוגמאות לטיפולים שונים האפשריים בשטח פתוחים טבעיים.
4. לעיתים נעשה שימוש ברעיית בקר כאמצעי ממשק למניעת שריפות. ראו למשל סרטון: [מה עושה עדר](#)

### [כבשים בתל אביב, מתוך Ynet.](#)

- א. על פי הסרטון - מה הם היתרונות של השימוש ברעייה כממשק?
  - ב. האם במקרה כזה הכבשים נחשבות כמהנדסות סביבה? הסבירו
5. מוצע להעמיק בנושא אורגניזמים מהנדסי סביבה באמצעות הפעילות [מתבוננים פנימה - מהנדסי סביבה](#) שבאתר אקולוגיה בסביבה מתקשבת.

### לפרק מטרת המחקר

6. מהן שאלות המחקר המתוארות במאמר? מהו המשתנה התלוי והמשתנה הבלתי תלוי בכל שאלה?

### לפרק סביבת המחקר

7. מצאו בגוגל מפות את חוות צאן יתיר שבצפון הנגב והתבוננו בשטח שמצפון ליישוב הבדואי חורה ומדרום ליער יתיר. התבוננו בתצוגת תמונת לוויין ותארו את מאפייני השטח.
8. העזרו במקורות באינטרנט, למשל [סקר נופ בחבל יתיר](#), [המגוון הביולוגי של הבתה והשטחים העשבוניים](#).
  - א. מהי בתת ספר ערביתית? אלו סוגי צמחים אופייניים בה?
  - הצעה לפעילות: ניתן להכין מצגת שיתופית ולבקש מקבוצות תלמידים להכין לכל צמח "תעודת זהות" להכרה טובה יותר של צמחי הבתה.
  - ב. מה ההבדל בין צמחים חד-שנתיים ובין צמחים רב-שנתיים?
9. בפרק זה נכתב "מבחינת הצומח, האזור מוגדר כבתת ספר ערביתית, שהייתה נתונה עשרות שנים לרעיית יתר לא מבוקרת עד לשנת 1992. כתוצאה מכך, השטח מכוסה בכיסוי צומח נמוך, ובעקבות זאת מאופיין גם בסחף קרקע ובהיווצרות חריצים וערוצים" – מה הקשר בין כיסוי צומח לסחף הקרקע?
10. א. במה שונה רעייה בת קיימא מרעיית יתר?
  - ב. כיצד רעייה בת-קיימא יכולה להגן על קרקע מפני סחיפה?
11. א. על אלו גורמים הקפידו החוקרים לשמור כקבועים במחקר שביצעו?

ב. מדוע חשוב היה להשוות במחקר שני שטחים ששניהם בעלי מפנה דרומי?

לפרק שיטות המחקר

12. מהם כתמי נוף ובמה הם שונים מהשטח סביבם?

א. במה שונה מופע מורכב ממופע יחידאי?

ב. אם בכתם נוף מסוים נמצאו שלושה בני שיח ממין מתנן שעיר. האם זהו מופע מורכב או יחידאי? נמקו.

13. א. מהו תהליך המידבור? ציינו שלושה גורמים לתהליך זה.

ב. הסבירו מדוע הביומסה של הצמחים החד-שנתיים היא מדד טוב לזיהוי של תהליכי מדבור.

14. מהי חשיבותם של כל אחד מחומרי הזנה הבאים למערכת האקולוגית המדברית:

א. פחמן אורגני

ב. חנקן

ג. זרחן

לפרק התוצאות

15. עיינו באיור 6א.

א. מהי היחידה המוצגת בגרף? כיצד חושבה?

ב. רשמו את הנתונים המוצגים בגרף בטבלה מרכזת.

ג. מה הקשר בין רעייה וכמות כתמי הנוף המכילים קני נמלים?

16. עיינו באיורים 6 ב, ג. נסחו 2-3 שאלות המתייחסות לאיורים אלו וענו עליהן

17. עיינו באיור 6ד.

א. מה ניתן ללמוד מהימצאותם של כתמים מורכבים בשטח רעייה מתונה?

ב. מדוע יש פער בין אחוז כתמי הנוף המורכבים בכתמי נוף של נמלים, בהשוואה לכתמי נוף של בני שיח,

בשטח רעייה מתונה?

18. עיינו באיור 8. מדוע הביומסה של צמחים חד-שנתיים בכתמי נוף המכילים קני נמלים גדולה בהשוואה

לתווך ולכתמי הנוף המכילים את בני השיח?

19. עיינו באיור 9 על כל חלקיו.

א. עבור אלו מהגורמים הנבדקים יש יתרון לקני הנמלים על פני בני השיח?

ב. האם ניכר הבדל בתכונות הקרקע בכתמי הנוף לעומת התווך? אם כן מהו?

20. ידוע שצמחים קולטים מהקרקע מינרלים. בהסתמך על כך, הסבירו את התוצאות המוצגות באיור 9ד.

21. בהתבסס על הנתונים המתוארים באיורים, האם ניתן לקבוע כי קני נמלים עדיפים על בני שיח כמעודדים

את הגורמים שנבחנו בקרקע? נמקו את תשובתכם.

## לפרק הדיון

22. מהם ההבדלים המוצגים במחקר, בין שטח רעייה מתונה לשטח רעיית יתר? ציינו את ההבדלים בטבלה משווה.

23. כותבי המאמר טוענים כי "לנמלים השפעה של ממש על הסביבה המקיפה אותן ויתרונות ברורים בהשוואה לבני השיח" האם אתם מסכימים עם טענה זו? הביאו דוגמאות המתבססות על תוצאות המחקר.

