



ניטור ארוך טווח של מרעה עשבוני בחוות כרי דשא וממשק גידול בקר בישראל

זלמן הנקין | נטע גולדנברג אגיון | חיים גורליק | גיא דוברת *

המחלקה למשאבי טבע, מרכז מחקר נווה יער, מנהל המחקר החקלאי – מכון וולקני
dovrat@volcani.agri.gov.il *

תקציר

נמצא יתרון באיכות המרעית לאורך עונת הצימוח בממשק של רעייה מוקדמת ובצפיפות אכלוס גבוהה. תופעה זו מוסברת על ידי עידוד ההתחדשויות הצעירות של הצומח בעקבות אכילתו המוגברת. המשך הקיום של מיני דגניים גבוהים ומינים איכותיים אחרים בממשק של רעייה ארוכת טווח ואי-פגיעה ביצרנות הצומח בצפיפויות רעייה גבוהות מחזקים את ההשערה כי הצומח העשבוני הים תיכוני עמיד ויציב גם בתנאי הרעייה הנמשכים זה אלפי שנים.

הרעייה בשטחים הפתוחים מהווה בסיס לייצור חקלאי ובו בזמן אמצעי לשמירה על השטח והנוף. במחקר ארוך טווח שנערך כבר 29 שנה ומתבצע בתחנת LTER כרי דשא בגליל המזרחי, מנוטר הצומח במשטרים שונים של רעיית בקר. כמו כן, נבחנות יצרנות עדרי הבקר וקיימות משטרי הרעייה. שטח מחקר ה-LTER משתרע על פני כ-2,300 דונם המנוטרים מדי שנה במועדים קבועים. בתחנה שמונה חלקות ניסוי, ונערכים בהן טיפולי רעייה שונים. עדרי הניסוי מונים כ-190 פרות הרועות באתר מהאביב ועד תחילת החורף, בצפיפויות אכלוס שונות של הפרות (גבוהה ומתונה) ובממשקי רעייה שונים (רעייה רציפה ורעייה מפוצלת). בצפיפות האכלוס הגבוהה נמצאה ירידה של 43% בכמות הצומח בשטח (בסוף אפריל) ביחס לחלקות הביקורת בשני ממשקי הרעייה. הביומסה העשבונית בממשק הרעייה המפוצלת בצפיפות האכלוס הגבוהה הייתה גבוהה יותר מאשר ברעייה הרציפה בצפיפות הגבוהה. מגוון מיני הצומח היה דומה בכל טיפולי הרעייה. כמו כן, תועדו ירידה בכיסוי מיני הדגניים הגבוהים בצפיפויות רעייה גבוהות, ובמקביל עלייה בכיסוי מינים בעלי ערך תזונתי נמוך, כמו מיני מורכבים חד-שנתיים ורב-שנתיים, מצליבים ודגניים נמוכים. נוסף על כך,

מילות מפתח

ביומסה צמחית, יצרנות מרעית, מגוון המינים, מזון משלים, רעייה מפוצלת, רעייה רציפה

מבוא

עדרים על פני שטחים נרחבים אינו פשוט, היות שהוא מושפע מגורמי אקלים המשתנים בין השנים ובמהלכן. בין הגורמים האלה נכללים כמות הגשם ופיזורו השנתי, טמפרטורה ולחות, וגורמים פיזיים וביולוגיים, כגון הרכב הצומח ומגוון בתי הגידול בשטחי המרעה, הטופוגרפיה, כיסוי הסלע, עומק הקרקע וזמינות חומרי ההזנה (Seligman and van Keulen, 1989; Burke et al., 1997; Leriche et al., 2001; Augustine, 2003; Golodets et al., 2013). קיום ממשק רעייה מיטבי בתנאים אלה תלוי לא רק ברמת היצרנות של המרעה ובתוספות המזון המשלים הניתנות לבעלי החיים, אלא גם בתגובת הצומח ובעלי החיים לצפיפויות אכלוס שונות ולעיתוי הרעייה (Heitschmidt et al., 1987; Gutman et al., 1990a, 1990b).

ככלל, כמות המרעית הזמינה בשטח יורדת עם העלייה בלחץ הרעייה (Hooper and Heady, 1970; Rosiere, 1987; Baron et al., 2002). השינוי בעומד הצומח תלוי בשיווי המשקל המתקיים בין קצב גידול הצומח לקצב צריכתו על ידי בעלי החיים. רעייה חזקה בתחילת עונת הצימוח עלולה לעכב את גידולו של הצומח ולגרום לקיבועו בנקודת שיווי משקל נמוכה. רעייה מסוג זה רחוקה מלספק את צורכי הקיום של בעלי החיים (Noy-Meir, 1975). השחיית הרעייה בתחילת עונת הצימוח יכולה למנוע נפילה לנקודת שיווי משקל זו (Gutman et al., 1999). יצרנות העדר תלויה בניצול מרבי של המרעית כאשר איכותה היא הגבוהה ביותר, ולכן השאיפה היא להגביר את הרעייה בעונת הצימוח הקצרה העומדת לרשות העדר. מחקרים קודמים תומכים בגישה זו, הכוללת השויה קצרה בתחילת העונה, לאחר שהראו כי במרעה הים תיכוני המאפיין את אזורנו, ניתן לקיים עדר במרעה בצפיפויות גבוהות מבלי לפגוע בהמשך היצרנות שלו (Gutman et al., 1999).

נמצא כי בשטחי מרעה שיצרנות הצומח בהם בינונית עד גבוהה, הרעייה תרמה לעלייה במגוון המינים. עם הפחתת צפיפות המינים הדומיננטיים והגדולים על ידי הרעייה (Hartnett et al., 1996; Schultz et al., 2011; Bakker et al., 2003), ובעקבותיה עלתה רמת השוויוניות בחברת הצומח (היחס בין הטרונגיות לעושר המינים, evenness). מכאן, שממשק רעייה יכול לשמש כלי לקיום מגוון ביולוגי עשיר יותר בבתי הגידול היצרניים. התחדשות הצומח העשבוני לאורך אלפי שנים באזור הים התיכון, שהושפע מתנאי רעייה ואקלים משתנים, מעידה על כך שצומח זה עמיד לתנאי הגידול הללו (Perevolotsky and Seligman, 1998). יתרה מכך, הרכב הצומח נשאר יציב גם כאשר תנודות האקלים היו חזקות, וכן כשנרשמו שינויים בצפיפויות האכלוס ובעיתוי הרעייה. ההשפעות של רעייה חזקה על הרכב הצומח נחקרו בכרי דשא והוצגו בהיבט קצר טווח של ארבע שנים (Sternberg et al., 2000) ובהיבט ארוך טווח של 17 שנים

המרעה הטבעי המוסדר בצפון הארץ מנוצל בעיקר לעדרי בקר לבשר. לענף הבקר במרעה יתרונות משמעותיים בשטחים הפתוחים שאינם ניתנים לעיבוד, בעיקר באותם שטחים המאופיינים בצומח עשבוני עשיר, כמו בגליל המזרחי ובגולן. נוסף על ייצור חקלאי ושמירה על השטחים הפתוחים, ניתן למנות יתרונות נוספים של הרעייה, ובהם שמירה על מגוון המינים והנוף וצמצום סכנת השרפות והיקפן.

