גידול בקר לבשר במרעה עשבוני ים-תיכוני, פיתוח ממשק מיטבי רב-שנתי:
סיכום מחקר ארוך טווח בשנים 1994-2014

ד"ר זלמן הנקין, היחידה לבקר לבשר, נווה יער, המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי

פרופ' אבי פרבולוצקי, המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי

ד"ר יאן לנדאו, המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי

ד"ר יוג'ין אונגר, המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי

ד"ר מרסלו שטרנברג, המחלקה למדעי הצמח, אוניברסיטת תל-אביב

יהודה יהודה, מו"פ צפון, קריית שמונה

ד"ר עמית דולב, מו"פ צפון, קריית שמונה

ד"ר אריה ברוש, בקר לבשר נוה יער, מנהל המחקר החקלאי (גמלאי)

ד"ר מריו גוטמן ז"ל, המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי (גמלאי)

ד"ר נעם זליגמן, המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי (גמלאי)

EVERLAST

תוכן העניינים:

תקציר.....4

מבוא.....5

רקע כללי.....5

מטרות המחקר.....7

שיטות וחומרים.....7

אתר המחקר ומערך הניסוי.....7

העדר ותוספות מזון משלים.....9

מעקב בבעלי החיים.....9

ניטור צומח.....10

ביומסה עשבונית.....10

איכות המרעית.....10

הרכב הצומח.....10

יסודות ההזנה בקרקע.....11

תוצאות.....12

ממשק הרעייה.....12

ביצועי העדר.....12

מזון מוגש.....13

יבול הצומח.....14

איכות המרעית.....17

הרכב הצומח.....20

יסודות ההזנה בקרקע.....25

דיון.....26

ביצועי עדר הניסוי בכרי דשא.....27

יבול הצומח.....28

איכות המרעית.....29

השפעת העונה והשנה.....29

השפעת עונתיות הרעייה והצפיפות.....29

הרכב הצומח.....30

יסודות ההזנה בקרקע.....32

סיכום ומסקנות - נקודות מרכזיות.....32

תודות.....33

רשימת ספרות.....34

תקציר

המרעה הטבעי המפותח והמוסדר בצפון הארץ מנוצל בעיקר ע״י עדרי הבקר לבשר. לענף זה יתרונות משמעותיים בשטחים הפתוחים בגליל ובגולן, בעיקר באותם שטחים המאופיינים בצומח עשבוני עשיר. הרעייה בשטחים הפתוחים מהווה בסיס לייצור בשר ומקור פרנסה לעוסקים בתחום, ובו בזמן אמצעי לשמירה על השטח והנוף.

מטרת העל של המחקר היא ליעל את השימוש במשאבי המרעה העשבוני ליצור בשר איכותי, תוך שימור צומח המרעה וקידום ערכי הנוף והסביבה. היעדים הספציפיים של המחקר הם: 1. שיפור יעילות ניצול המרעה והזנת העדר בהקשר מערכתי, תוך לימוד ממשק הרעייה וההזנה ומעקב אחר בצועי העדר. 2. לימוד השפעות ממשק הרעייה על הרכב, כמות ואיכות הצומח והקרקע במרעה.

במחקר רב-שנתי (21 שנה) שבוצע בחוות המחקר כרי דשא, הממוקמת ברמת כורזים בגליל המזרחי, נבדקו: (א) יצרנות בעלי חיים, (ב) משך הרעייה וכמות מזון משלים ו-(ג) השפעת רעיית הבקר על הצומח בתנאים של מרעה עשבוני ים-תיכוני. עדר הניסוי מנה כ- 190 פרות אם, אשר חולקו בין 8 קבוצות שכללו ארבעה טיפולי רעייה בשתי חזרות, בשטח מחקר המשתרע על פני כ- 2,300 דונם. טיפולי הרעייה כללו שתי צפיפויות, האחת גבוהה (9 דונם לפרה) והשנייה בינונית (18 דונם לפרה) ושני ממשקי רעייה - רציפה ומפוצלת. הרעייה המפוצלת נחלקה לשתי תת-חלקות - בראשונה (המוקדמת) רעו הפרות עד אשר העשב בה התדלדל, ולאחר מכן הועברו הפרות לתת-החלקה השנייה (המאוחרת). בכל חלקות הטיפול הוכנסו הפרות לשטח לאחר השהייה של כ- 70 יום מרדת הגשמים המשמעותיים הראשונים (כלומר באמצע – סוף ינואר). בשני הממשקים, נמצא כי תחת צפיפות רעייה גבוהה יש ירידה של 43% בביומסה הצמחית בסוף עונת הגידול, שהתבטאה במחסור בקמל בעונת היובש. בהתאם לכך, הייתה פחיתה של 38% במשך הרעייה, ונדרשה תוספת גדולה יותר של מזון משלים. אך תחת משטר הרעייה החזק נמצא כי ייצור משקל חי גמול היה גבוה יותר ליחידת שטח, וכי ניתן לרעות בלחץ גבוה לאחר השהייה ועם תוספת מתאימה של מזון משלים, ללא פגיעה משמעותית בביצועי הבקר. כמו כן, נמצא יתרון בשיעור ההתעברות ובמשקל הפרות בממשק של רעייה מפוצלת לעומת רעייה רציפה.

בממשק הרעייה המפוצלת, בצפיפות הרעייה הגבוהה, התקבל עומד צומח גבוה יותר מאשר ברעייה הרציפה, אשר בא לידי ביטוי בעיקר בשיא עונת הצימוח (אפריל). ההשפעות העיקריות של ממשק הרעייה על שעור הכיסוי היחסי של הקבוצות התפקודיות השונות של הצומח נמצאו בקשר לעונתיות הרעייה (מוקדמת או מאוחרת), אך מגוון מיני הצומח היה דומה בכל טיפולי הרעייה. פחיתה בכיסוי מיני הדגניים הגבוהים תחת צפיפויות רעייה גבוהות, הייתה ביחס הפוך לעלייה בכיסוי מינים בעלי ערך נמוך יותר למרעה, כדוגמת מיני הקוצים החד והרב-שנתיים, מצליבים ודגניים נמוכים. מעקב ארוך טווח הראה, כי תנודות שנתיות בשיעור הכיסוי של קבוצות הצומח השונות מושפע בעיקר מצפיפות הרעייה והעיתוי שלה, אך פחות מכמויות המשקעים. כן נמצא יתרון באיכות המרעית, בעיקר בעונת הצימוח, לממשק של רעייה מוקדמת וצפיפות גבוהה. תופעה זו מוסברת ע״י עידוד ההתחדשויות הצעירות של הצומח כתוצאה מאכילתו. יתרון יחסי זה באיכות הצומח בא כפיצוי מסויים לביומסה הנמוכה יחסית שנמצאה באותן חלקות.

נמצא, כי תחת משטרי הרעייה השונים קיים תהליך הוצאה של זרחן וחנקה משטח המרעה, והעברתו ע״י הבקר לאזורי הריכוז והמנוחה בחלקות הגידול. דילדול הנוטריאנטים במרעה הוא תוצאה של ניצול הצומח ע״י הבקר הרועה בשטח, ופיזורו בגללים בנקודות אלה. עם זאת, לא נצפו כל סימנים המעידים על התמוטטות מערכת הצומח בשל מחסורים ביסודות הזנה. המשך הקיום של מיני דגניים גבוהים ומינים איכותיים אחרים תחת משטר רעייה ארוך טווח, ואי-פגיעה ביצרנות הצומח תחת צפיפויות רעייה גבוהות, מחזקים את ההשערה כי הצומח העשבוני הים-תיכוני עמיד ויציב גם בתנאי הרעייה הנמשכים זה אלפי שנים.

מילות מפתח: איכות המרעית, ביומסה צמחית, יצרנות בקר לבשר, מגוון מינים, רעייה נמשכת, רעייה מפוצלת, מזון משלים.

מבוא:

המרעה הטבעי המפותח והמוסדר בצפון הארץ מנוצל בעיקר ע״י עדרי הבקר לבשר. לענף הבקר במרעה יש יתרונות משמעותיים בשטחים הפתוחים אשר אינם ניתנים לעיבוד, כמו בגליל ובגולן ובעיקר באותם שטחים המאופיינים בצומח עשבוני עשיר. בנוסף ליצור בשר ושמירה על השטחים הפתוחים, ניתן למנות יתרונות אקולוגיים נוספים של הרעייה, הכוללים שמירה על מגוון המינים והנוף וצמצום סכנת השריפות והיקפן. צריכת הבשר בארץ נמצאת בשנים האחרונות בעלייה מתמדת, אבל ייצור הבשר המקומי מספק רק כשליש מן הצריכה, כאשר חלקו הגדול יותר הוא מעגלי הפיטום מרפת החלב ועגלי יבוא. אך למרות חלקו הקטן יחסית של ייצור הבשר מהמרעה (כ- 6% מכלל בשר הבקר), יש לענף זה יתרונות מיוחדים הנובעים מאיכותו כבשר טרי. בגלל העליה בצריכת הבשר בשנים האחרונות, ועמה עליית המודעות לבשר איכותי, הגברת הייצור המקומי של בשר בקר בישראל היא יעד מועדף של משרד החקלאות. אך למרות חשיבות הענף כאחד האמצעים לניהול השטחים הפתוחים במדינה, עדר הבקר לבשר בארץ פועל ברמת יצור נמוכה מהפוטנציאל המשוער, ויעילות היצור לאורך הזמן נמצאת במגמת ירידה (אונגר וחוב׳ 2005; 2006). הסיבות העיקריות לכך הן: (1) אי התאמה של הגזעים לתנאי השטח, (2) ממשק גידול לא מיטבי, (3) בעיות וטרינריות קשות הגורמות לפחיתה משמעותית בוולדות, (4) הפלות, (5) טריפות של עגלים ועגלות (6) גניבות. ירידה זו פוגעת משמעותית בשעור הגמילה וגורמת לירידה בריווחיות. על מנת לשפר את שעורי הרווחיות הנמוכים הקיימים כיום בחלק לא מבוטל של המשקים, יש לאתר את הגורמים לבעיות אלו ולהציע פתרונות ישומיים לכך.

השאלות העולות בהקשר לממשק העדר במרעה עדיין רבות, ומתמקדות היום בסיבות לפחיתה בייצור הבשר. אך ישנם היבטים נוספים שלא זכו לתשומת לב רבה בעבר, ואשר מידת חשיבותם היום עולה במידה רבה. הם כוללים נושאים העוסקים באיכות הסביבה, הרכב הצומח ואיכותו, מגוון מינים, השפעת הרעייה על רמת הנוטריינטים בקרקע ועוד. משום כך, יש צורך לבחון בו זמנית את הנושא בהקשר מערכתי כולל. בהקשר היצרני יש צורך לבחון, כיצד ניתן לשפר את ממשק הרעייה וההזנה כדי לשפר את ביצועי העדר, כמו גם את איכות וכמות הצומח (ביומסה). נושאי המחקר בהקשר לרעיית בקר לבשר הם רבים ומגוונים. בתכנית מחקר אינטגרטיבית, שבוצעה בחוות כרי דשא בשנים 1994 – 2014 ניתנה עדיפות לבדיקת הנושאים הבאים: (א) יצרנות בעלי החיים תחת ממשקי רעייה שונים, (ב) השפעת הרעייה על הרכב הצומח, הביומסה ואיכות המרעית. תכנית זו גם בדקה באופן ראשוני את הקשר שבין תכונות הקרקע (כולל יסודות ההזנה) לבין ממשק הרעייה.

רקע כללי:

צפיפויות הרעייה וממשק הרעייה בכלל בעדרי בקר באזורי החבל הים תיכוני נקבעו בעבר באופן אינטואיטיבי, על סמך ניסיונו המקצועי של המגדל. שיטה זו לבחירת הממשק המתאים הייתה נכונה כל עוד צפיפויות הרעייה אפשרו את קיומם של בעלי החיים בשטח לאורך כל השנה. אך כיום, לא ניתן להתבסס כלכלית על מערכות ייצור מסורתיות מעין אלו (Holochek et al. 1998) ויש צורך, בגלל סיבות כלכליות, להעלות משמעותית את צפיפויות הרעייה ביחס לאלו שהיו נהוגות בעבר. אופן קביעת ממשק הרעייה המיטבי היום הינו מורכב, ויש חשיבות רבה במחקר מקיף ומבוקר לבדיקת הגורמים השונים המשפיעים על ההחלטות הממשקיות הנלקחות (Lodge and Johnson 2008). בד בבד עם העלייה בצפיפות הבקר במרעה, יש התמודדות עם מגוון שאלות נלוות העולות מכך; השפעת בעלי החיים על הצומח נעשית משמעותית יותר, נדרשת תוספת גבוהה יותר של מזון משלים, העלויות הכספיות גבוהות יותר וכל אלה מחייבים התייחסות ממשקית מתאימה (Fynn and O'Conner 2000; Macleod and Mcintyre 1997).

באזור האגן המזרחי של הים התיכון, באזורים בהם המרעה העשבוני נשלט ע״י מינים חד-שנתיים, המחזור העונתי של הצומח מאופיין בעונת גידול קצרה בתקופת החורף ותחילת האביב, 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 עדרים בני-קיימא על פני שטחים נרחבים אינו פשוט, כי הוא מושפע מגורמים אקלימיים המשתנים בין ובתוך השנים, הכוללים: כמות ופיזור שנתי של המשקעים, טמפרטורות ולחות, וגורמים פיזיים וביולוגיים, כגון הרכב צומח ומגוון בתי גידול בשטחי המרעה, טופוגרפיה, כיסוי סלע, עומק קרקע וזמינות חומרי הזנה (Seligman and Van Keulen 1989; Burke et al. 1997; Leriche et al. 2001; Augustine 2003; Golodets et al. 2013). קיום ממשק רעייה מיטבי תחת תנאים אלו תלוי לא רק ברמת היצרנות של המרעה ותוספות המזון המשלים הניתנות לבעלי החיים, אלא גם בתגובת הצומח ובעלי החיים לצפיפויות רעייה שונות ולעיתוי הרעייה (Heitschmidt et al. 1987; Gutman et al. 1990).

באופן כללי, 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 ובין מידת צריכתו ע"י 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 צרכי הקיום של בעלי החיים (Noy-Meir 1975). השהיית העדר בתחילת עונת הצימוח (דהיינו, החזקתו מחוץ לשטח הרעייה) יכולה למנוע נפילה לנקודת שווי משקל זו (Gutman et al. 1999). אך יצרנות העדר תלויה בניצול מרבי של המרעית כאשר איכותו היא הגבוהה ביותר, ולכן השאיפה היא להאריך ולהגביר את הרעייה בעונת הגידול הקצרה העומדת לרשותו. מחקרים קודמים תומכים בגישה זו, לאחר שהראו כי במרעה הים תיכוני המאפיין את אזורנו ניתן לקיים עדר במרעה בצפיפויות גבוהות, מבלי לפגוע בהמשך היצרנות שלו (Gutman et al. 1999).