24. הכותבים מציינים כי "הקשר המתואר אינו מצביע ישירות על קני הנמלים כגורם המשפיע על שיחי המתנן".  
א. התבוננו באיור 6 והסבירו מדוע לא ניתן להצביע על קני הנמלים כגורם המשפיע באופן ישיר על גודל שיחי המתנן?

ב. האם יתכן ששיחי מתנן הם המשפיעים על גודל קני הנמלים? הסבר כיצד  
ג. כיצד תוכלו לבדוק, באמצעות ניסוי מבוקר, האם קני הנמלים הם הגורם המשפיע או הגורם המושפע? תארו ניסוי אפשרי לבדיקת הקשר בין שני הגורמים הביולוגיים, שיחי מתנן ונמלים

25. א. מהן מגבלות המחקר המתוארות בפרק הדיון?  
ב. האם לדעתכם ישנן מגבלות נוספות שלא הוזכרו?

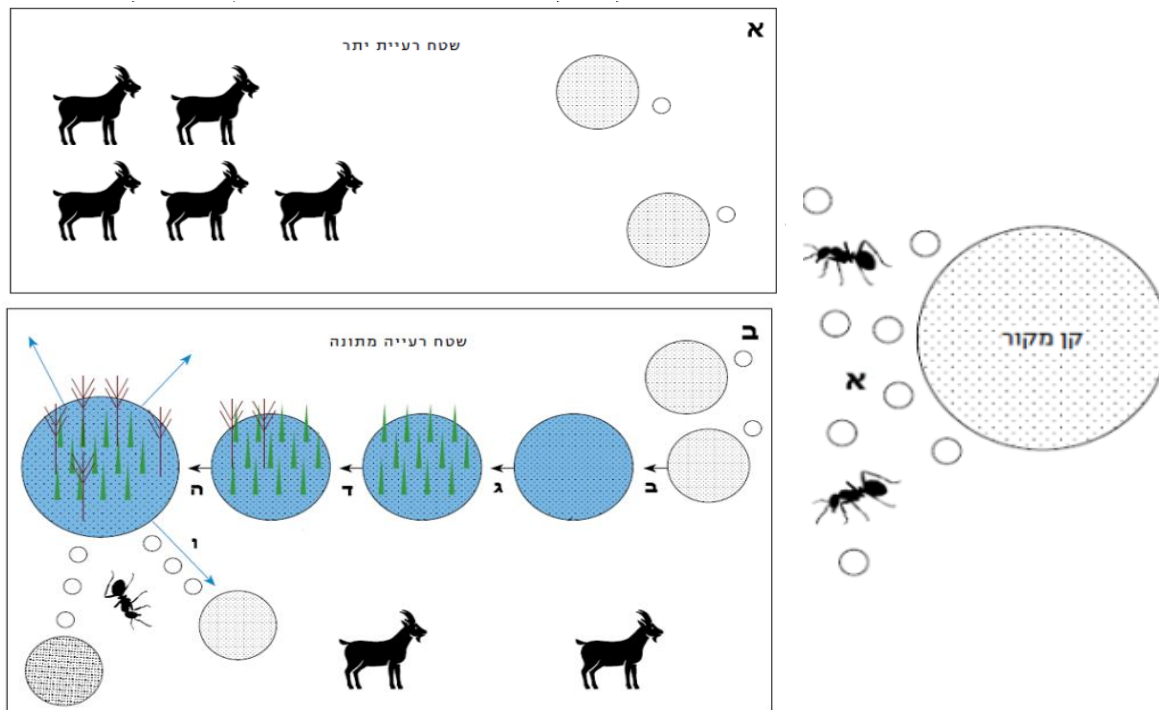
26. א. האם תוכלו להציע מהנדסי סביבה נוספים שיוכלו לסייע בשיקום שטח לאחר רעיית יתר?  
ב. אם מדובר במינים שאינם אופייניים לסביבת המדבר – אנא רשמו את הטיעונים בעד ונגד השימוש במהנדסי סביבה אלו.

27. לפניכם איור המתאר את התהליכים אשר לטענת החוקרים מתקיימים כאשר הנמלים משמשות כמהנדסות סביבה, ומסייעות לשיקום שטח לאחר רעיית יתר.

א. סדרו את התהליכים המתוארים באיור, לפי הסדר הנכון מהאחר א ועד לאחר ו:

- גדילת השיחים ובני השיח והרחבת חופתם בכתמי הנוף מאפשרת גידול והרחבה של קני הנמלים
- הגירה של נמלים ויצירת קנים חדשים
- הגירה של נמלים ויצירת קנים חדשים
- נוכחות קני הנמלים מעלה את תאחיזת המים בקרקע ומעשירה אותה בחומר אורגני ומינרלים
- גדילה של שיחים ובני שיח המצטרפים לצמחים העונתיים
- תנאי הקרקע המשופרים מאפשרים גידול של צמחים עונתיים (חד-שנתיים) כביומסה הראשונית המתבססת בכתמי הנוף

ב. מדוע, לדעתכם, התהליכים המתוארים באיור ב' אינם מתקיימים בתנאים של רעיית יתר?



28. מוצע לקיים את הפעילות של הדיבייט בנושא [חוק העז השחורה](#) המופיע באתר אקולוגיה בסביבה מתוקשבת.