למרות חשיבות הענף כאמצעי ראשון לניהול השטחים הפתוחים במדינה, עדר הבקר לבשר בארץ פועל ברמת ייצור נמוכה מהפוטנציאל המשוער, ויעילות הייצור לאורך הזמן נמצאת במגמת ירידה (אונגר ושות', 2005, 2006). הסיבות העיקריות לכך הן ממשק גידול לא מיטבי, בעיות וטרינריות קשות, טריפות של עגלים וגניבות. ירידה זו פוגעת משמעותית בשיעור הגמילה (יחס עגלים גמולים לאימהות) וגורמת לירידה ברווחיות המגדלים. בתוכנית מחקר אינטגרטיבית, המתבצעת בחוות כרי דשא משנת 1994 ועד היום (29 שנה), נבחנת השפעת הרעייה על הרכב הצומח, על היצרנות ועל איכות המרעית, וכן נבחנת יצרנות בעלי החיים בממשקי רעייה שונים (Henkin et al., 2015).

בעדרי בקר באזורי החבל הים תיכוני נקבעו בעבר צפיפויות האכלוס וממשקי הרעייה באופן אינטואיטיבי, על סמך ניסיונו המקצועי של המגדל. שיטה זו הייתה נכונה לבחירת הממשק המתאים כל עוד צפיפויות האכלוס אפשרו את קיומם של בעלי החיים בשטח לאורך כל השנה. כיום לא ניתן להתבסס כלכלית על מערכות ייצור מסורתיות מעין אלה (Holochek et al., 1998), ולעיתים סיבות כלכליות וממשקיות מצריכות להעלות משמעותית את צפיפויות האכלוס ביחס לאלה שהיו נהוגות בעבר. אופן קביעת ממשק הרעייה המיטבי כיום מורכב, ויש חשיבות רבה למחקר מקיף ומבוקר לבדיקת הגורמים השונים המשפיעים על ההחלטות הממשקיות (Lodge and Johnson, 2008). לעלייה בצפיפות הבקר במרעה יש השלכות: השפעת בעלי החיים על הצומח נעשית משמעותית יותר, נדרשת תוספת גבוהה יותר של מזון משלים, והעלויות הכספיות גבוהות יותר. כל אלה מחייבות התייחסות ממשקית מתאימה (Macleod and McIntyre, 1997; Fynn and O'Conner, 2000).

באזור האגן המזרחי של הים התיכון, באזורים שעיקר המרעה העשבוני בהם הוא מינים חד-שנתיים, המחזור העונתי של הצומח מאופיין בעונת גידול קצרה בתקופת החורף ובתחילת האביב (ינואר עד אפריל או מאי), ואילו הקיץ והסתיו שחונים וחמים (Seligman, 1996). כושר הנשיאה של בעלי החיים בשטח נקבע בהתאם לייצור הראשוני של הצומח העשבוני, אבל כימות ערך זה לקיום

סקרי צומח בשיטת (Step point and Mueller-Dombois) בוצעו לאורך חתכים קבועים בחלקות הניסוי (איור 1) מדי שנה באופן רציף. הסקרים בוצעו בשיא עונת הצימוח באביב (סוף מרץ-אפריל). בכל נקודה לאורך החתך, במרחק של צעד כפול מנקודה אחת לשנייה, נרשמו מיני הצומח שמוט שמוצב אנכית לקרקע נוגע בהם, לפי סדר הופעתם. לחלופין, צוינו באותה נקודה פגיעות בקרקע או בסלע אם השטח היה חשוף. מיני הצומח נרשמו בעת ביצוע החתך, ומיינו ל-12 קבוצות תפקודיות שונות בהתאם לתכונות הצמח, למחזור החיים, לגובהם היחסי ולהשתייכותם לסוגים ולמשפחות. כמו כן, חושב שיעור הכיסוי הממוצע של כל אחד מן המינים שהוגדרו בשטח (כ-200 מינים).

תוצאות

ממשק הרעייה

סך ימי השימוש של הבקר בחלקות שצפיפות האכלוס בהן הייתה גבוהה, היה נמוך ב-65 יום בשנה בממוצע

(Sternberg et al., 2015) ושל 19 שנים (Henkin et al., 2015) מבחינת הייצור הראשוני של הצומח. המאמר הנוכחי סוקר מדדים מרכזיים בניטור ארוך הטווח של הצומח ועדרי הבקר בכרי דשא, ובתוך כך את השפעת ממשק הרעייה ותנאי השטח המשתנים על מרכיבי הצומח.