במחקרי עבר נמצא, כי בשטחי מרעה בהם יצרנות הצומח בינונית עד גבוהה, הרעייה תרמה לעלייה במגוון המינים. כתוצאה מהטרוגניות רבה יותר של המשאבים במרחב (Hartnett et al. 1996; Bakker et al. 2003), עלתה רמת השוויוניות עם הרחקת המינים השולטים המתחרים (Hartnett et al. 1996; Schultz et al. 2011). מכאן, שממשק רעייה יכול לשמש ככלי לקיום מגוון ביולוגי עשיר יותר בבתי הגידול היצרניים. הקיום ארוך הטווח של המרעה העשבוני לאורך אלפי שנים באזור הים תיכון המזרחי, אשר הושפע מתנאי רעייה ואקלים משתנים, מעיד על כך שצומח זה עמיד לתנאי גידול אלו (Perevolotsky and Seligman 1998). יותר מכך, הרכב הצומח נשאר יציב גם כאשר התנודות האקלימיות חזקות, וכך גם עם שינויים בצפיפויות הרעייה ועיתוי הרעייה. השפעות של רעייה חזקה על הרכב הצומח נחקרו בכרי דשא והוצגו בהיבט קצר טווח של 4 שנים (Sternberg et al. 2000), ובהיבט ארוך טווח של 19 שנים (Sternberg et al. 2015) ו- 17 שנים בהיבט היצור הראשוני של הצומח (Henkin et al. 2015). כמו כן, בעבודות שונות נבדקו השפעות ממשקי הרעייה השונים בשילוב עם תנאי אקלים משתנים (משקעים) על מגוון המינים, קבוצות צומח תפקודיות (Gitay and Noble 1997) וחברת הצומח בכללה.

לאיכות המרעית יש תפקיד מרכזי ביצרנות הבקר, ויש לקחת זאת בחשבון בתכנון ויישום הרעייה במערכות המרעה (Briske et al. 2008). לאיכות וזמינות המנה השפעה ישירה גם על בחירת שטחי האכילה המועדפים של בעלי החיים הרועים (Hirata et al. 2008; Ganskopp and Bohnert 2009) ועל מצבם הגופני. עם הזדקנות הצמחים בעונת הקיץ והצטברות החומר היבש של המרעית, נמצאה ירידה ביחס עלה\גבעול, ובמקביל ירידה משמעותית באיכות המרעית (Nelson et al. 1989). איכות נמוכה של המרעה בתקופה היבשה והחמה, וזמינות נמוכה של הצומח תחת צפיפויות גבוהות של רעייה, עלולות להשפיע לרעה על בריאות בעלי החיים. אופטימיזציה ליצרנות גבוהה בבעלי החיים תוך שמירה על מצב בר-קיימא של המרעה הוא יעד מרכזי בתכנון ממשק הרעייה.

מטרות המחקר:

מטרת העל של המחקר היא שיפור יעילות ניצול המרעה הים תיכוני העשבוני, והזנת העדר בהקשר מערכתי כולל.

מטרות ספציפיות של המחקר הן:

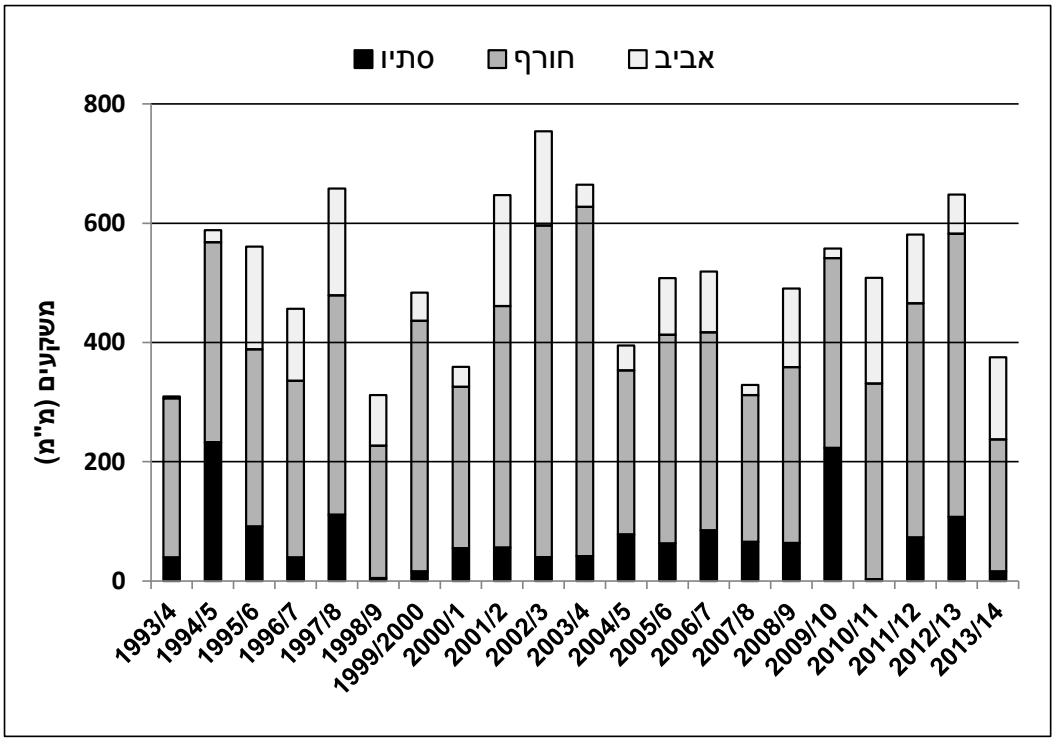
1. לימוד השפעת צורת הממשק על ביצועי הפרות על מנת להגדיר את ממשק הרעייה המיטבי לעדר בקר לבשר.
2. לימוד השפעת ממשקי רעייה שונים על הרכב ומבנה חברת הצומח העשבונית בטווח הקצר והארוך, ועל כמות (ביומסה) ואיכות הצומח, כדי להגדיר את מאפייני הרעיה המקיימת.
3. לימוד השפעת צפיפויות רעייה שונות על מאזן הנוטריינטים בקרקע.

שיטות וחומרים:

אתר המחקר ומערך הניסוי

המחקר בוצע בשנים 1994 - 2014 בחוות כרי דשא, הממוקמת ברמת כורזים שבגליל המזרחי. שטחה הכולל של החווה הוא כ- 14,500 דונם, ובה רועה עדר המונה כ- 650 אמהות. שטחן הכולל של חלקות המחקר הוא 2,300 דונם, והן נמצאות בגובה של 60-250 מ' מעל פני הים. כמות המשקעים השנתית הממוצעת (מחושב לשנים 1963 – 2014) היא 556 מ"מ, כאשר התנודות בכמות הכללית ובפיזור הגשם בין השנים הן גבוהות (ציור 1). הטופוגרפיה היא גבעית עם שיפועים נמוכים מ- 20^0 (Seligman et al. 1989) ומסלע בזלתי המכסה בממוצע כ- 30% מן השטח (Gutman and Seligman 1979). הקרקע היא פרוטוגרומוסול בעומקים משתנים, אך רק לעיתים עמוקה מ- 60 ס"מ. הצומח מאופיין בבתה המיקריפטופיטית (Zohary 1973), כאשר המינים הרב-שנתיים השולטים הם: שעורת הבולבוסין, קיפודן דביק ושרעול שעיר. בנוסף, מינים עשבוניים חד-שנתיים רבים מהווים מרעית עשירה לעדר הבקר הרועה בשטח.

ציור 1. כמות הגשם השנתית והעונתית בכרי דשא בשנים 1994 - 2014.
סתיו = ספטמבר-נובמבר, חורף = דצמבר-פברואר, אביב = מרץ-מאי



המחקר התבצע ב"עדר הניסוי", המונה כ- 190 פרות, ברובן בממשק מועד ב' (דהיינו המלטות חורף), עם השלמה של מועד א' (המלטות יולי-ספטמבר). עדר זה מחולק ל- 8 קבוצות בטיפולי רעייה שונים. טיפולי הרעייה כללו שתי צפיפויות - 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 (טבלה 1). חלקות הרעייה המפוצלת חולקו לשתי תת-חלקות זהות בשטחן, כאשר באחת מהן התקיימה בכל שנה רעייה מוקדמת (E), אשר החלה במקביל להכנסת שאר הפרות לשטח לאחר ההשהיה. לתת-החלקה השנייה, בה התקיימה רעייה מאוחרת (L), הועברו הפרות לאחר שכמות הצומח הייתה נמוכה מלספק את צרכי הפרות בשטח (לאחר כ- 45 יום בחלקות הצפיפות הגבוהה וכ- 90 יום בצפיפות המתונה). בחלקות הרעייה המפוצלת, בהן הצפיפות הייתה גבוהה (H), רעייה במחצית השטח יצרה צפיפות זמנית גבוהה מאוד של 4.5 דונם לפרה. שני טיפולי הצפיפויות (M ו- H) ושני הממשקים (C ו- S) יצרו יחד את ארבעת הטיפולים הראשיים: MC, MS, HC ו- HS. בנוסף, תתי-החלקות של הרעייה המוקדמת (E) והמאוחרת (L) בחלקות המפוצלות, יצרו בשתי צפיפויות הרעייה ארבעה טיפולים משניים והם: MS_E, MS_L, HS_E ו- HS_L. הטיפולים הראשיים שימשו לניתוח יצרנות בעלי החיים והמרעה, ואילו הטיפולים המשניים שימשו לבחינות היבטים שונים של הצומח בלבד (יצרנות, הרכב ואיכות). שטחה של כל חלקה נע בין 255 דונם לבין 338 דונם. תחלופת הפרות בעדר, משנת 2003 והלאה, היא תוצאה של תמותה, גניבות, סיבות וטרינריות או אי-התעברות במשך שתי עונות רציפות. במסגרת מערך הניסוי, בוצע מעקב רב-שנתי אחר ביצועי העדר ויכולות ניצול המרעה, כולל המזון המשלים הנדרש לאורך השנה.

טבלה 1. מערך הטיפולים והחלקות בעדר הניסוי בחוות כרי דשא.

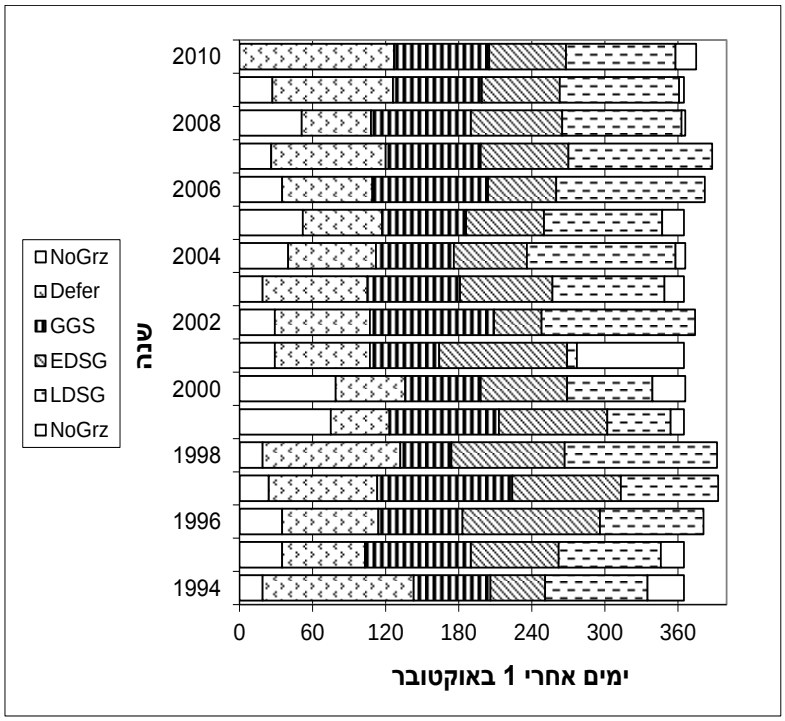
הטיפול	צפיפות רעייה מתוכננת (דונם לפרה)	צפיפות רעייה	שיטת הרעיה	מספרי החלקות
HC	9	גבוהה	רציפה	7 ,4
HS	9	גבוהה	מפוצלת	8 ,1
MC	18	מתונה	רציפה	5 ,2
MS	18	מתונה	מפוצלת	6 ,3

"עדר הניסוי" הוכנס מדי שנה לשטח המחקר בין ה-15 לינואר לבין 15 בפברואר (ב- 26 בינואר בממוצע). המועד נקבע בהתאם להתפתחות הצומח באותה שנה, וזאת לאחר תקופת השהייה מחוץ לחלקות הניסוי, שנמשכה 70 יום בממוצע אחרי הגשמים הראשונים שאפשרו את התבססות צומח המרעה (ציור 2). הפרות הוכנסו בו זמנית לכל חלקות הניסוי, ועונת הרעייה במרעה הטבעי הירוק בלבד נמשכה 76 יום בממוצע רב-שנתי. בחלקות הניסוי בהן הצפיפות הגבוהה, הפרות רעו עד לסוף אוגוסט. בחלקות בהן צפיפות הרעייה הייתה מתונה רעו הפרות עד לתחילת נובמבר, וזאת בהתאם לכמות הקמל. בכל מקרה, העדר הוצא מכל החלקות לאחר הגשמים המשמעותיים הראשונים (יותר מ-20 מ"מ) ונביטה של הצומח העשבוני. בתקופת ההשהיה נמצאו הפרות בחלקה אשר שימשה כ"חלקת בית" (חלקה 12) לעדר זה, ואשר שטחה הכולל הוא 1,300 דונם. בגלל סכנת הטריפות של העגלים הצעירים ע"י זאבים, הועברו בשנים מסוימות חלק מהפרות הממליטות יחד עם הוולדות הצעירים שלהן לתקופה של מספר שבועות לחלקת מיגון המגודרת נגד זאבים והסמוכה לחלקות הניסוי.

המערך הבסיסי של הניסוי לא שונה מאז הצבתו ב- 1994 ועד ל- 2014, על מנת לאפשר ניתוח ארוך טווח של מרכיבי הצומח ביחס לזמן ותנאי האקלים המשתנים. אך ניתוח ביצועי בעלי החיים בטיפולים השונים התבסס על השנים 2003-2014 בלבד, וזאת משום שעד שנת 2002 הוחלפו הפרות מדי שנה בחלקות הניסוי, ורק מ-2003 ואילך הושארו פרות קבועות בכל חלקה (מלבד תחלופה בגלל תמותה או אי-התעברות של שנתיים רצופות).

ציור 2. מחזור הרעייה השנתי בחלקות הניסוי בכרי דשא בשנים 1994-2010.

NoGrz - ללא רעייה בחלקות הניסוי, Defer - השהייה ללא רעייה בחלקות הניסוי, GGS - רעייה בעונת הירק, EDSG – רעייה מוקדמת בקמל בתחילת עונת היובש, LDSG - רעייה מאוחרת בקמל בסוף עונת היובש.



העדר ותוספות מזון משלים:

פרות הניסוי נלקחו מהעדר הכללי, והיו כולן פרות בוגרות בעלות מבנה בינוני, מגזע ישראלי מעורב. שקילות של הפרות והוולדות בוצעו שלוש פעמים מדי שנה. שעור ההריון של הפרות שנחשפו לפרים חושב לאחר בדיקות שבוצעו בספטמבר (לפחות 45 יום מהוצאת הפרים). כאמור, בין השנים 1994-2002, מדי שנה, אכלסו פרות חדשות את חלקות הניסוי. החל משנת 2003 ואילך, העדר בכל חלקה היה קבוע, עם תחלופה של פרות בגלל תמותה, או יציאה מסיבות וטרינריות, או אי-התעברות במשך שנתיים רצופות. לכן, בדו"ח זה ההתייחסות לביצועי הפרות בניסוי היא משנת 2003 ועד 2014 בלבד. מזון משלים לא ניתן במשך עונת הצימוח ובתחילת הקיץ. החל מחודש יוני ואילך, ועד לעונת הצימוח הבאה, הוגש באופן חפשי בכל חלקה בנפרד, זבל עופות או תחמיץ זבל עופות כתוספת משלימה, בעיקר של חלבון. המזון המוגש נשקל עם הגשתו.