29. בנוסף או לחילופין, מוצע לבקש מהתלמידים לקרוא את קטע הקריאה הבא (תקציר כתבה על [עדר העזים ברמת הנדיב](#) מאת ד"ר צח גלסר), לנקוט עמדה בעד או נגד רעיית עזים בחורש הים תיכוני ולנמקה. אפשר גם להזמין את התלמידים לצפות [בסרטו של רן לוי יממורי: "שעיר לעזאזל או מלאך מושיע"](#), על הרעייה בחורש ברמת הנדיב וכמובן לשלב סיור ברמת הנדיב וביקור בדיר. כמובן, חשוב לחדד לתלמידים את ההבדלים שבין סביבת החורש הים תיכונית לבין בתת הספר הערבית ולהבין שההשלכות של הרעייה הן שונות בכל מקום.

## רעיית עזים בחורש הים תיכוני

במהלך ההיסטוריה, גידול הצאן באזורנו היווה מרכיב חשוב בכלכלת האדם ובהזנתו (בשר, חלב, עור, וצמר) ואזורי החורש שימשו כשטחי מרעה לעזים. אין ספק שאזור אגן הים-התיכון מתאים מאוד לגידול עזים, כשם שהוא מתאים לגידול חיטה, שעורה, גפן ותאנה. הוכחה לכך טמונה בעובדה שגידולים אלו הנם בני-קיימא באזורינו מזה אלפי שנים על אף ההתפתחויות החקלאיות-טכנולוגיות הרבות.

מבין חיות המקנה באזורינו (פרות, כבשים, עזים) מנצלות העזים את השיחים המעוצים בצורה הטובה ביותר, תוך ליחוך העלים וקצות הענפים (browsing) לעומת פרות וכבשים הרועות בעיקר על צומח עשבוני (grazing). כמו כן, העזים יכולות לשרוד ולייצר בתנאים קשים יותר מאשר הבקר והכבשים.

ממשק בו מסתמכים על מרעה כמזון בלעדי או עיקרי, עלול לגרום לרעיית יתר שעלולה להוביל לפגיעה נופית וביולוגית לצומח. מסיבות אלו ואחרות הואשמו העזים כגורמות נזק קיצוני לשיחי החורש. בשנת 1950 אף חוקק בארץ "חוק הגנת הצומח-נזקי עזים" (חוק העז השחורה) האוסר על רעיית עזים בשטח שאינו בחזקת בעליהן, ומגביל את מספרן גם בשטח שבבעלות בעל העזים.

אולם, יש הטוענים שאין בכוחה של רעייה בשטחי החורש לחסל את הצומח באופן קיצוני כל כך. אחד ההסברים לכך הוא העובדה ששיחי החורש עברו אלפי שנות רעייה והפרעות מסוגים שונים, שגרמו להתפתחות צומח בעל מנגנוני התאמה למצבים אלו. כאשר העדר מנוהל בצורה לא נכונה, אכן קימת אפשרות לפגיעה קשה בצומח, אך אין ביכולתה של העז לבדה להרוס את הצומח הטבעי ללא עזרת האדם. חשוב לציין שרעיית יתר מהווה רק חלק ממכלול גורמים העלולים להשפיע באופן קיצוני על נוף הצומח, כמו כריתה, שריפה, ברוא שטחים לחקלאות, וכד'.

עם התפתחות החקלאות האינטנסיבית, ננטשו שטחי חורש רבים לטובת שטחים נוחים יותר לעיבוד בכלים מכאניים. כך למשל, הפסקת העיבוד וירידה במספר העזים הרועות בכרמל בין שנות ה-50 לשנות ה-70, גרמו להתפתחות של צמחיה סבוכה אשר גורמת ל"סגירת" החורש ומובילה למצב בו הצומח העמיד יחסית לרעייה, התפשט בצורה בלתי מבוקרת. מצב קיצוני זה הביא לתוצאות נלוות. ביניהן, התפשטות שריפות (כתוצאה מבידוד צמחית גבוהה המצויה בשטח); חסימת השטח בפני מטיילים ונופשים; ירידה במספר מיני הצומח ומיני בעלי החיים הניזונים מצומח עשבוני וירידה במספר מיני הגאופיטים.

בכדי לשמר את חברות הצומח באזורים הים-תיכוניים, יש לשמור על משטר ההפרעות ועל אופיין של ההפרעות המשפיעות על התפתחות חברות צומח אלה. ההכרה כי לרעיית עזים יש חלק חשוב בממשק של טיפול וניהול שטחי חורש, החלה רווחת בשנים האחרונות. ממשק רעייה בשטחי חורש יכול לשרת שתי מטרות, האחת של בעל העדר אשר המרעה מספק מקור מזון לבהמותיו, והשנייה, מטרה ציבורית הנוגעת בטיפול ושימור החורש. בכדי לנהל ממשק בו יושגו שתי המטרות הנ"ל בצורה אופטימלית יש צורך בניהול מבוקר של רעייה בת קיימא.

## תשובון למורה

### 1. מהי רעיית יתר? מהם הגורמים לה ומהן ההשפעות שלה?

רעיית יתר היא מצב בו צמחים נחשפים לרעייה אינטנסיבית למשך זמן ארוך, בו הצמחייה לא מספיקה להשתקם. התופעה יכולה להיגרם כתוצאה מגידול משמעותי של אוכלוסיית בעלי החיים הניזונים מהצמחייה ובפרט במקרה של מרעה ללא תכנון, כלומר ללא חלוקה שווה בין אזורי המרעה, או בזמן שאינו מתואם עם מחזור הצמיחה של העשב.