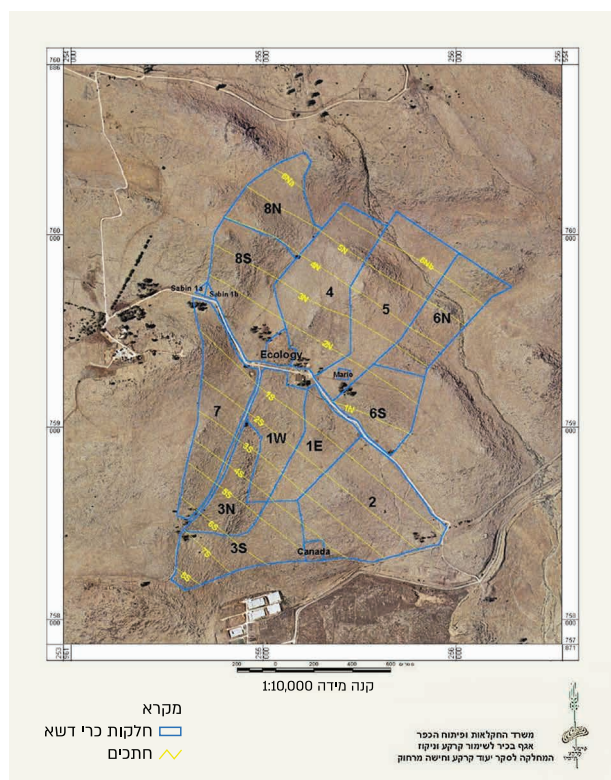
שיטות וחומרים

אתר המחקר ומערך הניסוי

המחקר בוצע בשנים 1994-2022 בחוות כרי דשא, הממוקמת ברמת כורזים שבגליל המזרחי (556 מ"מ גשם בשנה בממוצע). שטחה הכולל של החווה הוא כ-14,500 דונם. שטחן הכולל של חלקות המחקר הוא 2,300 דונם. הצומח מאופיין, כבתה עשבונית רב-שנתית (Zohary, 1973). עדר הניסוי מונה כ-190 פרות ומחולק לשמונה קבוצות בטיפולי רעייה שונים. טיפולי הרעייה כללו שתי צפיפויות אכלוס – 18 דונם לפרה (M, מתונה) ו-9 דונם לפרה (H, גבוהה), ושני ממשקים: רעייה רציפה (C) ורעייה מפוצלת (S), עם שתי חזרות לכל אחד מן הטיפולים. חלקות הרעייה המפוצלת חולקו לשתי תת-חלקות זהות בשטחן, והמעבר בין החלקות התבצע לאחר שכמות הצומח בתת-החלקה המוקדמת (E) הייתה נמוכה מלספק את צורכי הפרות (לאחר כ-45 ימי רעייה בחלקות הצפיפות הגבוהה וכ-90 ימי רעייה בצפיפות המתונה). גם לאחר העברת הפרות לחלקת הרעייה המאוחרת, בעונת היובש, עדיין הייתה גישה לחלקה המוקדמת בחלקות הרעייה המפוצלת, שהצפיפות בהן הייתה גבוהה (H). רעייה במחצית השטח יצרה צפיפות אכלוס זמנית גבוהה מאוד של 4.5 דונם לפרה. ממשק החלקות המפוצלות התבצע עד שנת 2019. משקל הפרות והוולדות נמדד שלוש פעמים בשנה. שיעור ההיריון של הפרות שנחשפו לפרים חושב לאחר בדיקות היריון או התעברות שבוצעו בספטמבר. המערך הבסיסי של הניסוי לא שונה מאז העמדתו ב-1994 כדי לאפשר ניתוח ארוך טווח של מרכיבי הצומח לאורך השנים ותנאי האקלים המשתנים.

ניטור הצומח

דגימת הביומסה העשבונית בחלקות הניסוי בוצעה מדי שנה מאז 1994 לאורך חתכים קבועים, וכללה 20 קצירים מייצגים בכל חלקה בכל מועד דגימה (סך הכול 280 דגימות בכל סקר). הדגימה התבצעה על ידי הסרת הצומח מעל גובה פני הקרקע בשטח התחום במסגרות ברזל (25×25 ס"מ) באופן אקראי לאורך חתכים קבועים (איור 1). הדגימה בוצעה ארבע פעמים בשנה בכל אחת מעונות הרעייה. לאחר הקציר יובשו דגימות הצומח בטמפרטורה של 65 מעלות צלזיוס במשך 48 שעות ונשקלו.



איור 1

מפת חלקות הניסוי בכרי דשא

בצהוב מסומנים החתכים הקבועים שלאורכם בוצעו סקרי הצומח מדי שנה מאז 1994. ממשקי הרעייה וצפיפויות הרעייה, כמו גם מערכי הניטור בכרי דשא, נשמרים לכל אורך שנות המחקר.

הצימוח היה 18 ± 157 ק"ג בלבד. בחלקות שהייתה בהן רעייה בצפיפות גבוהה (HC ו-HS) נראה כי הצומח העשבוני נוצל באופן נמרץ, וכבר ביוני היבול היה נמוך ביותר (איור 4) ולא סיפק את צורכי הבקר. לכן, בכל השנים הוגשה בחלקות הללו גם תוספת של קש כמזון משלים, מעבר לתוספת של זבל עופות.

בניתוח רב-שנתי (21 שנה) בשקלול נתוני הבימוסה העשבונית לאורך עונת הרעייה בשתי תת-החלקות (רעייה מוקדמת ומאוחרת) לטיפול אחד של רעייה מפוצלת, נמצא כי בצפיפות מתונה אין הבדל מובהק ביבול הצומח בשיא העונה הירוקה בין רעייה מפוצלת לבין רציפה. לעומת זאת, בצפיפות אכלוס גבוהה נמצא כי פיזור הרעייה לשתי חלקות משנה (עם רעייה מוקדמת ומאוחרת) תרם בסוף עונת הצימוח (אפריל) לתוספת משמעותית של כ-60 ק"ג חומר יבש לדונם בהשוואה לחלקה שהתקיימה בה רעייה רציפה (איור 4).

השפעת משטרי רעייה על הרכב הצומח

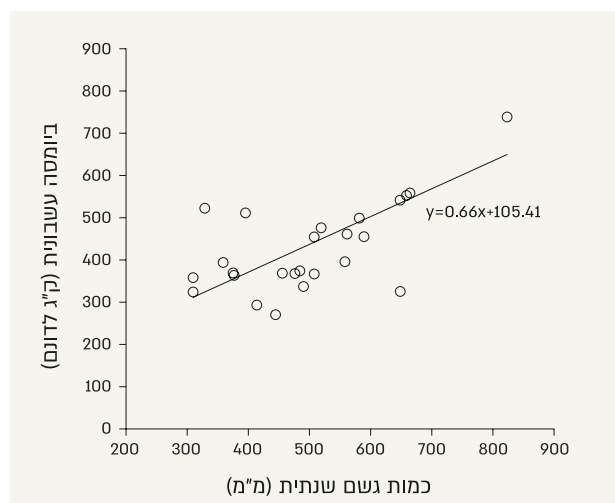
ניתוח סקרי הצומח שנערכו בשיא עונת הצימוח הראה כי שלושת המינים השולטים בכרי דשא הם דגניים: שעורת הבולבוסין (*Hordeum bulbosum*), שיבולת שועל נפוצה (*Avena sterilis*) וזנב שועל מצוי (*Alopecurus utriculatus*). מתוך יותר מ-200 מיני צמחים שהוגדרו בשטח, כ-21 מינים שכיחים מהווים 82% עד 90% מכלל הכיסוי הצמחי בחלקות המחקר. עושר מיני הצומח הנמוך ביותר נמצא בחלקות שהיו בטיפולי הרעייה המפוצלת (טבלה 1) ובביקורת (ללא רעייה). לא נמצא הבדל משמעותי בעושר המינים בין צפיפויות האכלוס השונות (MC ו-HC)

ביחס לחלקות שהיו בצפיפות אכלוס מתונה (205 לעומת 270). שיעור האכלוס השנתי (ימי רעייה לדונם) של הפרות בטיפולי הרעייה המתונה הסתכם בכ-15 ימי רעייה לדונם לשנה בממוצע, לעומת 21.4 ימי רעייה לדונם בממוצע בחלקות שהיו בצפיפות אכלוס גבוהה. למרות זאת, יחס שיעור האכלוס בין טיפולי הרעייה אינו כפול (למרות הצפיפות הכפולה) בעקבות הוצאה מוקדמת של הפרות בחלקות הרעייה בצפיפות גבוהה.

בבדיקת הקשר שבין כמות הגשם השנתית לבין משך תקופת הרעייה בפועל בטיפולים השונים, נמצא כי מרב ההשפעה על משך הרעייה בחלקות באה לידי ביטוי בטיפול הרעייה החזקה. בצפיפות האכלוס הגבוהה, ככל שכמות הגשם השנתית הייתה נמוכה יותר, כך התקצר משך הרעייה בחלקה (איור 2). ירידה בכמות הגשם כמעט ולא השפיעה על משך הרעייה בחלקות בעלות צפיפות אכלוס מתונה (18 דונם לפרה).