מעקב בבעלי החיים:

ניהול ומעקב שוטף אחר כל הפרות בעדר כרי דשא בוצע במחשב בעזרת תוכנת "נעה". לגבי כל פרה נרשמו הפרטים הבאים: אמצעי הזיהוי (מספר פלסטיק, מספר ממשלתי וכוויה), מקור הפרה, גזע, שנת לידה, משקל הפרה במועדים שונים לאורך השנה, החלקה בה שוהה הפרה, תוצאות בדיקת הריון, תאריכי המלטה, משקלי גמילה של הוולדות, אירועים שונים (חיסונים, מחלות), תאריך וסיבת יציאה מהעדר.

מדידות לבדיקת ביצועי הבקר כללו:

1. שקילות מדי שנה של הפרות עם כניסתן לחלקות הניסוי, במועד הגמילה ועם היציאה לתקופת ההשהיה.
2. בדיקות הריון בספטמבר מדי שנה לכל הפרות שנחשפו לפרים, לפחות 45 יום לאחר הוצאתם מהחלקות.
3. זיהוי הוולדות, סימונם ושקילתם במועד הגמילה.
4. ביצוע מעקב ורישום מדוייק של תוספות המזון המוגש.

ניטור הצומח:

ביומסה עשבונית

דיגום הביומסה העשבונית בחלקות הניסוי בכרי דשא בוצע מדי שנה מאז 1994 באותה שיטה, לאורך חתכים קבועים, והוא כלל 20 קצירים מייצגים בכל חלקה בכל מועד דיגום (סה"כ 280 דגימות בכל סקר). דיגום הצומח בוצע ע"י הסרת כל עומד הצומח מעל גובה פני הקרקע, במסגרות ברזל מרובעות בגודל 25 X 25 ס"מ, אשר הונחו באופן אקראי לאורך החתכים הקבועים שחוצים את 12 החלקות ותתי-החלקות של הניסוי. הדיגום בוצע ארבע פעמים בכל שנה במשך כל אחת מעונות הרעייה, במועדים הבאים: ינואר (עם הכנסת הבקר לחלקות), סוף מרץ - תחילת אפריל (שיא עונת הצימוח), מאי-יוני (תחילת הקיץ) וספטמבר (סוף עונת הקמל). תאריך הדיגום נקבע בהתייחס למצב הצומח והממשק. לאחר הקציר, דגימות הצומח יובשו בטמפרטורה של 65^0C במשך 48 שעות ונשקלו.

איכות המרעית

דגימות הצומח שנאספו בעת דיגום הביומסה בכל אחת מן השנים 2003-2014 בארבע העונות המייצגות, ינואר (עם הכנסת הבקר לחלקות), סוף מרץ - תחילת אפריל (שיא עונת הצימוח), מאי-יוני (תחילת הקיץ) וספטמבר (סוף עונת הקמל), אוחדו ליצירת שלוש דגימות מייצגות מכל חלקה בכל אחד מן המועדים. דגימות אלו נטחנו ונקבע בהן אחוז האפר, שיעור הנעכלות, אחוז החלבון, שיעור NDF ו- ADF, וזאת באמצעות שימוש ב-NIRS (Landau et al. 2004; 2006; 2011).

הרכב צומח

סקרי צומח בשיטת ה- "Step point" (Mueller-Dombois and Ellenberg 1974) בוצעו לאורך חתכים קבועים בחלקות הניסוי (ציור 3), מדי שנה באופן רציף מ- 1994 ועד 2014. הסקרים בוצעו בשיא עונת הצימוח באביב (סוף מרץ-אפריל). בכל נקודה לאורך החתך, במרחק של צעד כפול מנקודה אחת לשנייה, נרשמו מיני הצומח בהם נוגע מוט כשהוא מוצב אנכית לקרקע, לפי סדר הופעתם. לחילופין, צוינו באותה נקודה פגיעות בקרקע או בסלע, במידה והשטח חשוף.

ציור 3. מפת חלקות הניסוי בכרי דשא וחתכי הצומח הקבועים, שלאורכם בוצעו סקרי הצומח בשנים 1994-2014.

מיני הצומח נרשמו בעת ביצוע החתך, ומוינו ל- 12 קבוצות תפקודיות שונות בהתאם לתכונות הצמח, מחזור החיים, גובהם היחסי והשתייכותם לסוגים ומשפחות. קבוצות הצומח התפקודיות כוללות: (1) דגניים חד-שנתיים נמוכים, (2) דגניים חד-שנתיים גבוהים, (3) דגניים רב-שנתיים נמוכים, (4) דגניים רב-שנתיים גבוהים, (5) קטניות חד-שנתיות, (6) קטניות רב-שנתיות, (7) קוצים חד-שנתיים, (8) קוצים רב-שנתיים, (9) מצליבים, (10) רחבי עלים חד-שנתיים, (11) רחבי עלים רב-שנתיים ו- (12) גיאופיטים. עד שנת 2002 נרשמו בסקרי הצומח רק המינים שנדגמו בקומה העליונה (פני הנוף). משנת 2003 ועד 2014 נרשמו המינים אשר הופיעו ב"קומה העליונה" וב"קומה התחתונה", ונתוני שתי קומות הצומח אוחדו למסד נתונים אחד, עליו בוצע הניתוח.

חושב שיעור הכיסוי הממוצע של כל אחד מן המינים שהוגדרו בשטח (כ- 200 מינים) לשנים 2003-2014 (12 שנים). בשלב הראשון סוכמו הנתונים מכל חלקות הניסוי יחד, ונרשמו המינים העיקריים לפי שכיחות הופעתם בכלל טיפולי הרעייה בשטח. בשלב השני בוצע חישוב לגבי כלל מיני הצומח לפי צפיפויות הרעייה השונות, כולל: חלקת ביקורת (ללא רעייה), רעייה מתונה - MC, רעייה חזקה - HC ו- רעייה חזקה מאוד - HS_E. מתוך כלל מיני הצומח, נבחרו 29 מינים ששיעור הכיסוי הממוצע שלהם היה גבוה מ- 0.5%. נבחנה השפעת משטרי הרעייה על מינים אלה: מינים מתגברים (אחוז כיסוי עולה כתוצאה מרעייה), מינים מתמעטים (אחוז הכיסוי יורד כתוצאה מרעייה) או מינים שאינם מושפעים או שאין חוקיות לגביהם ביחס לשינוי בצפיפות הרעייה.

לאחר שמיני הצומח חולקו לפי השתייכותם ל-12 קבוצות תפקודיות, וחושב שיעור הכיסוי הממוצע של כל אחת מקבוצות הצומח לאורך 12 שנות המעקב, נבחרו מתוכן שש קבוצות הצומח השולטות בשטח, אשר בהן אחוז כיסוי מצטבר >87%, לבחינת אחוז הכיסוי היחסי שלהן בכל אחד מטיפולי הצפיפות ועיתוי הרעייה (מוקדמת ומאוחרת). קבוצות תפקודיות אלו כוללות: (10) רחבי עלים חד-שנתיים, (9) מצליבים, (7-8) קוצים חד ורב-שנתיים, (4)דגניים גבוהים רב-שנתיים, (2) דגניים חד-שנתיים גבוהים ו- (1) דגניים נמוכים חד-שנתיים. על קבוצות אלה בוצע הניתוח. שיעור הכיסוי היחסי של המינים בקבוצות התפקודיות השונות שימש בסיס לבדיקת השפעת טיפולי הרעייה השונים על חברת הצומח לאורך ציר הזמן. אחוז הכיסוי של המינים השונים (ללא קרקע וסלע) גם שימש כבסיס לחישוב עושר ומגוון מינים (Shannon & Weaver 1949, Sternberg et al. 2015) בטיפולי הרעייה השונים.

יסודות ההזנה בקרקע:

השפעת ממשקי הרעייה על ריכוזי יסודות ההזנה העיקריים (זרחן וחנקן) בקרקע נבדקה בטיפולי הרעייה הנמשכת, בחלקות הנמצאות תחת שתי הצפיפויות (9 ו- 18 דונם לפרה). במקביל, כביקורת, נלקחו דגימות קרקע מ- 20 חלקות של 10 X 10 מ' (5 בכל טיפול) אשר נסגרו לרעייה מתוך אותן חלקות בפברואר 2003. הדיגום בכל נקודה בוצע בשני עומקים: 0 - 10 ס"מ ו- 10 - 20 ס"מ. בנוסף בוצע דיגום בנקודות סמוכות, על מנת לייצג את שכבת הקרקע העליונה (0 - 5 ס"מ). כן נלקחו דגימות קרקע משתי חלקות ביקורת, הסגורות לרעייה כבר למעלה מ- 40 שנה. כל אחת מן הדגימות שנלקחו מורכבת מאיחוד של שלושה קידוחים אקראיים שונים. בסך הכל בוצעו שני מחזורי דיגום: הראשון בוצע בדצמבר 2010 לאחר רדת הגשמים האפקטיביים הראשונים (< 20 מ"מ), והשני בוצע בסוף מאי 2011.

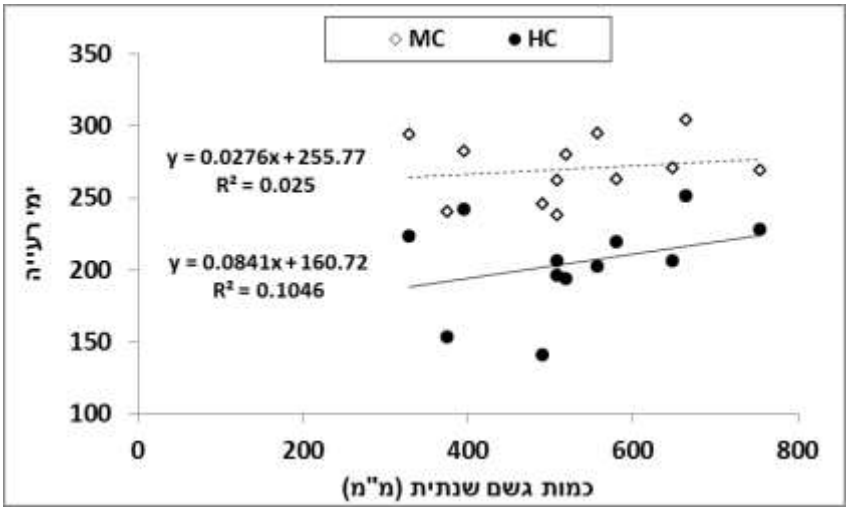
תוצאות:

ממשק הרעייה:

צפיפות הרעייה בפועל בחלקות הניסוי בכרי דשא בשנים 2003-2014 היתה 9.2 ו- 9.6 דונם לפרה בממוצע בטיפולי הצפיפות הגבוהה (HC ו- HS), ו- 18.2 דונם לפרה בממוצע בטיפולי הצפיפות המתונה (MC ו- MS) (טבלה 2). מכאן, בגלל ניצול מוגבר של המרעית בעונת הצימוח, בחלקות שבהן צפיפות הרעייה הייתה גבוהה, סך ימי השימוש של הבקר בשטח היה פחות ב- 65 יום בשנה בממוצע ביחס לחלקות שהיו בצפיפות רעייה מתונה (205 יום בטיפולי הצפיפות הגבוהה לעומת 270 יום בחלקות צפיפות הרעייה המתונה). שעור האכלוס השנתי (ימי

רעייה לפרה לדונם) של הפרות בטיפולי הרעייה המתונה הסתכם בכ- 15 ימי רעייה של פרה לדונם לשנה בממוצע, לעומת 21.4 ימי רעייה של פרה לדונם בממוצע בחלקות אשר היו תחת צפיפות רעייה גבוהה (טבלה 2). יחס שעור האכלוס בין טיפולי הרעייה אינו כפול (למרות הצפיפות הכפולה), וזאת בעקבות הוצאת הפרות מחלקות הרעייה בצפיפות גבוהה במועד מוקדם יותר, כפי שהוזכר. למרות שמסגרת הניסוי קבועה מראש, ישנה גמישות מסויימת בהחלטה לגבי מועדי ההכנסה וההוצאה של העדר מהחלקות, והיא נקבעת בכל שנה בהתאם למצב המרעית בשטח. בבדיקת הקשר שבין כמות המשקעים השנתית לבין מספר ימי רעייה בפועל בטיפולים השונים, נמצא כי מירב ההשפעה על משך הרעייה בחלקות באה לידי ביטוי בטיפול הרעייה החזקה. בצפיפות הרעייה הגבוהה, ככל שכמות המשקעים השנתית הייתה נמוכה יותר, כך התאפשרו פחות ימי רעייה בחלקה (ציור 4). לעומת זאת, השפעת פחיתת הגשם כמעט ולא השפיעה על משך הרעייה בחלקות בהן צפיפות הרעייה הייתה מתונה (18 דונם לפרה). המסקנה מכך היא, שכמות הצומח בכרי דשא מספיקה לשעור אכלוס של 15 ימי רעייה של פרה לדונם בשנה, גם בשנים שחונות.

ציור 4. הקשר שבין כמות המשקעים השנתית לבין מספר ימי הרעייה בשנה בחלקות בטיפולי צפיפות הרעייה החזקה (HC) והמתונה (MC) בשנים 2003-2014.



ביצועי העדר:

משקלן הממוצע של הפרות בשנים 2003-2014 בקבוצות הטיפול השונות, עם כניסתן לחלקות הניסוי (מחצית ינואר), נע בין 406 ל- 431 ק״ג (טבלה 2). משקלן הממוצע בטיפולים השונים במועד הגמילה (מאי-יוני) היה גבוה יותר, ונע בתחום שבין 453 ל- 484 ק״ג. שעור ההתעברות הממוצע של הפרות בטיפולי הרעייה השונים אשר נחשפו לפרים ממרץ ועד יוני (מועד ב׳), נע בין 71% ל- 76%, ללא הבדל מובהק בין הטיפולים. לפי התוצאות המוצגות בטבלה 2, המסכמות 12 שנות מעקב, נמצא יתרון במשתנה זה לממשק של רעייה מפוצלת על פני הנמשכת, בעיקר בטיפול צפיפות הרעייה הגבוהה. למרות ההבדל שהתקבל, גודל המדגם (מספר הפרות בחלקה בשנה) נמוך יחסית, 16 ברעייה מתונה ו- 27-32 ברעייה חזקה, ואינו מאפשר בשלב זה של המחקר הסקת מסקנות חד-משמעיות. שעור הגמילה האפקטיבי הממוצע של כלל עדר הניסוי לאורך השנים עמד על 66%, ללא הבדל מובהק בין טיפולי הרעייה השונים. גם משקלי הגמילה הממוצעים של הוולדות בכל טיפולי הרעייה היו דומים, ונעו בין 126 ל- 133 ק״ג, ללא הבדל משמעותי ביניהם. הבדל משמעותי נמצא בייצור וולדות גמולים ליחידת שטח (ק״ג בשר לדונם) בין טיפולי צפיפות הרעייה הגבוהה והמתונה: בצפיפות המתונה (MC ו- MS) ייצור בשר גמול לדונם עמד על 4.5 - 5.0 ק״ג, לעומת 9.1 ק״ג לדונם בטיפולי הצפיפות הגבוהה (HC ו- HS) (טבלה 2).