רעיית יתר עשויה לגרום לדלדול אוכלוסיית הצמחים עד להיעלמותה, ומניעת צמיחה של צמחים נוספים. רעייה מתמשכת מפריעה לשיקום הצמחייה. רעיית יתר מובילה לצמצום יעילות הקרקע ופריונה ולצמצום מגוון הצומח בה. כמו כן, היא תורמת למדבור ולסחיפת קרקע משום ששורשי הצמחים אינם מחזיקים את הקרקע והבהמות הרבות מהדקות אותה. תהליך זה גורם למי נגר (מים הזורמים על פני הקרקע) מוגברים. כתוצאה מאי ספיגת משקעים בקרקע, מאגר הפחמן והחנקן בקרקע יורד והיא נעשית פחות פוריה. נטען גם שהיא מסייעת להתפתחות מינים פולשים של צמחים (מתוך ויקיפדיה).

### 2. מהם דרכי הטיפול האפשריות לשיקום שטח לאחר רעיית יתר המוצגות במאמר? מהם היתרונות והחסרונות שלהן?

במאמר מוצגות שתי דרכים לשיקום שטח לאחר רעיית יתר:

א. הקפת השטח הפגוע בגדר על מנת למנוע רעייה למשך מספר שנים. יתרונות: מניעת כניסת חיות בר ושמירה על שטח טבעי ללא הפרעה. חסרונות: לשיטה זו נדרש זמן רב לשיקום, עלות הקמת גדר ותחזוקתה הן גבוהות, במידה והתושבים תלויים ברעייה כמקור פרנסה הם נפגעים.

ב. שימוש ב"מהנדסי סביבה". יתרונות: גישה המאפשרת קידום מהיר יותר של תהליכי השיקום הטבעיים, לרוב זולה יותר בהשוואה להקמת גדר. חסרונות: גם לגישה זו נדרש זמן ממושך עד לשיקום השטח, גם אם קצר יותר בהשוואה לגדר.

### 3. מהו ממשק? – תנו דוגמאות לטיפולים שונים האפשריים בשטח פתוחים טבעיים.

ממשק הוא התערבות יזומה של האדם במערכת האקולוגית שנעשית במטרה לשנות או לתקן מגמות לא רצויות במערכת. למשל: נטיעה של צמחים מסוג מסוים או דילול והסרה של צמחים לא רצויים, הקמת גדר או הסרתה, הכוונת מטיילים לשבילים מסוימים, הכנסת רעייה לשטח והחלטה לגבי מועד, משך זמן הרעייה ומספר הפרטים, החלטה לגבי איסור או הגבלה של דיג ועוד.

### 4. לעיתים נעשה שימוש ברעיית בקר כאמצעי ממשק למניעת שריפות. ראו למשל סרטון : [מה עושה עדר](#)

[כבשים בתל אביב, מתוך Ynet.](#)

א. על פי הסרטון - מה הם היתרונות של השימוש ברעייה כממשק?

ב. האם במקרה כזה הכבשים נחשבות כמהנדסות סביבה? הסבירו

א. הכבשים מסייעות לניהול השטח ותחזוקתו - יוצרות עשבייה נמוכה ונוף פתוח, מונעת שריפות, תורמות לשיקום אקולוגי - הגדלת הפריחה באתר.

ב. הכבשים יוצרות שינוי פיזי בסביבה - הן גורמות לשינוי בצמחיה - השפעה על גובה הצמחים ועל מגוון המינים. בזכות הצמחיה הנמוכה, יותר אור מגיע אל פני הקרקע ומאפשר צמיחה של מינים נוספים. הכבשים משפיעות באופן עקיף גם על יציבות הקרקע ולכן נחשבות כמהנדסות סביבה.

5. מוצע להעמיק בנושא אורגניזמים מהנדסי סביבה באמצעות הפעילות מתבוננים פנימה - מהנדסי סביבה שבאתר אקולוגיה בסביבה מתקשבת.

6. מהן שאלות המחקר המתוארות במאמר? מהו המשתנה התלוי והמשתנה הבלתי תלוי בכל שאלה?

שאלת מחקר 1: מה הקשר בין סוג הרעייה (רעייה מתונה/ רעיית יתר) לבין מספר וגודל כתמי נוף עם קני הנמלים/ בני שיח?

משתנה תלוי: סוג הרעייה (רעייה מתונה/ רעיית יתר)

משתנה בלתי תלוי: מספר וגודל כתמי נוף עם קני הנמלים ועם בני שיח

שאלת מחקר 2: מהי השפעת נמלת הקציר כמהנדסת סביבה, על שטחי רעייה מתונה (שהתאוששו מרעיית יתר), בהשוואה להשפעת בני שיח?

משתנה תלוי: גורמים ביוטים ואביוטים בשטח: מגוון מינים, כמות וגודל שיחים, וביומסה של עשבונים חד שנתיים. הרכב הקרקע - כמות חומר אורגני, מינרלים בקרקע (חנקן וזרחן) ותאחיזת מים.

משתנה בלתי תלוי: אחוז כתמי הנוף עם קני הנמלים ועם בני שיח ; נמלים

7. מצאו בגוגל מפות את חוות צאן יתיר שבצפון הנגב והתבוננו בשטח שמצפון ליישוב הבדואי חורה ומדרום ליער יתיר. התבוננו בתצוגת תמונת לוויין ותארו את מאפייני השטח.

השטח המדובר הינו שטח מדברי, בעל מבנה של גבעות וערוצים, חלקו מכוסה אבנים. הצמחיה נמוכה, חלקה עשבונית וחלקה שיחים.

8. העזרו במקורות באינטרנט, למשל סקר נוף בחבל יתיר, המגוון הביולוגי של הבתה והשטחים העשבוניים.