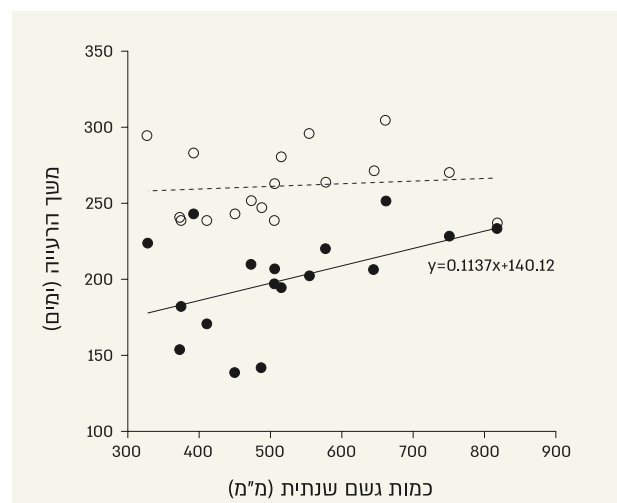
הקשר בין משטרי רעייה למדדי צומח

נמצא מתאם חיובי בין הבימוסה הצמחית בשיא העונה בחלקות ללא רעייה לבין כמות הגשם השנתית ($R^2=0.34$) (איור 3). בשנים גשומות נמצא כי הבימוסה הצמחית הייתה גבוהה יחסית ללא קשר לפיזור הגשמים לאורך העונה. ברעייה רציפה לאחר שהייה (תקופה ללא רעייה בתחילת עונת הצימוח) ובצפיפות מתונה (MC) יבול הצומח העשבוני הממוצע בשיא עונת הצימוח (כפי שנמדד בתחילת אפריל, ללא קוצים) על פני כל השנים היה 23 ± 272 ק"ג חומר יבש לדונם. לעומת זאת, בחלקות בטיפול צפיפות האכלוס הגבוהה (HC) נמצא כי יבול הצומח הממוצע בשיא עונת



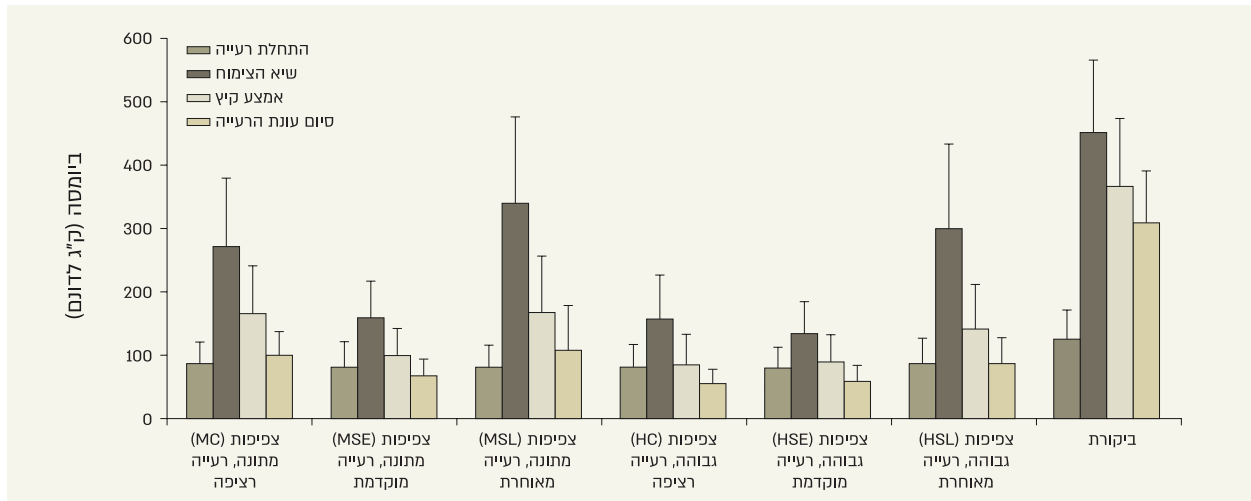
איור 3

הקשר שבין כמות הגשם השנתית בכרי דשא לבין יבול הצומח העשבוני בחלקות ללא רעייה בשנים 1994–2021



איור 2

הקשר שבין כמות הגשם השנתית לבין משך תקופת הרעייה הרעייה נבדקה בחלקות באותה שנה בטיפולי צפיפות האכלוס הגבוהה (HC, נקודות שחורות) והמתונה (MC, נקודות לבנות).



איור 4

יכול הצומח הממוצע בטיפול הרעייה השונים בכרי דשא במיצוע חלקות הרעייה המפוצלות

מועדי הדגימות: עם הכנסת העדר לחלקות (ינואר-פברואר), שיא עונת הצימוח (אפריל), אמצע הקיץ (יוני) ועם הוצאת הפרות מחלקות הניסוי (אוקטובר). טיפולי הרעייה הם: MC – צפיפות מתונה ברעייה מפוצלת, HC – צפיפות גבוהה ברעייה רציפה, HS – צפיפות גבוהה ברעייה מפוצלת. יכול הצומח ללא קוצים.

גבוהה של פרות, בממוצע יש 9 דונם לפרה), רעייה חזקה מאוד (צפיפות גבוהה מאוד של פרות, בממוצע יש 4.5 דונם לפרה) ורעייה רציפה חזקה. באותם טיפולים נמצאה עלייה בשיעור הכיסוי של דגניים חד-שנתיים נמוכים, של קוצים ושל רחבי-עלים, בעיקר מצליבים.

דיון

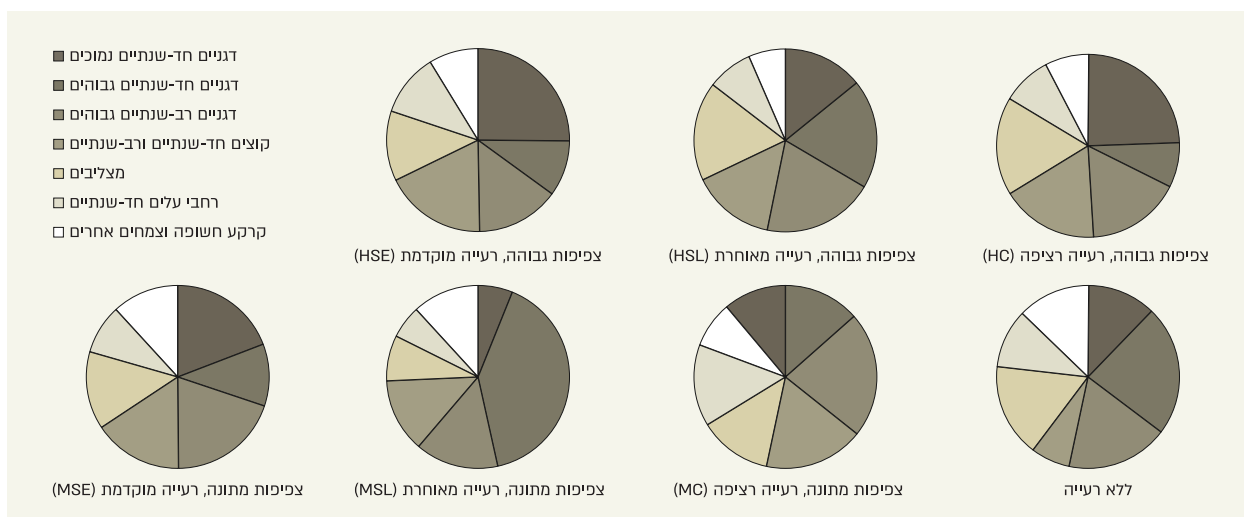
במחקר ארוך טווח המבוצע בחוות כרי דשא מאז 1994 ונמשך עד לימים אלה, נבדקה לאורך השנים השפעת הרעייה על הצומח במרעה. מערך המחקר ארוך הטווח בכרי דשא נבנה מתוך תפיסה אקולוגית מערכתית הגורסת שלרעיית הבקר ולאופן הניהול שלה יש תפקיד מרכזי בעיצוב הצומח ותנאי המרעה, וכי תנאי שטח המרעה משפיעים על יכולת ההתרבות המוצלחת של העדרים במרעה ועל יצרנותם. המחקר מתבסס על ידע קודם שנרכש במגוון ניסויים שבוצעו בעבר בכרי דשא, ושתוצאותיהם פורסמו בכתבי עת שונים בארץ ובעולם (למשל, Henkin et al., 2011; Henkin et al., 2015; Sternberg et al., 2015; Segev et al., 2022). מעבר לנתונים שנאספו במחקר ארוך הטווח, מערך הניסוי משמש גם בסיס מדעי למגוון רחב של מחקרים נוספים שנערכו בעבר ועדיין נערכים בחווה, ועוסקים במחקר ישומי ובמחקר בסיסי תאורטי. ההיכרות רבת השנים עם המערכת האקולוגית הנחקרת, על מכלולי התהליכים השונים שבה, מאפשרת את הצלחת מחקרים אלה.