טבלה 2. משקלן הממוצע של הפרות עם כניסתן לחלקות הניסוי (ינואר), ימי הרעייה, צפיפות רעייה, שעור אכלוס וביצועי הפרות והוולדות בחלקות הניסוי בכרי דשא בשנים 2003-2014.

הטיפול	MC*	MS	HC	HS
מספר הפרות בחלקה	16±1	16±1	27±2	32±1
**ימי רעייה בחלקות הניסוי	270±22	269±21	205±32	206±26
צפיפות רעייה בפועל (דונם לפרה)	18.2±0.9	18.2±1.1	9.2±0.6	9.6±0.4
שעור האכלוס (ימי רעייה : פרה לדונם לשנה)	15.0±1.3	14.8±1.4	21.4±2.7	21.4±2.6
משקל הפרות בכניסה לחלקות הניסוי (ק״ג)	409±25	431±23	406±16	414±24
משקל הפרות במועד הגמילה (ק״ג)	464±21	484±24	453±17	466±25
שעור התעברות מפרות נחשפות (פרות מועד ב׳) (%)	74±12	73±12	71±8	76±6
שעור גמילה שנתי (פרות מועד א׳ ו- ב׳) (%)	69±11	62±11	65±9	67±8
משקל הוולדות בגמילה (ק״ג)	132±25	132±21	128±19	132±22
ייצור וולדות גמולים (ק״ג בשר לדונם)	5.0±1.3	4.5±1.0	9.1±1.6	9.1±1.5

* C - רעייה נמשכת, S - רעייה מפוצלת, H - צפיפות גבוהה, M - צפיפות מתונה

** בחלקות הניסוי, ממחצית ינואר ועד אוגוסט – אוקטובר.

מזון מוגש:

בגלל מחסור בחלבון במרעה בעונת הקמל, ניתן לעדר זבל עופות או תחמיץ זבל עופות כמזון משלים, מיוני ועד להוצאתן מחלקות הניסוי. בחלקות בהן צפיפות הרעייה גבוהה, בחודשים יולי-אוגוסט ניתן בנוסף גם מנת שחת. כצפוי, ניתן לראות (טבלה 3) כי בטיפולי צפיפות הרעייה הגבוהה צריכת המזון המשלים היומית היתה גבוהה ביחס לזו שנצרכה בחלקות טיפולי צפיפות הרעייה המתונה - 7.5 ק״ג לפרה ליום בצפיפות הרעייה הגבוהה (HC) ו- 4.5 ק״ג לפרה ליום בצפיפות הרעייה המתונה (MC). הדבר נבע מקמל רב אשר היה עדיין זמין בשטח באוגוסט ובספטמבר בחלקות הרעייה המתונה, לעומת מחסור בקמל בחלקות בהן צפיפות הרעייה היתה חזקה. כמו כן נמצא, כי, בטיפול הרעייה המפוצלת בו צפיפות הרעייה גבוהה (HS), כמות המזון המשלים היומית שנצרכה באופן חופשי ע״י הפרות, היתה נמוכה באופן מובהק ביחס לצריכת המזון המשלים של הפרות בחלקות אשר היו בצפיפות דומה אך ברעייה נמשכת (HC) (טבלה 3). חישוב כמות המזון המשלים הכללית שניתנה בכל טיפול התייחס רק לעונת הרעייה בחלקות הניסוי. בגלל עונת רעייה קצרה יותר בחלקות הצפיפות הגבוהה, ניתן לראות (טבלה 3) כי כמות המזון המשלים הכללית, שהוגשה בחלקות בהן הצפיפות היתה גבוהה, היתה נמוכה ביחס לחלקות בטיפולי הצפיפות המתונה.

טבלה 3. תוספת מזון משלים ומספר ימי הגשת המזון בזמן שהות הפרות בחלקות הניסוי בכרי דשא בשנים 2003-2014.

הטיפול	MC*	MS	HC	HS
תוספת מזון משלים (ק"ג ח"י לפרה ליום)	4.5±1.9	4.6±2.2	7.5±2.3	6.2±1.9
ימי רעייה בהן ניתן מזון משלים (ימים)	130±29	132±29	75±31	75±30
תוספת מזון משלים לאורך עונת הרעייה (ק"ג ח"י לפרה)**	590±274	604±289	566±295	467±256

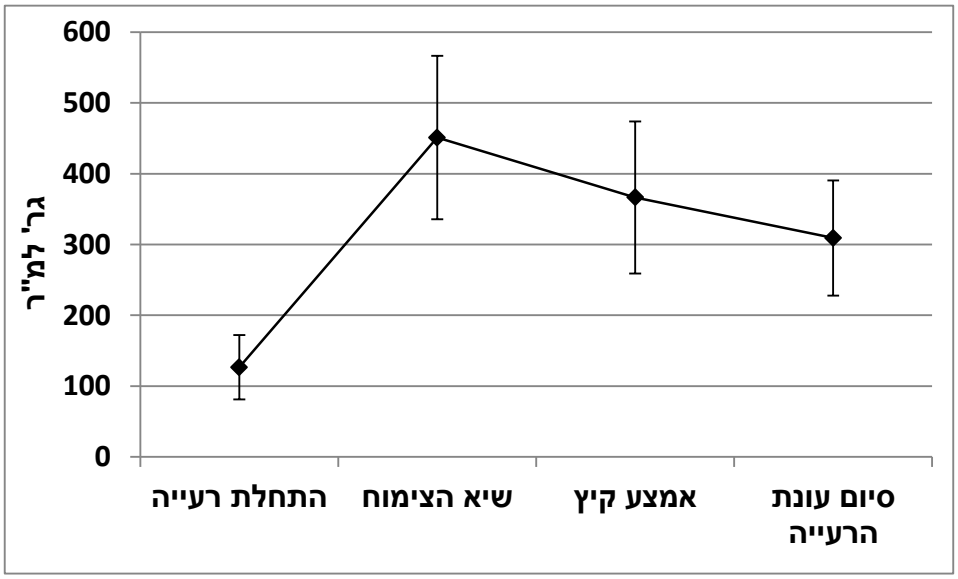
*C - רעייה נמשכת, S - רעייה מפוצלת, H - צפיפות גבוהה, M - צפיפות מתונה

** תקופת צריכת מזון משלים בחלקות צפיפויות הרעייה הגבוהות (HC ו- HS) הייתה קצרה ב- 55 יום בממוצע ביחס לחלקות צפיפות הרעייה המתונה (MC ו- MS).

יבול הצומח:

בחלקות הביקורת, בהן לא התקיימה רעייה יותר מ- 40 שנה, נראה כי הביומסה הממוצעת בשיא עונת הצימוח בשנים 1994-2014 עמדה על 451±115 גר' ח"י למ"ר. לאחר התייבשות הצומח ופיזור הזרעים נמצאה באמצע הקיץ (יוני) בחלקות אלו ירידה של כ-20% ביבול (ציור 5). בהמשך הקיץ, ועד לירידת הגשמים המשמעותיים הראשונים, איבד הצומח 20% נוספים ביחס למשקלו בשיא הצימוח. מכאן ניתן לראות, כי גם ללא רעייה מאבד הצומח עד לירידת הגשמים בעונה הבאה כ- 40% מן הביומסה שלו בשיא הצימוח. ניתן להסיק, כי בנוסף לירידה באיכות הצומח (תוצאות וניתוח בהמשך), גם איבוד הביומסה הצמחית לאורך העונה היבשה מהווה גורם משמעותי. מכאן, ניצול מאוחר של חלקות המרעה יהיה בעל ערך הזנה נמוך יותר ביחס לניצולו בעונת הצימוח ועד סמוך להתייבשותו.

ציור 5. יבול הצומח הממוצע (± סטיית התקן) לאורך שנת המרעה בין השנים 1994-2014 בחלקות ללא רעייה (ביקורת).

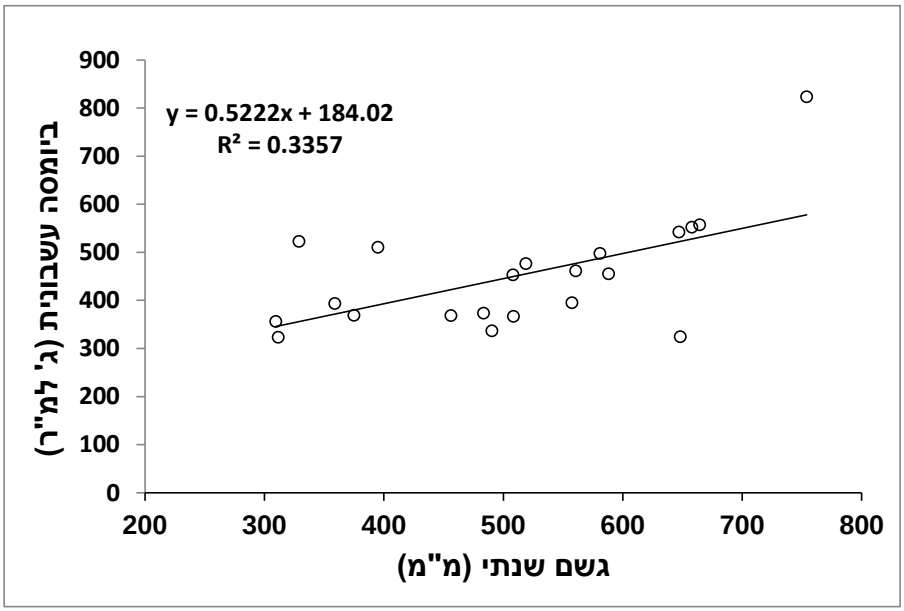


*התחלת רעייה- ינואר-פברואר, שיא הצימוח - אמצע אפריל, אמצע קיץ - מחצית יוני, סיום עונת הרעייה - סוף אוקטובר.

בבדיקת הקשר שבין הביומסה הצמחית בשיא העונה לבין כמות המשקעים השנתית בחלקות ללא רעייה, נמצאה התאמה וקשר חיובי (R^2=0.3357) (ציור 6). בשנים בהן כמות המשקעים השנתית הייתה נמוכה, גם

הביומסה הצמחית הייתה נמוכה בהתאם. כך, גם בשנים גשומות נמצא כי הביומסה הצמחית הייתה גבוהה יחסית, וזאת ללא קשר לפיזור הגשמים לאורך העונה.

ציור 6. הקשר שבין יבול הצומח העשבוני בחלקות ללא רעייה לבין כמות המשקעים השנתית בכרי דשא בשנים 1994-2014.

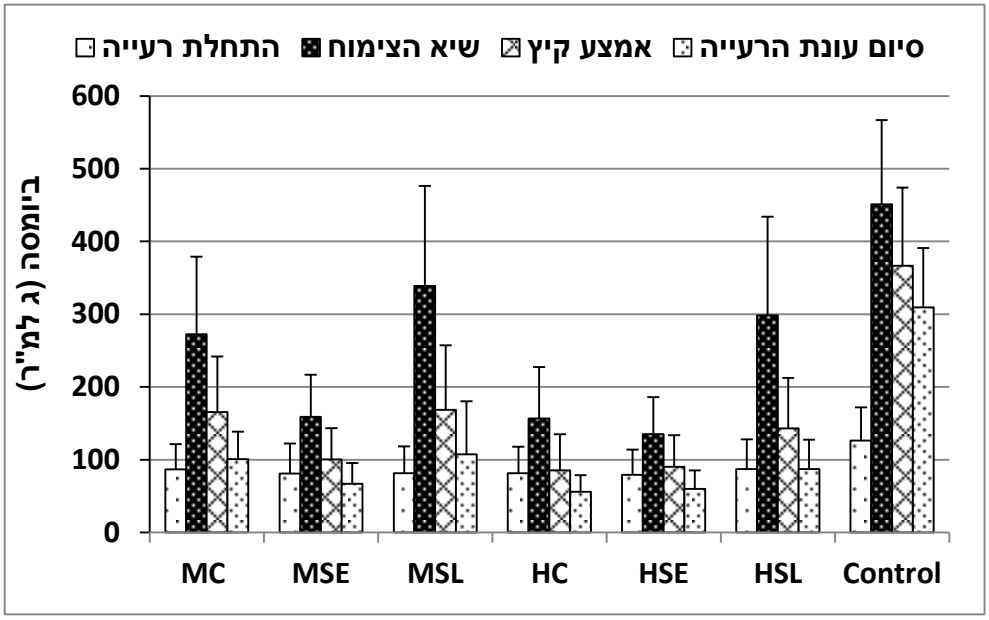


בבחינת הביומסה הצמחית העל-קרקעית בטיפולי הרעייה השונים בניסוי, ניתן להתייחס לחלקות אשר היו ברעייה המוקדמת או המאוחרת בשני אופנים: בראשון, להתייחס לטיפול הרעייה המפוצלת בלחץ המתון (MS) כשתי חלקות נפרדות - האחת בה מתקיימת רעייה מוקדמת (MS_E) והשנייה בה מתקיימת רעייה מאוחרת (MS_L) וכך גם לגבי טיפול הרעייה המפוצלת בלחץ חזק (HS), אליה ניתן להתייחס כשתי חלקות נפרדות (HS_E ו- MS_L) (ציור 7). אך מההיבט הממשקי ניתן גם להציג את הביומסה משתי תת-חלקות אלו כממוצע משוקלל של חלקה אחת. הנתונים מוצגים כממוצע רב-שנתי (21 שנים, בין 1994 ל–2014) בציור 8. ככלל נמצא, כי לצפיפויות הרעייה השונות ולממשקי הרעייה הרציפים והמפוצלים, הייתה השפעה רבה על הביומסה של הצומח העשבוני בעונת הצימוח, השפעה שנמשכה גם לעונת הקמל.