א. מהי בתת ספר ערביתית? אלו סוגי צמחים אופייניים בה?

הצעה לפעילות: ניתן להכין מצגת שיתופית ולבקש מקבוצות תלמידים להכין לכל צמח "תעודת זהות" להכרה טובה יותר של צמחי הבתה.



## ב. מה ההבדל בין צמחים חד-שנתיים ובין צמחים רב-שנתיים?

א. בתה היא תצורת צומח המתאפיינת בעיקר בבני שיח, שגובהם אינו עולה על 50 ס"מ, בשילוב עם צמחים עשבוניים. בתת הספר מצויה בספר המדבר (אזור גאוגרפי המפריד בין מדבר הנגב ומדבר יהודה לבין החבל הים תיכוני). בתת הספר הערבית ממוקמת בשולי הערבה, ובה מתקיימים תנאים ייחודיים המאפשרים התפתחות של צמחים ממקורות מגוונים (ים תיכוני לצד איראנו-טורני וסהרו-ערבי).

צמחים אופייניים הם:

עשבוניים חד-שנתיים: נשרן הדוחן, זקן שער

עשבוניים רב-שנתיים: סתונית היורה, חצב מצוי

שיחים ובני שיח: סירה קוצנית, מתנן שער, לענת מדבר, נואית קוצנית, מרווה ריחנית

ב. צמחים חד-שנתיים הם בעלי מחזור חיים עונתי של מספר חודשים שבמהלכו הם נובטים, גדלים, פורחים, מייצרים ומפיצים זרעים לפני שהם מתייבשים ומתים. לעומת זאת, צמחים רב-שנתיים הם בעלי מחזור חיים ארוך שנפרס על פני מספר שנים ובמהלכו הם מקיימים מספר רב של תקופות רבייה.

9. בפרק זה נכתב "מבחינת הצומח, האזור מוגדר כבת ספר ערבית, שהייתה נתונה עשרות שנים לרעיית יתר לא מבוקרת עד לשנת 1992. כתוצאה מכך, השטח מכוסה בכיסוי צומח נמוך, ובעקבות זאת מאופיין גם בסחף קרקע ובהיווצרות חריצים וערוצים" – מה הקשר בין כיסוי צומח לסחף הקרקע?

הצמחים, ובעיקר שיחים ובני שיח, מגינים על הקרקע מפני סחף - שורשי הצמחים אוחדים בקרקע, החלק העילי של הצמחים, מעל הקרקע, מקטין את סחף האדמה במקרה של גשם. כיסוי צמחי נמוך יפחית את יציבות הקרקע ויאפשר סחף מוגבר של קרקעות כתוצאה מרוחות חזקות ונגר עילי.

10. א. במה שונה רעייה בת קיימא מרעיית יתר?

ב. כיצד רעייה בת-קיימא יכולה להגן על קרקע מפני סחיפה?

א. רעייה בת-קיימא מאפשרת דילול חלקי של צמחייה חד-שנתית ומניעת נזק בלתי-הפיך לצמחייה הרב-שנתית בבית הגידול. לעומתה, רעיית יתר היא מצב בו כמות גדולה של צמחוניים (כמו עיזים וכבשים) ניזונים לאורך זמן מצמחייה בשטח מצומצם, וכתוצאה מכך הם מקטינים את הצומח החד-שנתי ופוגעים גם בניצני ההתחדשות של הצומח הרב-שנתי. הנזק הנגרם מרעיית יתר עלול להיות בלתי-הפיך.

ב. הצמחייה הנותרת על הקרקע לאחר רעייה בת-קיימא מאפשרת ייצוב של חלקיקי הקרקע, ולכן מגנה על הקרקע מפני סחף.

11. א. על אלו גורמים הקפידו החוקרים לשמור כקבועים במחקר שביצעו?

ב. מדוע חשוב היה להשוות במחקר שני שטחים ששניהם בעלי מפנה דרומי?

א. הגורמים שעליהם שמרו החוקרים כקבועים הם: א. מאפייני השטחים שנחקרו מבחינת: גודלם, אחוז הכיסוי הסלעי, כיוון המפנה שלהם (מפנה דרומי), גודל כתמי הנוף, האקלים (כמות משקעים, טמפרטורה, עוצמת קרינה), וחברת הצומח בבית הגידול; ב. מאפייני הדגימות ואופן מדידתם: דיגום הביומסה ודיגום הקרקע.

ב. מפנה דרומי חשוף לקרינה ישירה של השמש למשך רוב שעות היום, ולכן מגוון וצפיפות הצומח בו שונה מאלו במפנים אחרים. לכן, על מנת לשמור על גורמים קבועים יש להקפיד גם על המפנה.

## 12. מהם כתמי נוף ובמה הם שונים מהשטח סביבם?

כתמי נוף הן יחידות שטח קטנות המובדלות מסביבתן במאפייני הנוף ובמרכיביהן.

א. במה שונה מופע מורכב ממופע יחידאי?

ב. אם בכתם נוף מסוים נמצאו שלושה בני שיח ממין מתנן שער. האם זהו מופע מורכב או יחידאי? נמקו.

א. בכתם נוף יחידאי יש רק קבוצת התייחסות אחת: שיחים, בני שיח או קני נמלים. כתם נוף שהכיל יותר מקבוצת התייחסות אחת נקרא מופע מורכב, למשל, קן נמלים ביחד עם בן שיח.

ב. זהו מופע יחידאי כי יש רק קבוצת התייחסות אחת - בני שיח.