ברעייה רציפה. מיני הצומח מיינו ל-12 קבוצות תפקודיות (פונקציונליות) שונות, והמינים בכל קבוצה חלקו תכונות דומות. כ-71.5% מכלל הכיסוי בקבוצות התפקודיות השונות הוא של מינים חד-שנתיים. כמו כן, כיסוי הדגניים בלבד (חד-שנתיים ורב-שנתיים) גבוה מ-50% מכלל הכיסוי הצמחי. מיון לפי טיפולי הרעייה השונים (איור 5) הראה כי אחוז הכיסוי של מיני הדגניים החד-שנתיים הגבוהים היה גבוה בחלקה ללא רעייה (ביקורת) ובחלקות הרעייה המתונה והמאוחרת. אחוז הכיסוי של קבוצת צומח זו היה נמוך משמעותית בטיפולים הבאים: רעייה מוקדמת, רעייה חזקה (צפיפות

הטיפול	עושר המינים הממוצע
MC	61.2±8.8
MSE	48.4±5.9
MSL	39.9±5.9
HC	57.1±3.7
HSE	44.9±4.7
HSL	43.5±4.0
ללא רעייה	41.2±6.2

טבלה 1

עושר המינים (מספר מיני הצומח) הממוצע (± סטיית התקן) בטיפול הרעייה השונים בכרי דשא
עושר המינים נקבע לפי מספר מיני הצומח, והממוצע מופיע עם סטיית התקן.



איור 5

שיעור הכיסוי הממוצע של קבוצות הצומח התפקודיות העיקריות בטיפול צפיפות האכלוס ובמשקי הרעייה השונים בכרי דשא

אחוז הכיסוי שלהם היה גבוה יחסית. אחוז הכיסוי של קבוצת צומח זו פחת בצורה ניכרת בממשקים של רעייה מוקדמת (E), רעייה בצפיפות גבוהה (H), רעייה מוקדמת בצפיפות גבוהה מאוד (HSE) ורעייה רציפה חזקה (HC). באותם הטיפולים נמצאה גם עלייה בשיעור הכיסוי היחסי של דגניים חד-שנתיים נמוכים ושל קוצים. כמו כן, נמצאה באותם הטיפולים גם עלייה בשיעור הכיסוי של רחבי-עלים, בעיקר מינים ממשפחת המצליבים. עם זאת, מעניין לראות כי גם בתנאים קיצוניים ביותר, של צפיפות רעייה גבוהה מאוד, נמצאו מינים השייכים לקבוצת הדגניים החד-שנתיים הגבוהים. שיעור הכיסוי שלהם עמד על 5% עד 10% מכלל הצומח, והם לא נעלמו לגמרי מן השטח. Golodets ושות' (2010) הראו, שבמערכות צומח בשליטה של דגניים (ובעיקר חד-שנתיים) שנתונות להיסטוריה ארוכת שנים של רעייה, יש פוטנציאל גבוה לשיקום הצומח לאחר שיפור התנאים. לכן, גם עם הכפלת צפיפות האכלוס פי ארבעה ביחס לטיפול הרעייה המתונה כמו בניסוי זה, לא ניתן לראות שינויים בלתי הפיכים בהרכב הצומח.

אחד הגורמים החשובים ביותר המשפיעים על הרכב הצומח במרעה הוא שחרור מתחרות על משאבים (בעיקר אור) (Segre et al., 2014). אכילה של מינים דומיננטיים מקטינה את ההשפעה שלהם על מינים אחרים, ועל ידי כך מגבירה את חשיבותם וגורמת לשינוי בהרכב חברת הצומח (Olf and Ritchie, 1998). בבתות ההמיקריפטופיטיות, המאפיינות את שטחי המרעה העשבוניים בגליל המזרחי ובגולן, המין היציב ביותר והשולט בשטחי המרעה הוא שעורת הבולבוסין. קיום הבולבוסין בתת-הקרקע ואגירה של חומרי התשמורת שהצמח מתחדש מהם, מאפשרים למין זה להיות משוחרר ולא תלוי בייצור הזרעים. תכונה

שינויים בהרכב הצומח בממשקי רעייה שונים
 תצורת הצומח המאפיינת את אזור הגליל המזרחי היא בתה המיקריפטופיטית, המאופיינת במינים עשבוניים רב-שנתיים המותאמים לרעייה. דומיננטיות גבוהה של דגניים גבוהים (שעורת הבולבוסין ושיבולת שועל מצויה) ונמוכים (זנב שועל מצוי [*Alopecurus utriculatus*] ועוקצר מצוי [*Brachypodium distachyon*]) נרשמה בכלל החלקות, ועיקר הכיסוי העשבוני נתרם ע"י 10% בלבד ממיני הצומח שתועדו בסקרים. מבין 29 המינים הנפוצים שהוגדרו בשטח המחקר בכרי דשא, ושיעור הכיסוי הממוצע שלהם על פני כל השנים גבוה מ-0.5%, נמצא כי ב-10 מהם נצפתה עלייה בשיעור כיסוי השטח (התגברות) בעקבות עלייה בצפיפות האכלוס, וב-12 מינים נצפתה הפחתה בשיעור הכיסוי (התמעטות) בעקבות עלייה בעוצמת הרעייה. מבין המינים האלה, ניתן לראות כי שיעור הכיסוי היחסי של שעורת התבור (*Hordeum spontaneum*), חיטת הבר (*Triticum dicoccoides*), שרעול שער (*Bituminaria bituminosa*) וצנון פגיוני (*Raphanus pugioniformis*) היה הגבוה ביותר בצפיפות רעייה מתונה (MC). כמו כן, בשבעה מינים נפוצים (הכוללים: קיפודן מצוי [*Echinops adenocaulos*], עוקצר מצוי, ברומית זנב שועל [*Bromus alopecuroides*], יבלית מצויה [*Cynodon dactylon*], חטוטרת מצוי [*Ochthodium aegyptiacum*], איסטיס מצוי [*Isatis lusitanica*] ועוכובית הגלגל [*Gundelia tournefortii*]) לא נמצא שינוי בעקבות העלייה בצפיפות האכלוס.