תחת רעייה נמשכת, לאחר השהייה ובצפיפות מתונה (18 דונם לפרה - MC), יבול הצומח העשבוני הממוצע בשיא עונת הצימוח (תחילת אפריל) על פני כל השנים היה 272±23 ק״ג ח״י לדונם וזאת לעומת החלקות בטיפול צפיפות הרעייה הגבוהה (HC), בה נמצא כי יבול הצומח הממוצע בשיא עונת הצימוח היה 157±18 ק״ג ח״י לדונם בלבד. בחלקות בהן הייתה רעייה בצפיפות גבוהה (HC ו- HS), נראה כי הצומח העשבוני נוצל באופן נמרץ, וכבר ביוני היבול היה נמוך ביותר (ציורים 7 ו- 8) ולא מספק. לכן, היה צורך בכל השנים לתת בחלקות אלו תוספת של קש חיטה כמזון משלים (מעבר לתוספת של זבל עופות, אשר ניתן בכל טיפולי הרעייה). ברעייה מוקדמת צפופה מאד (HS_E), אכילת הצומח בעונה הירוקה ע״י הבקר הייתה גבוהה מעבר לקצב צימוח המרעית. לכן, היה צורך להעביר את העדר לתת-חלקה של רעייה מאוחרת 25 יום לפני סיום עונת הצימוח, וכך לאפשר התאוששות מסוימת לקראת סבב הרעייה הבא באותה שנה. בניתוח רב-שנתי (21 שנה), בו שוקללו נתוני הביומסה העשבונית לאורך עונת הרעייה בשתי תת-החלקות (עם הרעייה המוקדמת והמאוחרת) לטיפול אחד של רעייה מפוצלת, נמצא כי ברעייה מתונה (18 דונם לפרה) אין הבדל מובהק ביבול הצומח הכללי בין רעייה מפוצלת לבין נמשכת. לעומת זאת, בצפיפות רעייה גבוהה (9 דונם לפרה) נמצא, כי פיצול הרעייה לשתי חלקות משנה (עם רעייה

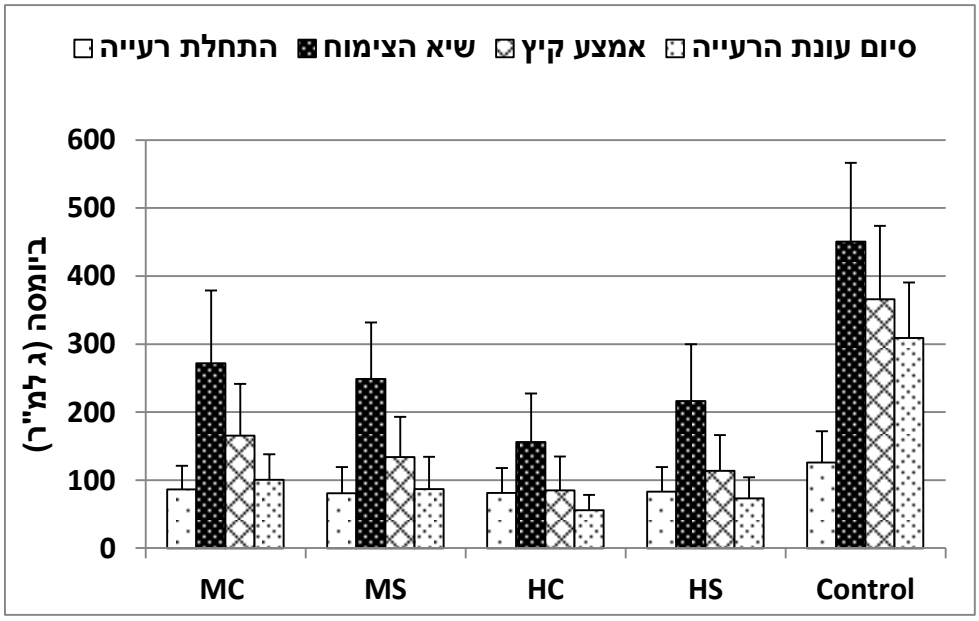
מוקדמת ומאוחרת), תרם בסוף עונת הצימוח (אפריל) לתוספת משמעותית של כ- 60 ק״ג ח״י לדונם ביחס לחלקה בה התקיימה רעייה רציפה (ציור 8).

ציור 7. יבול הצומח הממוצע בשנים 1994-2014 בטיפולי הרעייה השונים בכרי דשא. עם הכנסת העדר לחלקות (ינואר-פברואר), שיא עונת הצימוח (אפריל), אמצע קיץ (יוני) ועם הוצאת הפרות מחלקות הניסוי (אוקטובר).



*MC- צפיפות מתונה רעייה נמשכת, MS_E - צפיפות מתונה רעייה מפוצלת מוקדמת, MS_L - צפיפות מתונה רעייה מפוצלת מאוחרת, HC - צפיפות גבוהה רעייה נמשכת, HS_E - צפיפות גבוהה רעייה מפוצלת מוקדמת, HS_L - צפיפות גבוהה רעייה מפוצלת מאוחרת.

ציור 8. יבול הצומח הממוצע בשנים 1994-2014 בטיפולי הרעייה השונים בכרי דשא. עם הכנסת העדר לחלקות (ינואר-פברואר), שיא עונת הצימוח (אפריל), אמצע קיץ (יוני) ועם הוצאת הפרות מחלקות הניסוי (אוקטובר). (ממוצע משוקלל בחלקות הרעייה המפוצלת)

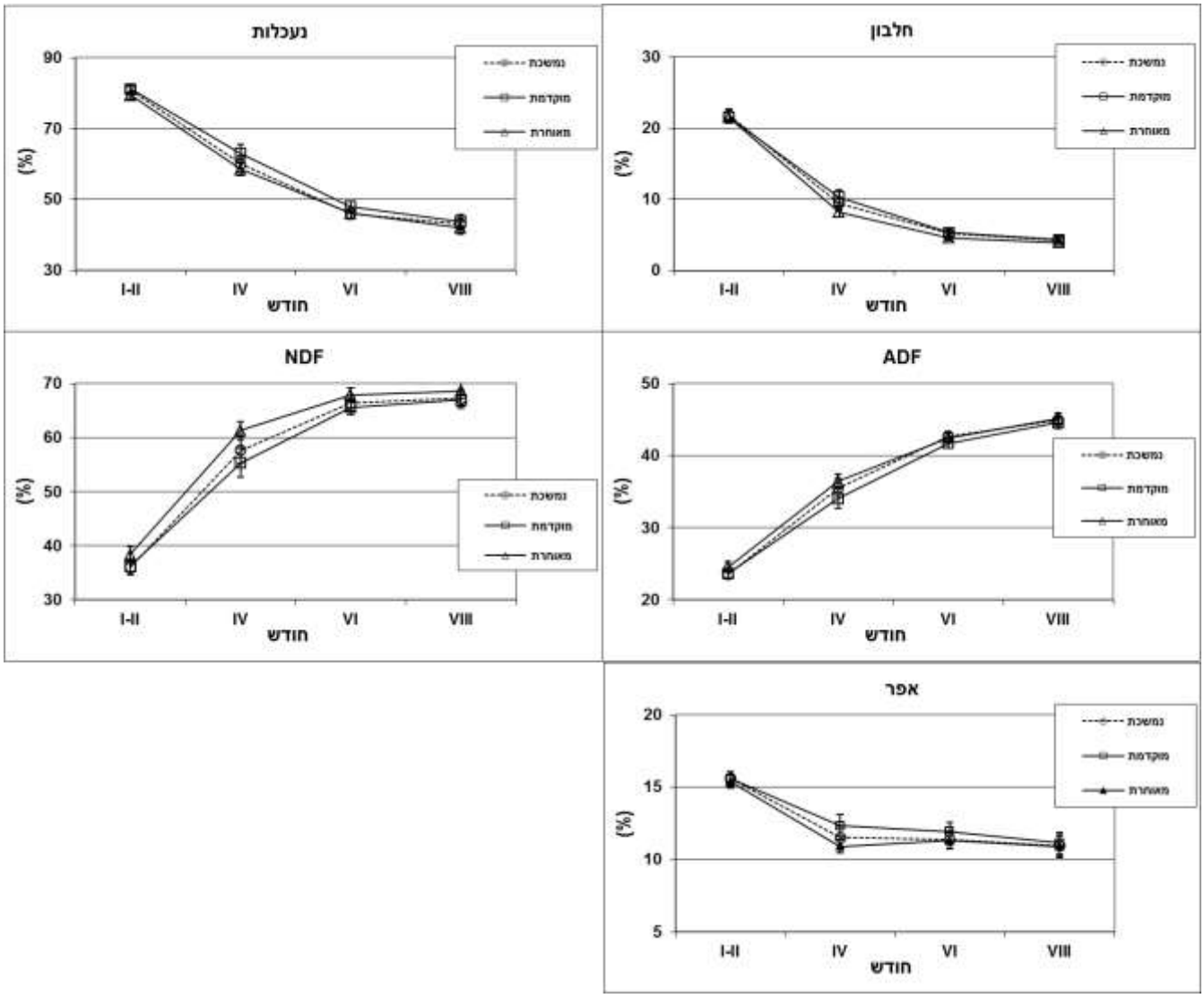


*MC- צפיפות מתונה רעייה נמשכת, MS - צפיפות מתונה רעייה מפוצלת, HC - צפיפות גבוהה רעייה נמשכת ו- HS – צפיפות גבוהה רעייה מפוצלת.

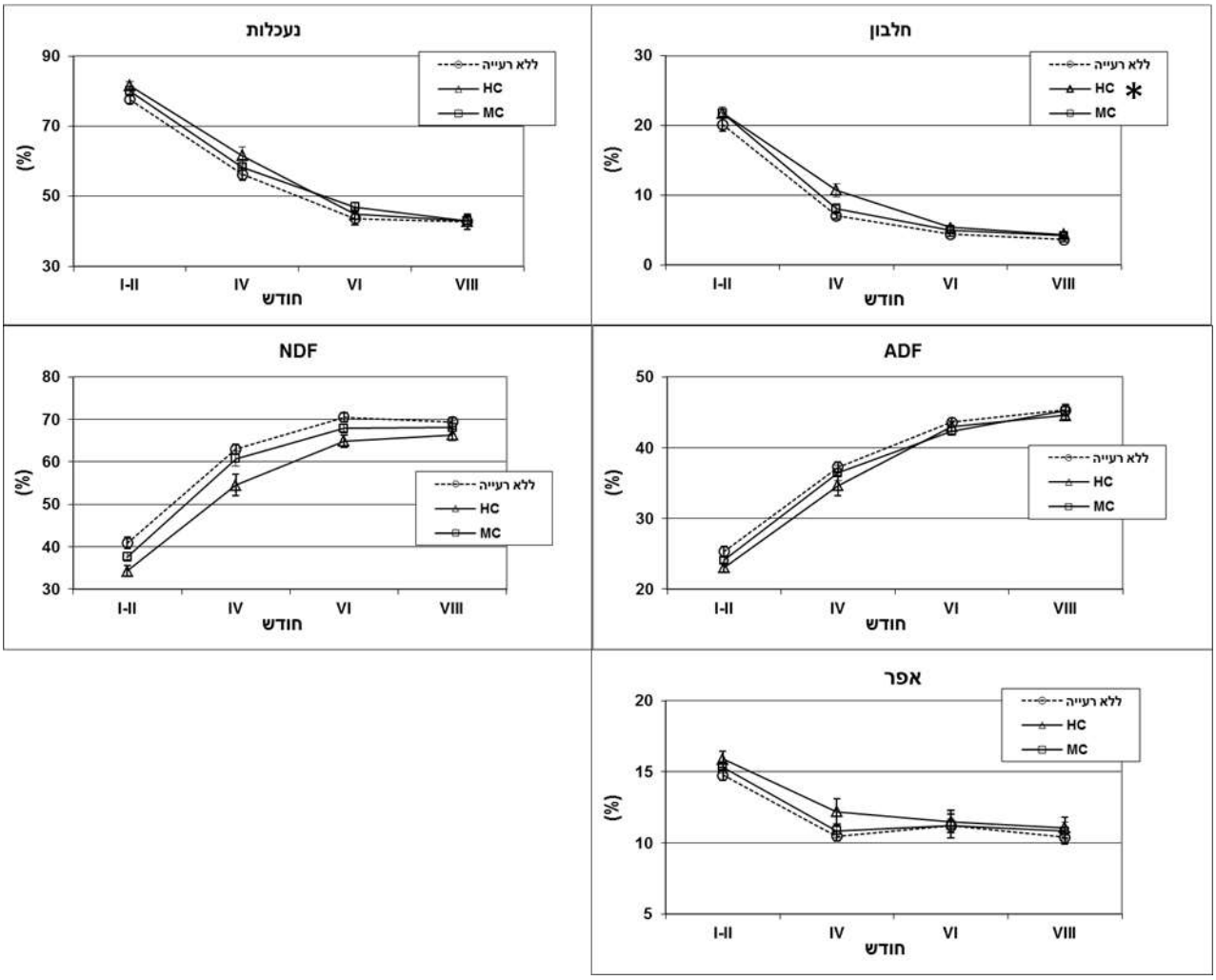
איכות המרעית:

מכל 20 דגימות הצומח שנאספו בכל חלקה במועדי הדיגום השונים בשנים 2003-2014 לצורך קביעת הביומסה, אוחדו 6 או 7 דגימות ליצירת שלוש דגימות מייצגות לכל טיפול בכל מועד (ארבעה מועדים שונים, סכ"ה 168 דגימות בשנה) בכל אחת מן השנים. הדגימות נטחנו ובעזרת שיטת ה- NIRS נקבעו אחוז אפר, שיעור נעכלות, תכולת חלבון, שיעור NDF ו- ADF . לא נקצרו מיני הקוצים והשיחים והמדגם מייצג את מיני הצומח העשבוני ה"נאכל" בלבד. סיכום התוצאות מראה, כי איכות המרעית (בכל המדדים) בחלקות שהיו תחת רעייה מאוחרת הייתה נמוכה ביחס לאלו עם הרעייה המוקדמת או הנמשכת (ציור 9). כך גם איכות המרעית בחלקות הביקורת ללא רעייה היתה נמוכה ביחס לאלו שהיו תחת רעייה. נמצא, כי אחוז האפר במרעית היה גבוה כאשר איכות הצומח היתה גבוהה בתחילת העונה וכך גם כאשר הרעייה הייתה מוקדמת ובצפיפות גבוהה. ההבדל באיכות המרעית בין משטרי הרעייה השונים היה מובהק בעיקר בעונת שיא הצימוח (אפריל), אך הבדלים מובהקים באיכות המרעית בין הממשקים נמצאו כבר בפברואר והיו הבדלים שנמשכו גם ביוני. תוצאה זו של עליה יחסית באיכות הצומח בחלקות רעייה מוקדמת נובעת מהתחדשות צימוח לאחר רעייה, לעומת חלקות הרעייה המאוחרת או חלקות ללא רעייה כלל. כמו כן, נמצא קשר בין איכות המרעית ובין צפיפות הרעייה; ככל שצפיפות הרעייה הייתה גבוהה יותר, כך מדדי איכות המרעית עלו (ציור 10).

ציור 9. השינוי באחוז חלבון, נעכלות, NDF, ADF ואפר בין ממשקי הרעייה השונים (נמשכת, מוקדמת ומאוחרת) בכרי דשא לאורך עונת הרעייה בשנים 2003-2014. (ממוצע ± שגיאת התקן).