## 13. א. מהו תהליך המידבור? ציינו שלושה גורמים לתהליך זה.

ב. הסבירו מדוע הביומסה של הצמחים החד-שנתיים היא מדד טוב לזיהוי של תהליכי מדבור.

א. מידבור הוא תהליך בו האדמה מאבדת מעילותה כקרקע חקלאית. תהליך זה גורם להתפשטות המדבור. תופעת המדבור מתרחשת בעיקר בשוליהם של מדבריות קיימים. גורמים לתהליך המדבור: רעיית יתר, ירידה בכמות המשקעים, עלייה בטמפרטורה.

ב. ביומסה צמחית גבוהה מעידה על יצרנות גבוהה. במדבר, הגורם המגביל העיקרי הוא מים. מחסור במים גורם ליצרנות נמוכה, ולכן לביומסה נמוכה. אחד מהמאפיינים של מידבור הוא ירידה בזמינות של מים בקרקע, ולכן נצפה לביומסה צמחית נמוכה עקב כך.

## 14. מהי חשיבותם של כל אחד מחומרי הזנה הבאים למערכת האקולוגית המדברית: א. פחמן אורגני, ב. חנקן,

ג. זרחן

חומרי ההזנה הם יסודות כימיים הנדרשים לצורך קיום והתפתחות של האורגניזם. בגידולים צמחיים הם מהווים מרכיב חיוני להתפתחות הצמח.

א. חומר אורגני כולל פחמן שמקובע בתרכובות אורגניות. מקורן של התרכובות האורגניות הוא בצמחים יצרנים. ככל שכמות הביומסה היא גדולה יותר עולה רמת היצרנות ושאר מרכיבי המערכת הצמחוניים, הנשענים על ביומסה זו, הם רבים ומגוונים יותר.

ב. חנקן הינו מרכיב חשוב בחלבונים ובחומר התורשתי (חומצות גרעין - דנ"א ורנ"א). צמחים קולטים את החנקן מהקרקע, באמצעות השורשים, בצורה של מינרל מומס במים. ככל שריכוז החנקן בקרקע גבוה יותר כך זמינותו לצמח גבוהה יותר ולכן הביומסה הצמחית תהיה גדולה יותר.

ג. זרחן הינו מרכיב חשוב בחומר התורשתי (חומצות גרעין - דנ"א ורנ"א). צמחים קולטים זרחן מהקרקע, באמצעות השורשים, בצורה של מינרל מומס במים. ככל שריכוז הזרחן בקרקע גבוה יותר כך זמינותו לצמח גבוהה יותר ולכן הביומסה הצמחית תהיה גדולה יותר.

#### 15. עיינו באיור 6א.

א. מהי היחידה המוצגת בגרף? כיצד חושבה?

ב. רשמו את הנתונים המוצגים בגרף בטבלה מרכזת.

ג. מה הקשר בין רעייה וכמות כתמי הנוף המכילים קני נמלים?

א. היחידה בגרף היא אחוז כתמי הנוף. נערך חישוב של מספר כתמי נוף המכילים נמלים או בני שיח מתוך כלל כתמי הנוף בשטח, בכל סוג שטח מחקר.

ב.

| אחוז מכלל כתמי הנוף / שטח המחקר | רעייה מתונה | רעיית יתר |
|---------------------------------|-------------|-----------|
| % כתמי נוף המכילים קני נמלים    | 40          | 30        |
| % כתמי נוף המכילים בני שיח      | 25          | 32        |

ג. באזורים של רעיית יתר ישנו מספר נמוך של כתמי נוף המכילים קני נמלים (30%) בהשוואה לשטחים בהם הרעייה מתונה (40%).

#### 16. עיינו באיורים 6 ב, ג. נסחו 2-3 שאלות המתייחסות לאיורים אלו וענו עליהן

שאלות אפשריות:

- היכן כתמי הנוף גדולים יותר ומדוע? כתמי הנוף גדולים יותר בשטחי רעייה מתונה. בשטחי רעיית יתר, הרעייה פוגעת במנחים ובקני הנמלים.
- מהם ההבדלים בין 2008 ל 2009? ממה הם נובעים? ב-2008 הכתמים גדולים יותר בהשוואה ל 2009 וזאת בשל העובדה שב-2009 הייתה בצורת וכמות המשקעים השפיעה על גודל כתמי הנוף.

- בנוסף לגודל הכתמים, אלו הבדלים נוספים ניכרים בין השטחים? ישנם הבדלים גם בסוג הכתמים – בשאחי רעייה מתונה יש כתמי נוף של צמחים עשבוניים שאינם מופיעים בשטחי רעיית יתר.

#### 17. עיינו באיור 6ד.

א. מה ניתן ללמוד מהימצאותם של כתמים מורכבים בשטח רעייה מתונה?

ב. מדוע יש פער בין אחוז כתמי הנוף המורכבים בכתמי נוף של נמלים, בהשוואה לכתמי נוף של בני שיח, בשטח רעייה מתונה?

א. כתמים מורכבים מעידים על מגוון המינים. שטחי רעייה מתונה הם שטחים שהחלו להשתקם לאחר רעיית היתר ואחד ממדדי השיקום הוא מגוון המינים בשטח.

ב. זוהי תוצאה של השפעתן של הנמלים כמהנדסות סביבה. נוכחותן מעודדת צמיחה של עשבוניים ובני שיח בסביבת הקן וכתוצאה מכך נוצרים כתמים מורכבים. בנמלים מביאות זרעים ומסייעות בהפצה, הן מאוררות את הקרקע וגורמות להעשרת הקרקע של סביבת הקן בחומרי הזנה.