לשינויים השנתיים בכמות הגשם בכרי דשא הייתה השפעה מוגבלת על הרכב קבוצות הצומח (הנקין ושות', 2020). הרעייה הפחיתה את אחוז הכיסוי של דגניים חד-שנתיים גבוהים, ובחלקות הרעייה המתונה והמאוחרת (ולא רעייה)

מהחלקה לפני סיום עונת הצימוח והעברתן לחלקה אחרת שמתקיימת בה רעייה מאוחרת. לצפיפיות האכלוס הייתה גם השפעה משמעותית על יכול הצומח בעונת הקמל, ועם הגברת הצפיפות נמצאה ירידה ביבול, שהשפיעה באופן ישיר על משך שהות הפרות בחלקה. מכאן, שצפיפות האכלוס, משך עונת הרעייה והצורך בתוספת מזון משלים הם המשתנים החשובים לקבלת החלטות לגבי ממשקי הרעייה המיטביים בכל אתר (Hooper and Heady, 1970). הכמויות הנמוכות יחסית של הקמל שנשארו בסוף עונת הרעייה בחלקות בצפיפות הגבוהה, לא היוו בעיה לגבי התחדשות הצומח בשנה העוקבת. הכיסוי הנמוך השאריתי של הצומח (נשר) בשטח, והפחיתה בבנק הזרעים ובכושר הנביטה שלהם (Sternberg et al., 2003) לא מנעו את הנביטה ואת התחדשות המרעית בשנה העוקבת. כאמור, לא נמצאו הבדלים משמעותיים בייצור הצומח בין טיפולי הרעייה השונים עם תחילת עונת הרעייה הבאה, ולא נצפתה מגמת ירידה ביצרנות הצומח במועד זה לאורך השנים (Henkin et al., 2015).

בעבודה זו נמצא יתרון לרעייה מפוצלת לעומת רעייה רציפה כאשר צפיפות האכלוס גבוהה. בצפיפות רעייה של 9 דונם לפרה התקבל יבול גבוה יותר של צומח עשבוני על ידי פיצול החלקה לשניים. הדבר בא לידי ביטוי בעיקר בשיא עונת הצימוח (באפריל) בתוספת ממוצעת של כ-60 גרם חומר יבש למ"ר ביחס לרעייה רציפה בצפיפות דומה. יתרון זה נשמר במידה פחותה גם בהמשך עונת הרעייה, בקיץ.

ביצועי עדר הניסוי בכרי דשא

במחקרי עבר שבוצעו בכרי דשא נמצא יתרון ביצרנות הצומח ובתפוקות הבקר לקיום השהיה, כלומר תקופה ללא רעייה בתחילת עונת הצימוח, וזאת במטרה לאפשר לצומח הטבעי להתבסס (Gutman et al., 1999). תקופת השהיית הפרות מחוץ לחלקות הניסוי, מתחילת רדת הגשמים המשמעותיים הראשונים (כ-20 מ"מ) ועד להכנסתן לחלקות, נמשכה כ-90 יום. עם התחלת הרעייה בחלקות הניסוי, מאמצע ינואר ועד אמצע פברואר (בהתאם למצב הצומח באותה שנה), נמצא כי גם בצפיפות רעייה של 9 דונם לפרה ניתן היה לרעות בשטח ללא חוסר במרעית לכל אורך עונת הצימוח ואף יותר מכך. עם זאת, כאשר הוכפלה הצפיפות בטיפולי הרעייה המפוצלת המוקדמת ל-4.5 דונם לפרה (HSE), לא ניתן היה להחזיק את העדר למשך כל עונת הצימוח, והיה צורך להעביר את הפרות לחלקות הרעייה המאוחרת (HSL) (Henkin et al., 2015).

הממצאים התאימו למסגרת הקונספטואלית שהציע עמנואל נוי-מאיר (Noy-Meir, 1975): קו התפר בין הצטברות ביומסה בעונה הירוקה (למרות הרעייה) לבין "קריסת" המערכת לנקודת שיווי משקל בביומסה נמוכה נמצא בין 9 דונם לפרה ו-4.5 דונם לפרה, כפוף להשהיה. עם זאת,

זו מקנה לו פלסטיות פנוטיפית גבוהה, עמידות וכושר התחדשות גבוהים ויציבות מפני לחצי רעייה חזקים לאורך שנים. יכולתה הגבוהה של המין להתחדש עם רדת הגשמים הראשונים מדי שנה מקנה לו אפשרות לקיום בתנאים של צפיפות רעייה גבוהה, עמידות גבוהה מול כמויות הגשם המשתנות, ובעיקר כושר להתמודד עם כמויות לא מספקות של גשם בשנים שחונות (Henkin et al., 2015).

הצומח בתחנת המחקר ארוך הטווח מראה יציבות גבוהה במגוון תנאי רעייה (Ives and Carpenter, 2007), וגם עם הגברת צפיפות האכלוס במידה רבה לא נמצאה ירידה משמעותית בכיסוי שעורת הבולבוסי. כמו כן, לא נמצאו קבוצות תפקודיות שחסרו ונעלמו לחלוטין מהשטח. עם זאת, לחצי רעייה גבוהים הביאו לעלייה ביצרנות קוצים גדולים והפחיתו את הביומסה הנעכלת (Segev et al., 2022). תוצאות המחקר מדגישות את גמישות המערכת העשבונית הים תיכונית לשינויים שנתיים במשטרי הגשם, כמו גם לצפיפיות האכלוס ולעונתיות שלה. מכאן התמיכה בהנחה, שלמרות האי-ודאות בתנאי האקלים המשתנים ובמשטרי הרעייה, המערכת האקולוגית הים תיכונית, שהייתה נתונה להשפעות היסטוריות של רעייה, יציבה לאורך זמן (Carmona et al., 2012; Golodets et al., 2013; Shafran-Nathan et al., 2013).

יצרנות מרעית בממשקי רעייה שונים

מתוצאות הניסוי ניתן לראות כי יצרנות המרעית בכרי דשא גבוהה ביחס לאזורים רבים אחרים בארץ, וכי ללא רעייה (בחלקות הביקורת) היבול הממוצע בשיא הצימוח עומד על כ-450 גרם חומר יבש למ"ר. אף על פי שהנתונים אינם כוללים צומח לא נעכל (קוצים גדולים), קיים מתאם לינארי בין יצרנות הצומח לכמות הגשם השנתית: יבול הצומח גבוה יותר בשנים גשומות ונמוך יחסית בשנים שחונות. ההשפעות של כמות הגשם השנתית על היצרנות ובעיקר על איכות של המרעית בכרי דשא נסקרו לאחרונה בהרחבה (הנקין ושות', 2020). יבול הצומח הגבוה ביותר נמצא באמצע אפריל, בשיא עונת הצימוח. אך גם ללא רעייה, במשך תקופת היובש יש פחיתה ביבול המרעית המסתכמת בכ-40%. לכן, יש יתרון בניצול הצומח, עד כמה שניתן, בעודו ירוק. יש לציין, שסטיית התקן הממוצעת של היבול בכל הטיפולים בין השנים עומדת על כ-43%, אך למרות זאת, ההבדלים בין טיפולי הרעייה השונים נמצאו מובהקים לאורך השנים (Henkin et al., 2015).