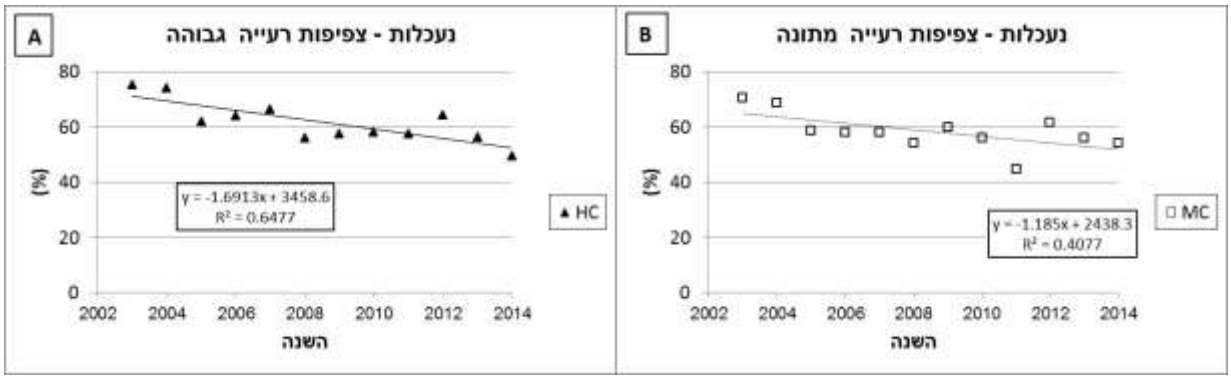
ציור 10. השינוי באחוז חלבון, נעכלות, NDF, ADF ואפר בין טיפולי צפיפויות הרעייה השונים בכרי דשא לאורך עונת הרעייה בשנים 2003-2014. (ממוצע ± שגיאת התקן)



*HC - 9 דונם לפרה (צפיפות רעייה גבוהה), MC - 18 דונם לפרה (צפיפות רעייה מתונה)

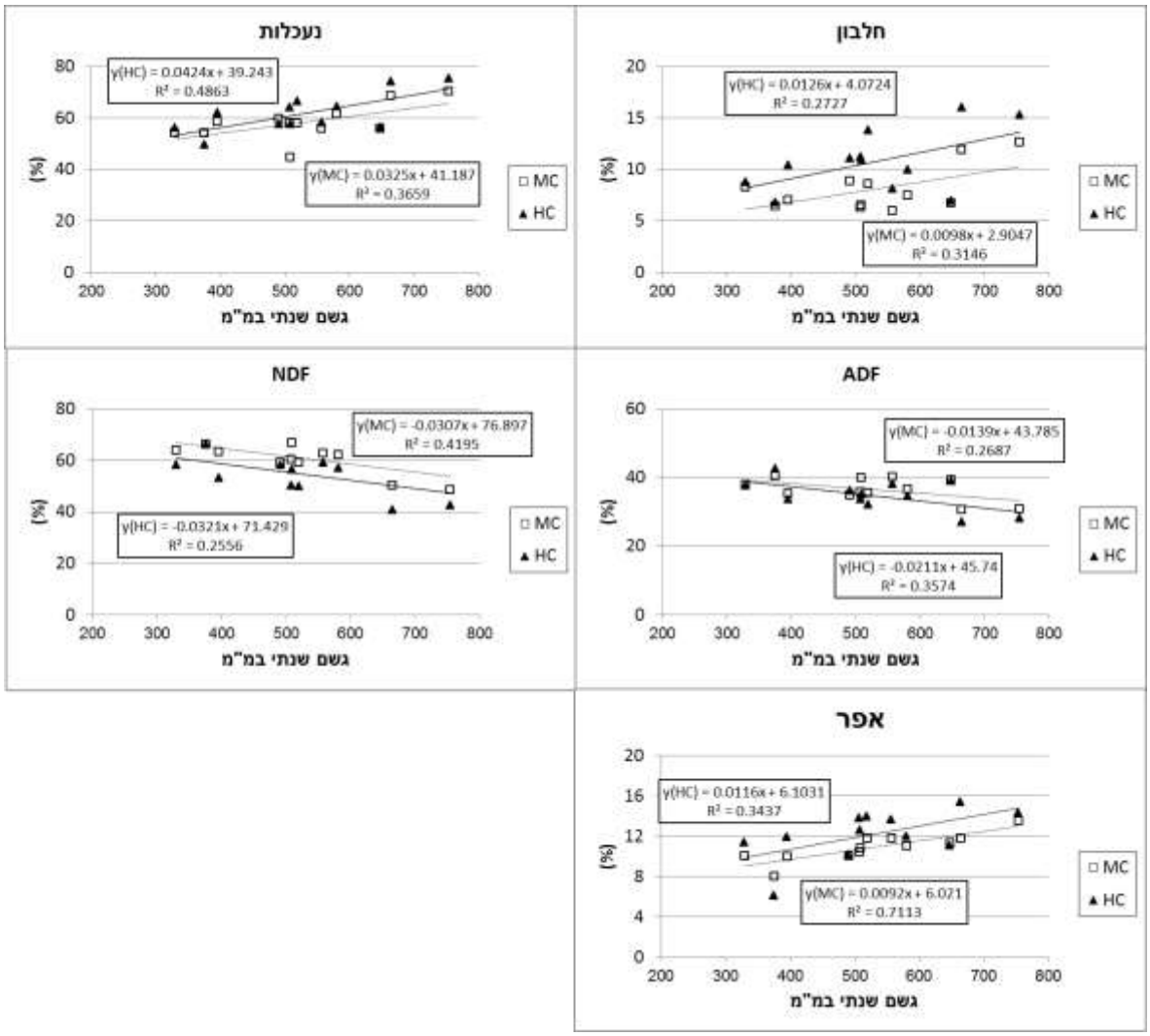
נבדק השנוי במדדי איכות הצומח השונים לאורך ציר הזמן, בין השנים 2003 ל- 2014. ניתן לראות (ציור 11 A ו-B) כי יש ירידה באחוז הנעכלות של הצומח לאורך ציר הזמן בשתי צפיפויות הרעייה.

ציור 11. השינוי באחוז נעכלות המרעית בשיא עונת הצימוח (אפריל) בטיפולי צפיפות הרעייה הגבוהה (A) והמתונה (B) לאורך השנים 2003-2014 בכרי דשא.



בניסיון לקשור בין איכות הצומח (חלבון, נעכלות, NDF, ADF ואפר) בשיא הצימוח לבין כמות המשקעים השנתית, נמצא קשר ברור בין משתנים אלו (ציור 12). הייתה עליה בנעכלות, בחלבון ובאפר עם העלייה בכמות המשקעים השנתית, ואילו ב- NDF ו- ADF נמצאה ירידה בהתאם. תוצאות אלו מראות בבירור את מגמת הפחיתה באיכות המרעית בשיא עונת הצימוח, עם הירידה בכמות המשקעים השנתית.

ציור 12. הקשר שבין ריכוז חלבון, נעכלות, ADF, NDF ואפר במרעית בשתי צפיפויות רעייה בכרי דשא בשיא עונת הצימוח לבין כמות הגשם השנתית בין השנים 2003-2014.



הרכב הצומח:

הרכב הצומח העשבוני בטיפולי הרעייה השונים בכרי דשא נבדק מדי שנה בשיא עונת הצימוח (אפריל) מאז 1994 ועד 2014. משנת 2003 ואילך, עם שיפור שיטת הדיגום, נכללו בנוסף למינים שנרשמו ב"קומה העליונה" בלבד קודם לכן, גם אלו אשר היו נוכחים ב"קומה התחתונה", ולכן התוצאות המוצגות מתייחסות לשנים אלו בלבד. ניתוח סקרי הצומח שנערכו בשנים 2003-2014 בשיא עונת הצימוח הראה, כי שלושת המינים השולטים בכרי דשא הם: שעורת הבולבוסין, שיבולת שועל נפוצה וזנב השועל המצוי - שלושתם ממשפחת הדגניים. את אחוז הכיסוי של המינים השכיחים בשטח ניתן לראות בטבלה 4. 21. מינים אלו מהווים 82%-90% מכלל הכיסוי הצמחי בחלקות המחקר בכרי דשא לאורך השנים.

טבלה 4. שפע המינים השכיחים (אחוז כיסוי ממוצע ± סטיית התקן) בכלל חלקות הניסוי בכרי דשא בשנים 2003 – 2014, כפי שנמדד בקומה העליונה (גובה פני הנוף) ובקומה התחתונה.

המין	קבוצה תיפקודית	אחוז כיסוי
שעורת הבולבוסין	**דגן רב-שנתי גבוה**	**17.0±2.4**
שיבולת שועל נפוצה	**דגן חד-שנתי גבוה**	**9.3±2.9**
זנב השועל המצוי	**דגן חד-שנתי נמוך**	**7.6±2.6**
בקבוקון מקומט	מצליב חד-שנתי	5.8±2.8
שעורת התבור	דגן חד-שנתי גבוה	5.6±1.9
קורטם מכחיל	קוץ חד-שנתי	5.3±3.1
חוח עקוד	קוץ חד-שנתי	4.6±3.4
חיטת הבר	דגן חד-שנתי גבוה	4.1±0.7
שרעול שעיר	קיטנית רב-שנתית	4.1±1.1
קיפודן דביק	קוץ רב-שנתי	3.1±0.8
חטוטרן מצוי	מצליב חד-שנתי	2.9±1.6
עוקצר מצוי	דגן חד-שנתי נמוך	2.5±1.4
זון אשון	דגן חד-שנתי נמוך	2.4±0.8
ברומית זנב שועל	דגן חד-שנתי נמוך	2.4±0.9
צנון פגיוני	מצליב חד-שנתי	2.2±1.2
כרמלית נאה	מצליב חד-שנתי	1.5±0.5
עולש מצוי	רחב עלים חד-שנתי	1.4±0.5
תלתן הכדורים	קטנית חד-שנתית	1.4±0.7
יבלית מצויה	דגן רב-שנתי	1.0±0.7
כמנון כריתי	רחב עלים חד-שנתי	0.8±0.5
עכנאי יהודה	רחב עלים חד-שנתי	0.7±0.6

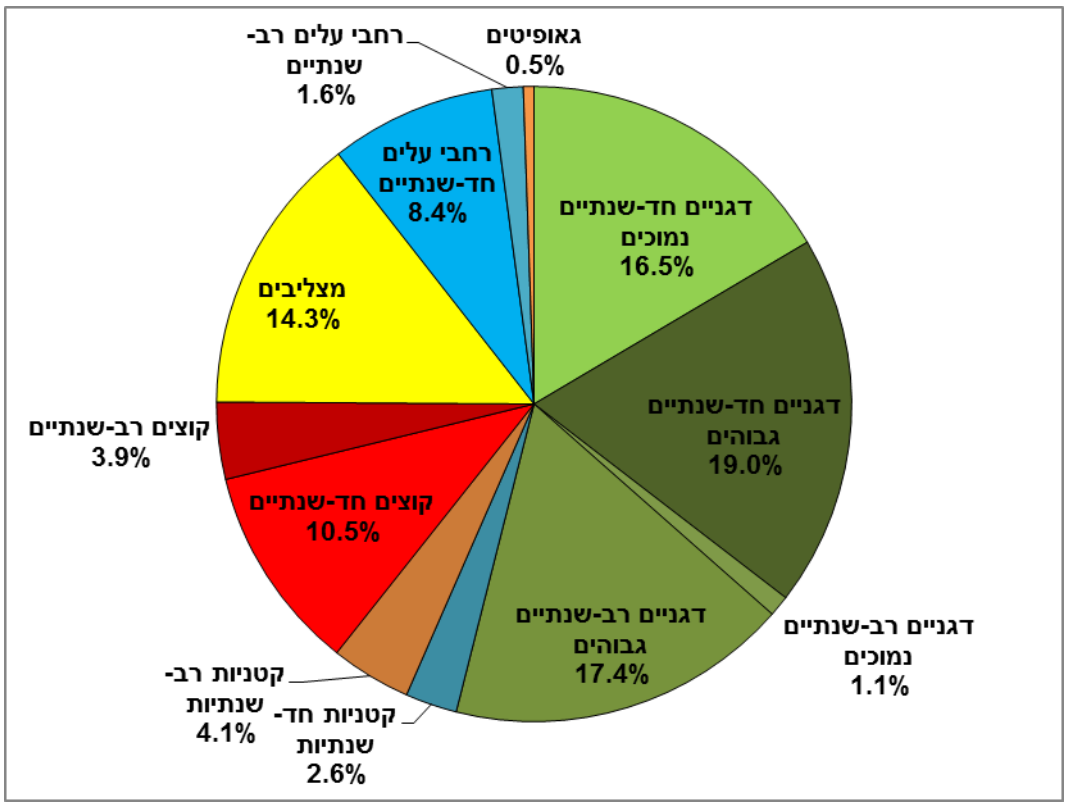
חושב עושר המינים הממוצע בטיפולי הרעייה השונים. למרות שהקפדנו שגודל המדגם יעלה על 400 נקודות דיגום לחלקה, עדיין ישנה הטייה מסויימת בגלל האורך השונה של החתכים, ולכן משתנה זה ייבדק שוב בדרך שונה בהמשך. בשלב זה, בהתאם לתוצאות המוצגות (טבלה 5), עושר מיני הצומח הנמוך ביותר נמצא בחלקות שהיו תחת טיפולי הרעייה המפוצלת, ובביקורת - ללא רעייה. לא נמצא הבדל משמעותי בעושר המינים בין צפיפויות הרעייה השונות (MC ו- HC) תחת רעייה נמשכת.

טבלה 5. מספר מיני הצומח הממוצע (± סטיית התקן) בטיפולי הרעייה השונים בכרי דשא בשנים 2003-2014.

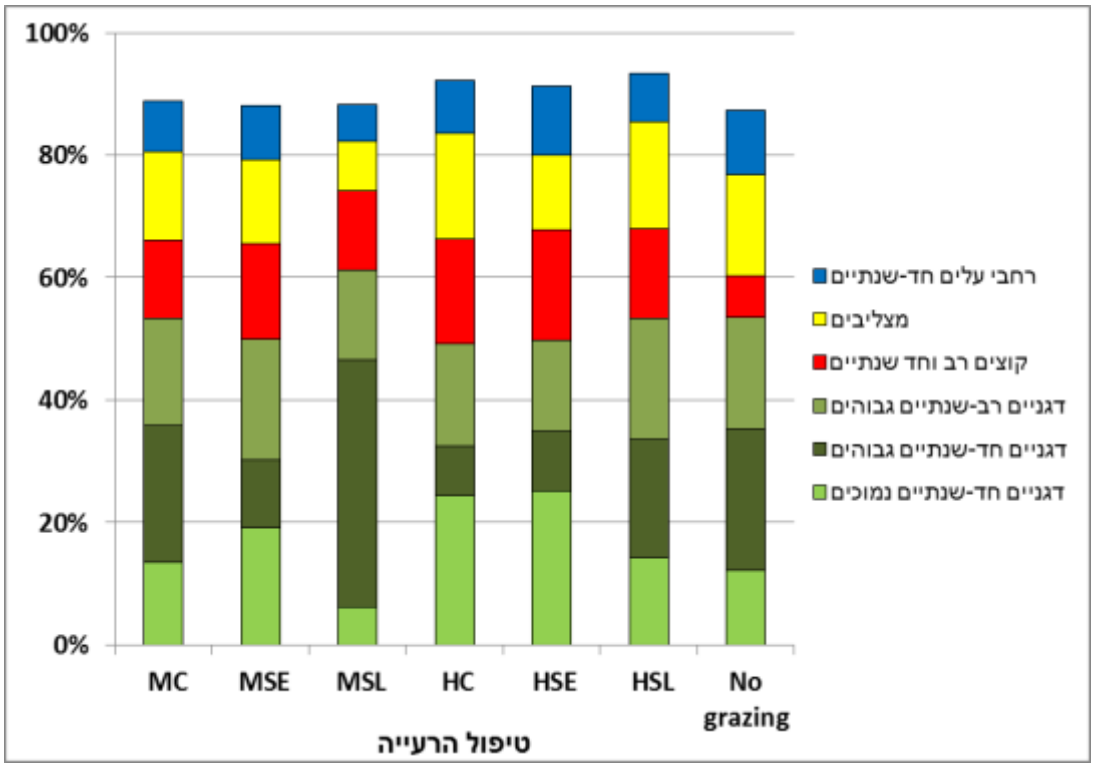
הטיפול	מספר המינים הממוצע
MC	61.2±8.8
MS_E	48.4±5.9
MS_L	39.9±5.9
HC	57.1±3.7
HS_E	44.9±4.7
HS_L	43.5±4.0
ללא רעייה	41.2±6.2

מיני הצומח מוינו ל- 12 קבוצות תפקודיות (פונקציונליות) שונות, כאשר למינים בכל קבוצה תכונות דומות. חלוקת כיסוי חלקות המרעה לפי קבוצות הצומח השונות מוצגת בציור 13. נראה כי 71.5% מכלל הכיסוי בקבוצות התפקודיות השונות הוא של מינים חד-שנתיים. כמו כן, כיסוי הדגניים בלבד (חד ורב-שנתיים) גבוה מ- 50% מכלל השטח. במיון לפי טיפולי הרעייה השונים (ציור 14) נמצא 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, רעייה חזקה מאד ורציפה חזקה. במקביל, באותם הטיפולים נמצאה עליה בשיעור הכיסוי של דגניים חד-שנתיים נמוכים של קוצים ושל רחבי עלים, בעיקר מצליבים.