18. עיינו באיור 8. מדוע הביומסה של צמחים חד-שנתיים בכתמי נוף המכילים קני נמלים גדולה בהשוואה לתווך ולכתמי הנוף המכילים את בני השיח?

העלייה בביומסה היא גם תוצאה של השפעתן של הנמלים כמהנדסות סביבה. נוכחותן מעודדת צמיחה חד שנתי – הן מביאות זרעים ומסייעות בהפצה, הן מאוררות את הקרקע וגורמות להעשרת הקרקע של סביבת הקן בחומרי הזנה. ביומסה צמחית מושפעת, בין היתר מכמות חומרי ההזנה בקרקע. זמינות גבוהה של חנקן וזרחן בקרקע מגדילה את כושר הייצור של צמחים החד-שנתיים.

#### 19. עיינו באיור 9 על כל חלקיו.

א. עבור אלו מהגורמים הנבדקים יש יתרון לקני הנמלים על פני בני השיח?

ב. האם ניכר הבדל בתכונות הקרקע בכתמי הנוף לעומת התווך? אם כן מהו?

א. לקני הנמלים יש יתרון בריכוז הזרחן הזמין בקרקע

ב. קיים הבדל קטן בכל תכונות הקרקע בין כתמי הנוף והתווך, כאשר הערכים גבוהים יותר בכתמי הנוף.

20. ידוע שצמחים קולטים מהקרקע מינרלים. בהסתמך על כך, הסבירו את התוצאות המוצגות באיור 9ד.

מהתוצאות המוצגות באיור 9ד ניתן ללמוד על כמות זרחן זמין נמוכה יותר בכתמי השיח בהשוואה לתווך ולכתמים המכילים קני נמלים. ניתן להסביר ממצאים אלו בכך שהצמחים שבכתמי השיח קלטו זרחן מהקרקע וגרמו לירידת ריכוזו.

21. בהתבסס על הנתונים המתוארים באיורים, האם ניתן לקבוע כי קני נמלים עדיפים על בני שיח כמעודדים את הגורמים שנבחנו בקרקע? נמקו את תשובתכם.

על פי הנתונים, לא ניתן לקבוע כי קיימת עדיפות לנמלים על פני בני שיח לגבי תכונות הקרקע, כיוון שהערכים מאוד דומים ואינם משמעותיים מספיק כדי לקבוע שלא נובעים כתוצאה מטעויות במדידה (אין מובהקות סטטיסטית). הכותבים גם מדגישים כי ייתכן שהתוצאות הללו נבעו מהמספר המועט של דגימות שנלקח

22. מהם ההבדלים המוצגים במחקר, בין שטח רעייה מתונה לשטח רעיית יתר? ציינו את ההבדלים בטבלה משווה.

| המדד / שטח המחקר | רעייה מתונה                                    | רעיית יתר                                |
|------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| הרכב כתמי הנוף   | אחוז גדול יותר של כתמי נוף עם קני נמלים        | אחוז גדול יותר של כתמי נוף עם בני שיח    |
| גודל כתמי הנוף   | כתמי נוף גדולים יותר בהשוואה לשטחי רעייה מתונה | כתמי נוף קטנים בהשוואה לשטחי רעייה מתונה |
| סוג כתמי הנוף    | יש גם כתמי נוף עם צמחים עשבוניים               | אין כתמי נוף עם צמחים עשבוניים           |

23. כותבי המאמר טוענים כי "לנמלים השפעה של ממש על הסביבה המקיפה אותן ויתרונות ברורים בהשוואה לבני השיח"? האם אתם מסכימים עם טענה זו? הביאו דוגמאות המתבססות על תוצאות המחקר.

לנמלים השפעות רבות, אף כי לא הוכח במחקר קשר ישיר בין הנמלים לממצאים המתוארים:

א. כתמי נוף עם קני נמלים הם מורכבים יותר בהשוואה לכתמי נוף של בני שיח – איור 6ד

ב. לנמלים השפעה על גודל השיחים – איור 6ה

ג. לנמלים השפעה על כמות שיחים – איור 6ו

ד. בכתמי נוף עם קני נמלים הביומסה הצמחית גדולה יותר בהשוואה לכתמי נוף של בני שיח – איור 8

ד. בכתמי נוף עם קני נמלים יש יותר זרחן בהשוואה לכתמי נוף של בני שיח – איור 9ד

24. הכותבים מציינים כי "הקשר המתואר אינו מצביע ישירות על קני הנמלים כגורם המשפיע על שיחי המתנן". א. התבוננו באיור 6ה' והסבירו מדוע לא ניתן להצביע על קני הנמלים כגורם המשפיע באופן ישיר על גודל שיחי המתנן?

**ב. האם יתכן ששיחי מתנן הם המשפיעים על גודל קני הנמלים? הסבר כיצד**

**ג. כיצד תוכלו לבדוק, באמצעות ניסוי מבוקר, האם קני הנמלים הם הגורם המשפיע או הגורם המושפע? תארו ניסוי אפשרי לבדיקת הקשר בין שני הגורמים הביולוגיים, שיחי מתנן ונמלים**

**א.** לא ניתן להצביע על הקנים כגורם המשפיע מכיוון שנערכה תצפית המדגימה קשר בין הגורמים אך לא נעשה ניסוי לבחינת מי מהגורמים הוא המשפיע ומי המושפע. כמו כן, ייתכן כי גורמים אחרים שנמצאים בשטח היוו גורם משפיע, או היוו גורם מתווך ולכן השפעת קני הנמלים היא עקיפה

**ב.** החוקרים החליטו למקם את גודל קני הנמלים על ציר ה X-ולפיכך מתייחסים אל גורם זה כמשתנה הבלתי תלוי. אולם, יתכן שדווקא גודל קני הנמלים הוא הגורם המושפע מגודל חופת שיחי המתנן. ככל ששיחי המתנן גדולים יותר כך נוצר צל תחתם, ודבר זה משפיע לטובה על אוכלוסיית הנמלים בקן

**ג.** כדי להוכיח את כיוון הקשר, יש לבצע ניסוי מבוקר. למשל, לאתר שלושה כתמים שונים המכילים קני נמלים בגדלים שונים. בכל אחד מהכתמים לשתול שיח מתנן בגודל קבוע ולעקוב לאורך זמן אחר השינוי בגודל חופתו.