נראה, כי ברעייה רציפה לאחר השהיה בצפיפיות של עד 9 דונם לפרה (אך לא בצפיפות גבוהה יותר), ניתן לקיים עדר על המרעית בלבד לכל אורך עונת הצימוח. הגברת הצפיפות מעבר לרמה זו בעייתית, ובצפיפות של 4.5 דונם לפרה קצב צריכת הצומח על ידי הפרות גבוה מקצב הצימוח של העשב (ראו גם Noy-Meir, 1975), ונדרשת הוצאת הפרות

ממשקי רעיית בקר על הצומח ועל יצרנות העדרים. מאמר זה סקר את ההשפעה המשולבת של צפיפות הרעייה (לחץ הרעייה) וממשק הרעייה העונתי (רציפה ומפוצלת) על יצרנות הצומח, על הרכב הצומח ועל ביצועי העדרים במרעה. תוצאות המחקר ארוך הטווח מדגישות את גמישות המערכת העשבונית הים תיכונית ואת עמידותה לשינויים שנתיים במשטרי הגשם ותנאי האקלים, כמו גם לצפיפויות הרעייה ולחלוקה העונתית שלה.

תודות

לצדוק כהן על ניהול חוות כרי דשא, על כל המורכבות שבה. ליהודה יהודה על ביצוע הקצירים, למיכאל לוריא ולרן לוטן על ביצוע סקרי הצומח לאורך שנות המחקר. לפרופ' אבי פרבולוצקי, ד"ר יאן לנדאו, ד"ר יוג'ין אונגר ופרופ' מרסלו שטרנברג על עבודת מחקר ענפה בחווה, ליענק'ה ורחמים דבוש על ניהול העדר, למרות כל הקשיים. למכון וולקני שאפשר מנהלית ותקציבית לקיים את המחקר ארוך הטווח הזה ולהביאו לפרסום.

ניתוח הנתונים לא מצא מגמת ירידה ביצרנות הצומח (לאורך שנים) בחלקות של 4.5 דונם לפרה, וזאת אף על פי שההיגיון אומר שהפעלת לחצי רעייה חזקים מאוד עלולה לפגוע בתפקוד המערכת (ירידה בכושר היצרנות) ולכן מומלץ להתרחק מגבולות אלה.

בעונת היובש, המאפיינת את אזור האקלים הים תיכוני, יש צורך בהוספת מזון מעבר למרעה הטבעי המצוי בגלל איכות נמוכה של הקמל, בעיקר מחסור בחלבון. כצפוי, נמצא כי בטיפול צפיפות האכלוס הגבוהה צריכת המזון המשלים היומית הייתה גבוהה ביחס לזו שנצרכה בחלקות טיפולי צפיפות האכלוס המתונה. הסיבה לכך היא כמות מרעית נמוכה יותר בצפיפות הגבוהה, שעדיין זמינה לבקר בסוף הקיץ. גם במקרה זה נמצא יתרון בקיום רעייה מפוצלת לעומת רציפה. כמות המזון המשלים היומית שהפרות צרכו בצפיפות האכלוס הגבוהה המפוצלת (HS) הייתה נמוכה ביחס לצריכת המזון המשלים של הפרות בחלקות בצפיפות דומה אך ברעייה רציפה (HC).

רעייה של בקר וצאן היא כלי ממשקי ראשון בניהול השטחים הפתוחים בישראל ובאזורים ים תיכוניים אחרים. המחקר בכרי דשא בוחן לאורך שנים את ההשפעות של

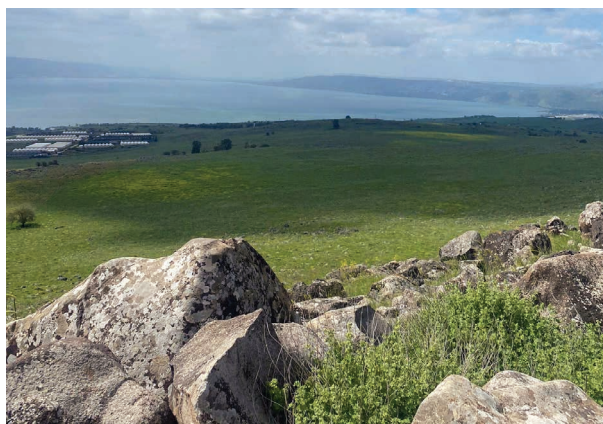
מקורות

- Ganskopp DC and Bohnert DW. 2009. Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(2–4), 110–119.
- Gitay H and Noble IR. 1997. What are functional types and how should we seek them? In: Smith TM, Shugart HH, Woodward FI (Eds). *Plant Functional Types: Their relevance to ecosystem properties and global change*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 3–19.
- Golodets C, Sternberg M, and Kigel J. 2010. Recovery of plant species composition and ecosystem function after cessation of grazing in a Mediterranean grassland. *Plant and Soil*, 329, 365–378.
- Golodets C, Sternberg M, Kigel J, Boeken B, Henkin Z, Seligman NG, et al. 2013. From desert to Mediterranean rangelands: Will increasing drought and inter-annual rainfall variability affect herbaceous annual primary production? *Climatic Change*, 119, 785–798.
- Gutman M and Seligman NG. 1979. Grazing management of Mediterranean foothill range in the upper Jordan River Valley. *Journal of Range Management*, 32(2), 86–92.
- Gutman M, Holzer Z, Seligman NG, and Noy-Meir I. 1990. Stocking density and production of a supplemented beef herd grazing yearlong on Mediterranean grassland. *Journal of Range Management*, 43(6), 535–599.
- Gutman M, Seligman NG, and Noy-Meir I. 1990. Herbage production of Mediterranean grassland under yearlong and seasonal grazing systems. *Journal of Range Management*, 43(1), 64–68.
- Gutman M, Holzer Z, Baram H, Noy-Meir I, and Seligman NG. 1999. Heavy stocking and early-season deferment of grazing on Mediterranean-type grassland. *Journal of Range Management*, 52, 590–539.
- אונגר י"ד, קרליבך י, יהודה י, ברעם ח וגוטמן מ. 2005. ניתוח רב שנתי של הייצור בעדר בקר לבשר במרעה ברמת הגולן: 2. אוכלוסיית הוולדות ויעילות הייצור. **ידיעות לבוקרים**, 113, 13–19.
- אונגר י"ד, גוטמן מ, כהן צ, ברעם ח, אהרון ח, דור סיני נ, שלוש ח, זליגמן נ. 2006. יעילות הייצור של עדר הבקר לבשר בחוות כרי דשא: סיכום של 15 שנה. **ידיעות לבוקרים**, 116, 11–18.
- הנקין ז, שטרנברג מ, פרבולוצקי א, גורליק ח, יהודה י, לנדאו י, דברת ג. 2020. מגמות שינוי בהרכב הצומח העשבוני, ביצרנות המרעית ובאיכותה על בסיס ניסוי ארוך-טווח בגליל המזרחי. **אקולוגיה וסביבה**, 11(2), 36–48.
- Augustine DJ. 2003. Spatial heterogeneity in herbaceous layer of semi-arid savanna ecosystem. *Plant Ecology*, 167(2), 319–332.
- Bakker C, Blair JM, and Knapp AK. 2003. Does resource availability, resource heterogeneity or species turnover mediate changes in plant species richness in grazed grasslands? *Oecologia*, 137, 385–391.
- Baron VS, Mapfumo E, Dick AC, Naeth MA, Okine EK, and Chanasyk DS. 2002. Grazing intensity impacts on pasture carbon and nitrogen flow. *Journal of Range Management*, 55, 535–541.
- Burke IC, Lauenroth WK, and Parton WJ. 1997. Regional and temporal variation in net primary production and nitrogen mineralization in grassland. *Ecology*, 78(5), 1330–1340.
- Carmona CP, Azcárate FM, de Bello F, Ollero HS, Lepš J, and Peco B. 2012. Taxonomical and functional diversity turnover in Mediterranean grasslands: interactions between grazing, habitat type and rainfall. *Journal of Applied Ecology*, 49, 1084–1093.
- Fynn RWS and O'Connor TG. 2000. Effect of stocking rate and rainfall on rangeland dynamics and cattle performance in a semi-arid savanna, South Africa. *Journal of Applied Ecology*, 37, 491–507.