ציור 13. כיסוי יחסי ממוצע (2003-2014) של קבוצות הצומח בכלל טיפולי הרעייה בשטח המחקר בכרי דשא.



ציור 14. שיעור כיסוי ממוצע של קבוצות צומח תפקודיות עיקריות בטיפולי צפיפות הרעייה השונים בכרי דשא בשנים 2003-2014.



נבדקה תגובת מיני הצומח השכיחים בכרי דשא (29 מינים אשר אחוז הכיסוי הממוצע שלהם גבוה מ- 0.5%) ביחס לצפיפות הרעייה. על פי סקר חתכי הצומח, נרשם שיעור הכיסוי הממוצע של כל אחד ממינים אלו במשך 12 שנה (2003-2014), בצפיפויות הרעייה השונות.

29 המינים מוינו ל-3 קבוצות:

(א) **מינים מתגברים**, אשר אחוז הכיסוי שלהם עולה כתוצאה מעליה בלחץ הרעייה (10 מינים, ציור 15).

(ב) **מינים מתמעטים**, אשר אחוז הכיסוי שלהם יורד כתוצאה מעליה בלחץ הרעייה (12 מינים, ציור 16),

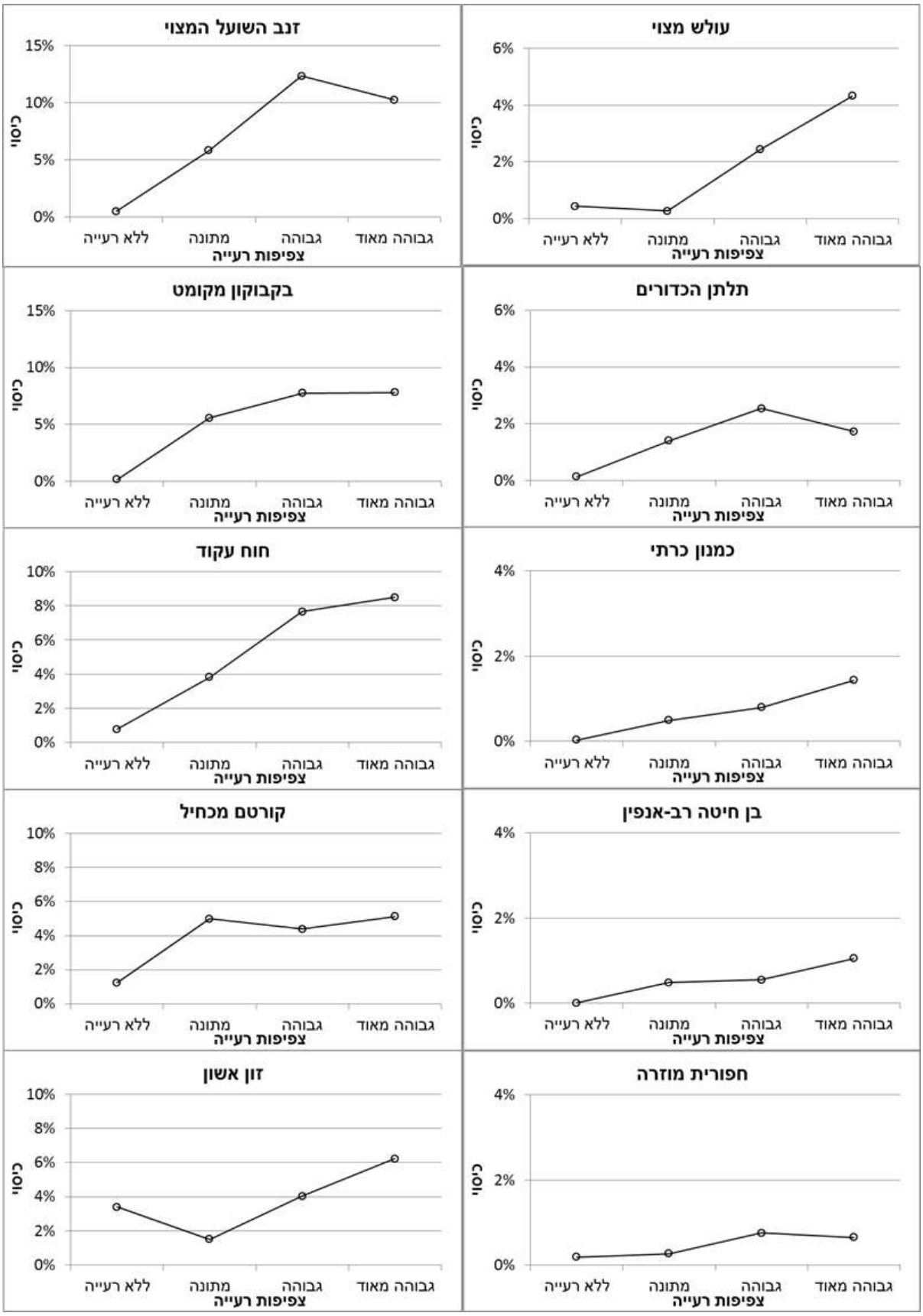
ו(ג) **מינים שאינם מושפעים** בתגובתם ללחץ הרעייה (7 מינים - קיפודן מצוי, עוקצר מצוי, ברומית זנב שועל, יבלית מצויה, חטוטרן מצוי, איסטיס מצוי ועכובית הגלגל).

ניתן לראות, כי אחוז הכיסוי היחסי של שעורת התבור, חיטת הבר, שרעול שעיר וצנון פגיוני עלה תחת טיפול רעייה מתונה (MC), ולאו דווקא בטיפול ללא רעייה.

שיעור הכיסוי היחסי של שאר מיני הצומח שהוגדרו בחתכים במשך השנים היה שולי (נמוך מ- 0.5%).

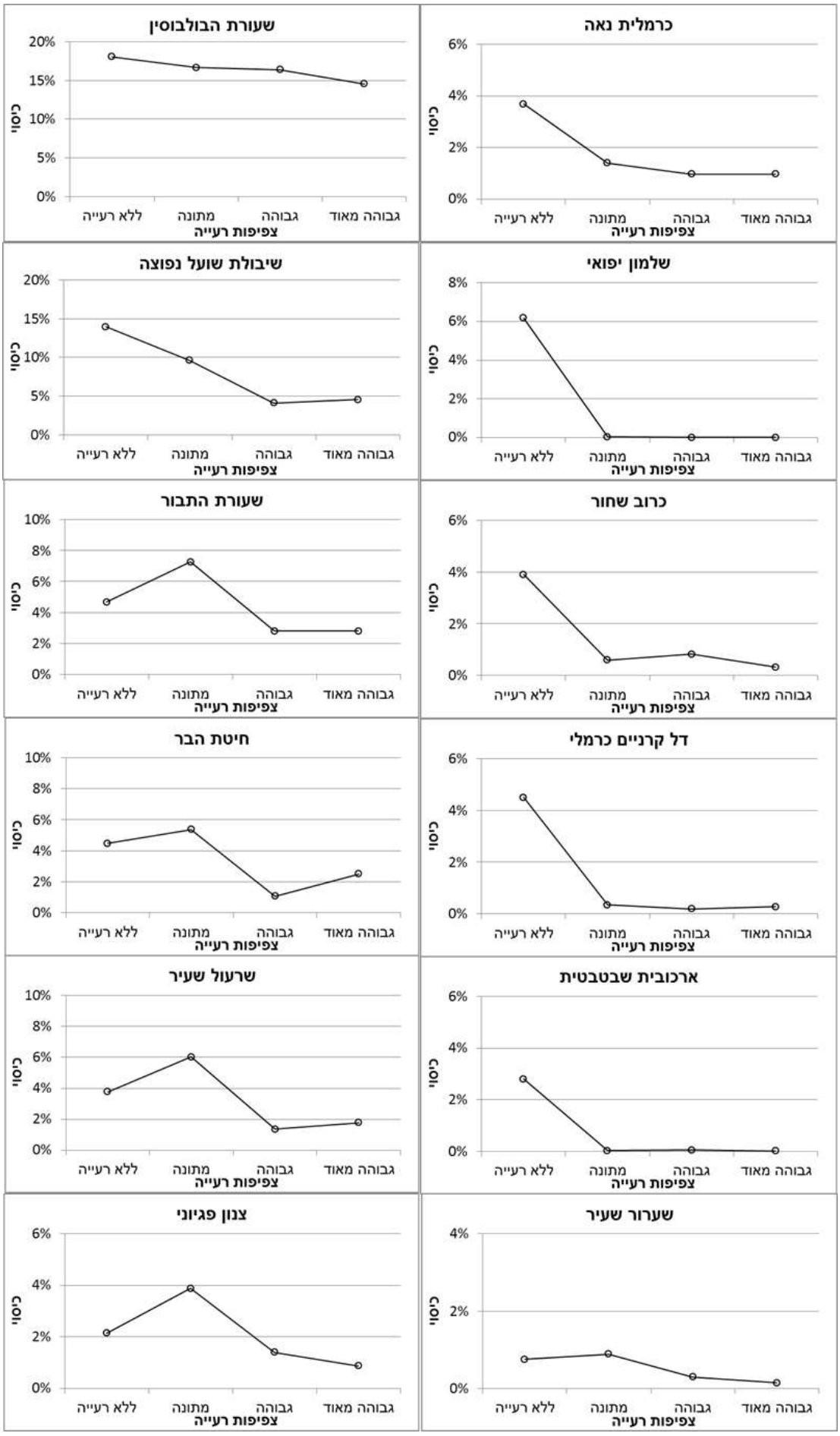
ציור 15. מינים מתגברים עם העלייה בצפיפות הרעייה בכרי דשא.

*ממוצע שיעור כיסוי מיני הצומח בשנים 2003-2014.



ציור 16. מינים מתמעטים כתוצאה מעלייה בצפיפות הרעייה בכרי דשא.

*ממוצע שיעור כיסוי מיני הצומח בשנים 2003-2014.



יסודות ההזנה בקרקע:

עם תחילת עונת הגשמים בחורף 2010/11, נלקחו דגימות קרקע לבדיקת ריכוז זרחן זמין, ניטרט ואמון. נבחנה השפעת צפיפות הרעייה על מרכיבים אלו בשלושה עומקים; 0 - 5, 0 - 10 ס"מ ו- 10 - 20 ס"מ. נמצא, כי ריכוזי הזרחן, הניטרט והאמון בקרקע היו גבוהים יותר בשכבת הקרקע העליונה ביחס לעמוקה יותר (טבלה 6), אך רק בריכוז הזרחן הזמין נמצא ההבדל מובהק ($P<0.0001$). להפתעתנו, נמצא כי ריכוזי הזרחן הזמין והחנקה ($N\text{-}NO_3$) בקרקע היו גבוהים יותר בחלקות ללא רעייה או תחת רעייה מתונה לעומת טיפול הרעייה הצפופה, בה כמות הגללים להערכתנו גדולה יותר. לעומת זאת, ריכוז האמון בטיפול הרעייה הצפופה היה נמוך יותר.

טבלה 6. ריכוז זרחן זמין, ניטרט ואמון בקרקע בעומקים 0 - 5, 0 - 10 ו- 10 - 20 ס"מ בטיפולי הרעיה השונים בכרי דשא בדצמבר 2010 (כל הערכים הם ב- מ"ג P/ק"ג קרקע).

המשתנה	העומק (ס"מ)	ביקורת 1 40 שנים ללא רעייה	ביקורת 2 (8 שנים ללא רעייה - 9 דונם לפרה)	ביקורת 3 (8 שנים ללא רעייה - 18 דונם לפרה)	רעייה - 9 דונם לפרה	רעייה - 18 דונם לפרה
זרחן זמין	0 - 5	36.2	13.7	21.7	10.4	18.2
	0 - 10	24.5	12.7	14.6	9.1	12.7
	10 - 20	17.6	7.8	8.1	7.2	8.3
$N\text{-}NO_3$	0 - 5	12.5	8.3	4.8	8.3	6.8
	0 - 10	7.8	6.5	5.0	9.5	5.9
	10 - 20	6.7	6.4	3.6	5.8	5.5
$N\text{-}NH_4$	0 - 5	19.0	25.1	18.7	26.9	24.6
	0 - 10	19.5	22.3	19.1	25.0	29.0
	10 - 20	16.8	20.8	18.0	21.2	21.6

מכיוון שתוצאות בדיקות הקרקע הצביעו על מגמה כללית של הדלדלות הנוטריינטים בשטח המרעה עם הגברת לחץ הרעייה, בוצע דיגום קרקע נוסף בגמר עונת הצימוח (מאי 2011). גם במקרה זה נמצאה תמונה דומה לגבי התנהגות הזרחן הזמין (טבלה 7).

במועד זה נלקחו גם דגימות מהאזורים הסמוכים לנקודות הריכוז של הבקר (שוקת/אבוס), ושם נמצאו ריכוזים גבוהים ביותר של יסודות ההזנה השונים. ריכוז הזרחן הזמין בשכבת הקרקע העליונה (0 - 5 ס"מ) באזור נקודות הריכוז (מנוחה) היה בין 44 ל- 255 מ"ג P/ק"ג קרקע ואילו ריכוז הניטרט היה בין 65-70 מ"ג P/ק"ג קרקע. המסקנה המתבקשת מתוצאות ראשוניות אלו היא, כי המינרלים הוסעו ע"י הבקר מחלקות המרעה לאחר אכילת הצומח, והופרשו באזורי הריכוז והרביצה, בהם שוהות הפרות כמחצית מן היממה.