**25. א. מהן מגבלות המחקר המתוארות בפרק הדין?**

התוצאות המוצגות ממחקר זה התקבלו הן בקני נמלים פעילים הן בקנים נטושים, אולם החוקרים לא ערכו הבחנה בין סוגי הקנים ולכן לא ניתן לדעת מה השפעתו של קן חי אל מול קן מת, או מה יקרה אם תפסק פעילות הנמלים בקן.

בדיקות חומרי ההזנה נערכו על קרקע שנאספה באביב וכתוצאה מכך, אין ודאות שהתוצאות שהתקבלו מייצגות את העונות האחרות, עקב שינויים שחלים לאורך השנה בקני הנמלים וכתמי בני השיח.

**ב. האם לדעתכם ישנן מגבלות נוספות שלא הוזכרו?**

חלק מהגורמים שנבדקו במחקר המתואר נבדקו רק בשטחי הרעייה המתונה ולא נבדקו בשטחי רעיית היתר ולא ניתן ללמוד על השפעת הנמלה כמהנדסת סביבה על שטחי רעיית היתר.

**26. א. האם תוכלו להציע מהנדסי סביבה נוספים שיוכלו לסייע בשיקום שטח לאחר רעיית יתר?**

אחת התוצאות של רעיית יתר היא תכולת מינרליים נמוכה בקרקע. ניתן להביא תולעי אדמה (שלשולים) שניזונות מחומר אורגני המצוי בקרקע על ידי העברת האדמה דרך מערכת העיכול. החומר עובר בקיבתם, מתעכל ע"י פעילות מכאנית ואנזימתית ובעזרת חיידקי מעיים, ואז החומר המעוכל יוצא מהצד השני. חומר זה, המכונה הומוס, עשיר במינרלים. בנוסף, התולעים יורדות לתת הקרקע ומביאות אדמה עשירה במינרלים לחלק העליון שלה.

**ב. אם מדובר במינים שאינם אופייניים לסביבת המדבר – אנא רשמו את הטיעונים בעד ונגד השימוש במהנדסי סביבה אלו.**

תולעי אדמה אינן אופייניות לסביבת המדבר. בעד: יתרמו להעלאת פוריות הקרקע והתאוששות המערכת האקולוגית. נגד: ייתכן והתולעים שזקוקות למידה מסוימת של חומר אורגני בקרקע ומותאמות לקרקעות מסוגים אחרים לא יתאימו לקרקע המדברית ולא ישרדו בה.

**27. לפניכם איור המתאר את התהליכים אשר לטענת החוקרים מתקיימים כאשר הנמלים משמשות כמהנדסות סביבה, ומסייעות לשיקום שטח לאחר רעיית יתר.**

**א. סדרו את התהליכים המתוארים באיור, לפי הסדר הנכון מהאות א ועד לאות ו:**

- **גדילת השיחים ובני השיח והרחבת חופתם בכתמי הנוף מאפשרת גידול והרחבה של קני הנמלים**
- **הגירה של נמלים ויצירת קנים חדשים**
- **הגירה של נמלים ויצירת קנים חדשים**
- **נוכחות קני הנמלים מעלה את תאחיזת המים בקרקע ומעשירה אותה בחומר אורגני ומינרלים**
- **גדילה של שיחים ובני שיח המצטרפים לצמחים העונתיים**
- **תנאי הקרקע המשופרים מאפשרים גידול של צמחים עונתיים (חד-שנתיים) כביומסה הראשונית המתבססת בכתמי הנוף**

**ב. מדוע, לדעתכם, התהליכים המתוארים באיור ב' אינם מתקיימים בתנאים של רעיית יתר?**

- א. **הגירה של נמלים ויצירת קנים חדשים**
- ב. **נוכחות קני הנמלים מעלה את תאחיזת המים בקרקע ומעשירה אותה בחומר אורגני ומינרלים**
- ג. **תנאי הקרקע המשופרים מאפשרים גידול של צמחים עונתיים (חד-שנתיים) כביומסה הראשונית המתבססת בכתמי הנוף**
- ד. **גדילה של שיחים ובני שיח המצטרפים לצמחים העונתיים**
- ה. **גדילת השיחים ובני השיח והרחבת חופתם בכתמי הנוף מאפשרת גידול והרחבה של קני הנמלים**
- ו. **הגירה של נמלים ויצירת קנים חדשים**

ב. סיבה אפשרית לכך שהתהליכים המתוארים אינם מתקיימים בתנאים של רעיית יתר הינה שבעלי החיים הרועים בשטח דורכים על קני הנמלים לעיתים קרובות ולכן מפריעים להתפתחות קני הנמלים ותפוצתן בשטח. בנוסף, בעלי החיים ניזונים מהצמחייה המועטה ומונעים את גדילתה והתפשטותה בשטח.