- Noy-Meir I. 1975. Stability of grazing systems: An application of predator-prey graphs. *Journal of Ecology*, 63(2), 459–481.
- Olf H and Ritchie ME. 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology and Evolution*, 13(7), 261–265.
- Perevolotsky A and Seligman NG. 1998. Role of grazing in Mediterranean rangeland ecosystems. *BioScience*, 48(12), 1007–1017.
- Rosiere RE. 1987. An evaluation of grazing intensity influences on California annual range. *Journal of Range Management*, 40(2), 160–165.
- Schultz NL, Morgan JW, and Lunt ID. 2011. Effects of grazing exclusion on plant species richness and phytomass accumulation vary across a regional productivity gradient. *Journal of Vegetation Science*, 22, 130–142.
- Segev O, Golodets C, Henkin Z, Gorelik H, and Dovrat G. 2022. Long-term proliferation of large annual thistles in dry Mediterranean rangelands. *Ecosphere*, 13(12), e4340.
- Segre H, Ron R, De-Malach N, Henkin Z, Mandel M, and Kadmon R. 2014. Competitive exclusion, beta diversity, and deterministic vs. stochastic drivers of community assembly. *Ecology Letters*, 17, 1400–1408.
- Seligman NG. 1996. Management of Mediterranean grasslands. In: Hodgson J and Illius AW (Eds). *The Ecology and Management of Grazing Systems*. Wallingford, Oxon., UK: CAB International. pp. 359–391.
- Seligman NG and van Keulen H. 1989. Herbage production of a Mediterranean grassland in relation to soil depth, rainfall and nitrogen nutrition: A simulation study. *Ecological Modelling*, 47(3–4), 303–311.
- Shafan-Nathan R, Svoray T, and Perevolotsky A. 2013. The resilience of annual vegetation primary production subjected to different climate change scenarios. *Climatic Change*, 118, 227–243.
- Sternberg M, Gutman M, Perevolotsky A, Ungar ED, and Kigel J. 2000. Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: A functional group approach. *Journal of Applied Ecology*, 37, 1–15.
- Sternberg M, Gutman M, Perevolotsky A, and Kigel J. 2003. Effects of grazing on soil seed bank dynamics: An approach with functional groups. *Journal of Vegetation Science*, 14, 375–386.
- Sternberg M, Golodets C, Gutman M, Perevolotsky A, Ungar ED, Kigel J, et al. 2015. Testing the limits of resistance: A 19-yr study of Mediterranean grassland response to grazing regimes. *Global Change Biology*, 21, 1939–1950.
- Zohary M. 1973. *Geobotanical Foundations of the Middle East*. Stuttgart, Germany: Gustav Fischer Verlag; and Amsterdam, the Netherlands: Swets and Zeitlinger.
- Hartnett DC, Hickman KR, and Fischer WLE. 1996. Effects of bison grazing, fire, and topography on floristic diversity in tallgrass prairie. *Journal of Range Management*, 49, 413–420.
- Heitschmidt RK, Dowhower SL, and Walker JW. 1987. Some effects of a rotational grazing treatment on quantity and quality of available forage and amount of ground litter. *Journal of Range Management*, 40(4), 318–321.
- Hirata M, Sakou A, Terayama Y, Furuya M, and Nanba T. 2008. Selection of feeding areas by cattle in a spatially heterogeneous environment: Selection between two tropical grasses. *Journal of Ethology*, 26, 327–338.
- Henkin Z, Ungar ED, Dvash L, Perevolotsky A, Yehuda Y, Sternberg M, et al. 2011. Effects of cattle grazing on herbage quality in an herbaceous Mediterranean rangeland. *Grass and Forage Science*, 66, 516–525.
- Henkin Z, Ungar ED, Perevolotsky A, Gutman M, Yehuda Y, Dolev A, et al. 2015. Long-term trade-offs between herbage growth, animal production and supplementary feeding in heavily grazed Mediterranean grassland. *Rangeland Ecology and Management*, 68, 332–340.
- Holochek JL, Pieper RD, and Herbel RD. 1998. *Range management: Principles and practices*, 5th ed. Englewood, NJ: Prentice-Hall.
- Hooper JF and Heady HF. 1970. An economic analysis of optimum rates of grazing in the California annual-type grassland. *Journal of Range Management*, 23(5), 307–311.
- Ives AR and Carpenter SR. 2007. Stability and diversity of ecosystems. *Science*, 317(5834), 58–62.
- Leriche H, LeRoux X, Gignoux J, Tuzet A, Fritz H, Abbadie L et al. 2001. Which functional processes control the short-term effect of grazing on net primary production in grasslands? *Oecologia*, 129(1), 114–124.
- Lodge GM and Johnson IR. 2008. Using modeling to explore the relationships between predicted long-term stocking rate and sheep intake of pasture and supplement for a native grass-based pasture near Barraba. In: Boschma SP, Serafin LM, and Ayres JF (Eds). *Proceedings of the 23rd Annual Conference of the Grassland Society of New South Wales*. Orange: Grassland Society of NSW Inc. pp. 141–143.
- Macleod ND and McIntyre S. 1997. Stocking rate impacts on the production and economic performance of steers grazing black speargrass pastures. *The Rangeland Journal*, 19(2), 174–189.
- Mueller-Dombois D and Ellenberg H. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York, NY: Wiley.



בתה עשבונית בפריחה בכרי דשא בחודש אפריל. בתקופה זו נערכים רוב סקרי הצומח השנתיים בחלקות הניסוי צילום: גיא דוברת



עננים מעל חלקות הניסוי בכרי דשא בתחילת האביב. מבט לדרום-מזרח צילום: אפרים לוינסון