טבלה 7. ריכוז ממוצע (כולל שני בתי הגידול – "מדרון" ו"מישור") של זרחן זמין, ניטרט ואמון בקרקע בעומקים 0 - 5 ו- 10 - 20 ס"מ בטיפולי הרעיה השונים בכרי דשא במאי 2011 (כל הערכים הם ב- מ"ג P/ק"ג קרקע),

המשתנה	העומק (ס"מ)	ביקורת 1 40 שנים ללא רעיה	ביקורת 2 (8 שנים ללא רעיה - 9 דונם לפרה)	ביקורת 3 (8 שנים ללא רעיה - 18 דונם לפרה)	רעייה - 9 דונם לפרה	רעייה - 18 דונם לפרה
זרחן זמין	0 - 5	36.3	21.7	13.1	13.3	14.2
	10 - 20	12.3	12.2	7.5	9.4	7.7
$N\text{-}NO_3$	0 - 5	6.7	10.9	3.9	9.8	9.5
	10 - 20	5.5	5.7	2.2	4.6	4.4
$N\text{-}NH_4$	0 - 5	16.0	18.1	12.7	16.4	17.5
	10 - 20	16.5	17.2	13.3	15.9	15.1

דיון:

במחקר ארוך טווח זה, המבוצע בחוות כרי דשא מאז 1994 ונמשך עד לימים אלו (2015), נבדקו לאורך השנים משתנים שונים בהקשרים של ביצועי בעלי החיים הרועים ולהשפעתם על הצומח במרעה. המחקר התבסס על ידע קודם, שנרכש במגוון ניסויים שבוצעו בעבר בכרי דשא, ואשר תוצאות שלהם פורסמו בעיתונים שונים, הן בארץ (זליגמן וגוטמן 1975 ; גוטמן 1979 ; גוטמן וזליגמן 1984 ; גוטמן וחוב' 1992 ; הולצר וחוב' 1989 ; אונגר וחוב' 2006) והן בעיתונות מקצועית בעולם (Gutman et al.1979, 1990a, 1990b,1999; Seligman et al. 1989; Sternberg et al. 2000, 2015). מעבר לנתונים שנאספו במחקר ארוך טווח זה, מבנה הניסוי הנוכחי משמש גם כבסיס מדעי למגוון רחב של מחקרים נוספים שנערכו בעבר ונערכים בהווה. המבנה הבסיסי של הניסוי המוצג לאורך כל שנות המחקר נשאר קבוע - טיפולי הרעייה בשתי צפיפויות (18 ו- 9 דונם לפרה) ובשני ממשקים – רעייה נמשכת ורעייה מפוצלת. חלקות הניסוי ברעייה המפוצלת מחולקות לשתי תת-חלקות - האחת ברעייה מוקדמת והשנייה ברעייה מאוחרת. מבנה זה מאפשר בחינה של המשתנים השונים בצפיפויות רעייה גבוהות מאוד בעונת הצימוח, ובחינת השפעת עונתיות הרעייה. איסוף הנתונים היה רציף ואחיד לאורך כל שנות המחקר.

עד שנת 2001, עדר הבקר בחוות כרי דשא היה בבעלות מושב מולדת, והחל מ- 2002 הוכנס עדר אחר, בבעלות האחים דבוש. המהלך הביא לשינוי בניהול עדר הניסוי ולאחזקת עדרים קבועים בכל חלקה. על מנת לשמור על אחידות מרבית במבנה הניסוי, ניתוח נתוני בעלי החיים בדו"ח זה כולל את השנים 2003-2014 בלבד. כך גם בהקשר למעקב אחר הרכב הצומח: עד 2002 נרשמו לאורך החתכים הקבועים רק המינים שהופיעו ב"קומה העליונה" (פני הנוף), ואילו משנת 2003 ואילך נרשמו כל המינים, הן ב"קומה העליונה" והן ב"קומה התחתונה". כמו כן, בדיקות ה- NIRS בוצעו באופן שיטתי רק משנת 2003 ואילך. לכן, גם במקרה זה, על מנת לשמור על אחידות ניתוח הנתונים, ההתייחסות להרכב הצומח בדו"ח זה היא לשנים 2003-2014 בלבד. שיטת דיגום הביומסה הצמחית לא השתנתה עם הזמן, וניתוח נתוני איכות המרעית הסתמך על כל 21 שנות המחקר.

דוח זה מסכם את כלל הנתונים שנאספו בתקופת המחקר הנוכחי בכרי דשא. חלק מתוצאות המחקר פורסמו לאחרונה בעיתונות בין לאומית בהקשרים השונים. מאמר מסכם בנושא יצרנות בעלי החיים וביומסת הצומח (Henkin et al. 2015), פורסם ב- *Rangeland Ecology and Management*, מאמר בנושא איכות המרעית (Henkin et al. 2011) פורסם ב- *Grass and Forage Science* ומאמר מסכם בנושא הרכב צומח ומגוון המינים

(Sternberg et al. 2015) פורסם ב- *Global Change Biology*. דו"ח זה מרכז את עיקרי התובנות שהוצגו בפרסומים אלו.

ביצועי עדר הניסוי בכרי דשא:

על מנת לתת תשובות מבוססות לבעלי המקצוע, ובעיקר לבוקרים, לגבי אפשרויות ניהול טובות יותר של עדרי הבקר לבשר בארץ, נבחנו ממשקי רעייה שונים. אומנם, טיפולי צפיפויות הרעייה שבניסוי הנוכחי הינם גבוהים ביחס למקובל במשקי הבקר לבשר באזור הצפון, אך דווקא בדיקה של מצבי קיצון חשובה ובעלת ערך לימודי רב. באופן כללי נראה, כי תחת צפיפויות רעייה שונות, נדרשות תשובות שונות לניהול מיטבי של העדר. כלומר, לא כל התשובות אשר הינן נכונות לצפיפות רעייה גבוהה מתאימות בהכרח גם לצפיפות מתונה. עבודה זו עוסקת בעיקר במצב בו צפיפות הרעייה גבוהה, וכאמור תוצאותיה אינן מצדיקות בהכרח שימוש באותם אמצעים כאשר צפיפויות הרעייה מתונות או נמוכות. במחקרי עבר שבוצעו בכרי דשא נמצא יתרון, הן ביצרנות הצומח והן בתפוקות הבקר, לקיום השהייה (תקופה ללא רעייה בתחילת עונת הצימוח), וזאת על מנת לאפשר לצומח הטבעי להתבסס (גוטמן וחוב' 1992; Gutman et al.1999). על בסיס ממצא זה התנהלה כל המערכת הניסויית הנוכחית ולמעשה בכל טיפולי הרעייה בוצעה השהייה לפני הכנסת הפרות לחלקות הניסוי. בממוצע, על פני כל תקופת המחקר, תקופת השהיית הפרות מחוץ לחלקות הניסוי, מתחילת רדת הגשמים המשמעותיים הראשונים (כ- 20 מ"מ) ועד להכנסתן לחלקות, נמשכה 70 יום. עם התחלת הרעייה בחלקות הניסוי, מאמצע ינואר ועד אמצע פברואר (בהתאם למצב הצומח באותה שנה), נמצא כי גם תחת צפיפות 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 (HS_E), לא ניתן היה להחזיק את העדר למשך כל עונת הצימוח בחלקות אלו, והיה צורך להעביר את הפרות לחלקות הרעייה המאוחרת (HS_L) כ- 25 יום לפני מועד סיום עונת הצימוח (Henkin et al. 2015).

בהתיחס לביצועים הפרטניים של הפרות, לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין צפיפויות הרעייה השונות. אך מנקודת המבט של העדר בכללו, נמצא כי יש יתרון לביצועי הבקר בקיום ממשק של רעייה מפוצלת ביחס לרעייה נמשכת, וזאת כאשר צפיפות הרעייה גבוהה (9 דונם לפרה). תוצאה זו אינה חופפת ממצאים קודמים מעבודות שונות בעולם, בהן לא נמצא יתרון לרעייה מחזורית (Briske et al. 2008). אך סביר להניח כי באותן עבודות לא נבדקו ממשקים בהן צפיפויות הרעייה היו גבוהות כמו בניסוי הנוכחי. לגבי הכדאיות הכלכלית בניהול עדר בצפיפות רעייה גבוהה לזמן מוגבל בתקופת הצימוח, נמצא כי ייצור ק"ג בשר ליחידת שטח הוא כמעט כפול בצפיפות גבוהה (9.1 ק"ג בשר חי לדונם בצפיפות גבוהה לעומת 4.5-5.0 ק"ג בצפיפות מתונה). עלות תוספת המזון הנדרשת להזנת הבקר בגלל מחסור במרעית (כאשר המזון המשלים מורכב בעיקר מזבל עופות או תחמיץ זבל עופות) הינה נמוכה, ולכן במקרה זה לממשק הנ"ל נמצא יתרון מבחינה כלכלית (Henkin et al. 2015).

מדי שנה, מחודש יוני והלאה, ניתן בכרי דשא מזון משלים לכל עדר הבקר. בעונת היובש, המאפיינת את אזור האקלים הים-תיכוני, בגלל איכות נמוכה של הקמל (בעיקר מחסור בחלבון), יש צורך בהוספת מזון מעבר למרעה הטבעי המצוי. ממשק הזנה זה, בו מוגש זבל עופות לאחר טיפול מתאים או תחמיץ המבוסס על זבל עופות, מקובל כמעט בכל משקי הבקר בארץ. כצפוי, נמצא כי בטיפולי צפיפות הרעייה הגבוהה צריכת המזון המשלים היומית היתה גבוהה ביחס לזו שנצרכה בחלקות טיפולי צפיפות הרעייה המתונה. הסיבה לכך היא כמות מרעית נמוכה יותר בצפיפות הגבוהה, אשר עדיין זמינה לבקר בסוף הקיץ. גם במקרה זה, נמצא יתרון בקיום רעייה מפוצלת לעומת נמשכת. בצפיפות הרעייה הגבוהה המפוצלת (HS), כמות המזון המשלים היומית שנצרכה ע"י הפרות היתה נמוכה ביחס לצריכת המזון המשלים של הפרות בחלקות אשר היו בצפיפות דומה, אך ברעייה נמשכת (HC).

יבול הצומח:

מתוצאות ניסוי זה, הנמשך מאז 1994 ועד לימים אלו, 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 גר׳ ח״י למ״ר. כפי שנמצא גם בעבודות נוספות (גולודיאץ וחוב׳ 2013, Golodets et al. 2013), נראה כי ייצור הצומח העשבוני בכרי דשא מושפע מכמות המשקעים השנתית; יבול הצומח גבוה יותר בשנים גשומות ונמוך יחסית בשנים שחונות. 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. עובדה אשר צריכה להנחות את הבוקר בתכנון ממשק הרעייה של העדר בשטחיו. יש לציין, שסטיית התקן הממוצעת של היבול לכל הטיפולים בין השנים עומדת על 43%. אך למרות זאת, ההבדלים בין טיפולי הרעייה השונים בשיא עונת הצימוח נמצאו משמעותיים (Henkin et al. 2015).

עם תחילת הרעייה בכל שנה (לאחר תקופת ההשהיה), יבול הצומח הממוצע בטיפולים השונים בשנים 1994-2014 עמד על 87-80 גר׳ ח״י למ״ר, ללא הבדל מובהק בין הטיפולים, זאת לעומת 45±127 גר׳ ח״י למ״ר בטיפול הביקורת ללא רעייה. בהמשך העונה, צפיפות הרעייה השפיעה באופן מובהק על יבול הצומח, וככל שהצפיפות עלתה כך יבול הצומח בשטח היה נמוך יותר באופן יחסי. תחת רעייה נמשכת, בצפיפות המתונה של 18 דונם לפרה, יבול הצומח העשבוני הממוצע בשיא עונת הצימוח (± סטיית התקן) עמד על 106±272 ק״ג ח״י לדונם. לעומת זאת, בטיפול הצפיפות הגבוהה יבול הצומח הממוצע במועד זה היה 71±157 ק״ג ח״י לדונם בלבד. תחת רעייה מוקדמת חזקה מאד, בצפיפות של 4.5 דונם לפרה, נמצא כי יבול הצומח הממוצע בשיא העונה עמד על 51±135 ק״ג ח״י לדונם, אך ערך זה עדיין גבוה ביחס למה שהיה מצוי אילו הרעייה הייתה נמשכת ברצף בטיפול זה עד למועד הדיגום. כתוצאה מאכילה מוגברת של הצומח ע״י הבקר בצפיפות הרעייה הגבוהה מאד, היה צורך להוציא את הפרות מהחלקה ולהעביר אותן לתת-חלקה בה התקיימה רעייה מאוחרת, וזאת 25 יום (בממוצע) לפני סיום עונת הצימוח. מהלך זה אפשר לצומח בחלקה להתאושש מעט, ותרם לעלייה מחודשת ביבול. מכאן נראה, כי תחת רעייה נמשכת (לאחר השהייה) בצפיפויות של עד 9 דונם לפרה (אך לא יותר מכך), ניתן לקיים עדר על המרעית בלבד לכל אורך עונת הצימוח. הגברת הצפיפות מעבר לרמה זו הינה בעייתית, ובצפיפות של 4.5 דונם לפרה קצב צריכת הצומח ע״י הפרות גבוהה מקצב הצימוח של העשב (ראה גם Noy-Meir 1975), ונדרשת הוצאת הפרות מהחלקה לפני סיום עונת הצימוח והעברתן לחלקה אחרת בה מתקיימת רעייה מאוחרת. לצפיפויות הרעייה הייתה גם השפעה משמעותית על יבול הצומח בעונת הקמל, ועם הגברת הצפיפות נמצאה ירידה ביבול, אשר השפיעה באופן ישיר על משך שהות הפרות בחלקה. מכאן, צפיפות הרעייה, משך עונת הרעייה והצורך בתוספת מזון משלים הם המשתנים החשובים לקבלת החלטות לגבי ממשקי הרעייה המיטביים בכל אתר (Hooper and Heady 1970).

יש לציין, שבמחקר שבוצע בקליפורניה הראו חוקרים (Hooper and Heady 1970), כי כמות הצומח האופטימלית הלא מנוצלת בסוף העונה עמדה על כ-90 גר׳ ח״י למ״ר. ערך זה נמצא בתחום דומה לזה שנמדד בסוף העונה בכרי דשא תחת צפיפות רעייה מתונה (18 דונם לפרה) ולאחר השהייה, וזוהי כנראה הצפיפות המיטבית המומלצת לאזור הגליל המזרחי והגולן המרכזי. אך חשוב לומר, כי גם הכמויות הנמוכות יחסית של הקמל שנשארו בסוף עונת הרעייה בחלקות בהן הייתה צפיפות גבוהה, לא היוו בעיה לגבי התחדשות הצומח בשנה העוקבת. הכיסוי הנמוך השאריתי של הצומח (נשר) בשטח, והפחיתה בבנק הזרעים ובכושר הנביטה שלהם (Sternberg 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 נמשכת כאשר צפיפות הרעייה גבוהה, וזאת בהתיחס לנתוני יבול הצומח העשבוני. בצפיפות רעייה של 9 דונם לפרה, ע"י פיצול החלקה לשניים, התקבל יבול גבוה יותר של צומח עשבוני. הדבר בא לידי ביטוי בעיקר בשיא עונת הצימוח (באפריל), בה נמצאה תוספת ממוצעת של כ- 60 גר' ח"י למ"ר ביחס לרעייה נמשכת בצפיפות דומה. יתרון זה נשמר, אמנם במידה פחותה, גם בהמשך עונת הרעייה, בקיץ.

איכות המרעית:

השפעת העונה והשנה: המאפיינים המרכזיים הקובעים את האקלים בחבלים הים תיכוניים הם עונת גשמים קרירה וגשומה, ועונת קיץ חמה ויבשה, עם שונות רבה בין השנים. בהתאם, ימצאו הבדלים בהתנהגות הצומח הים-תיכוני לאורך השנה וכך גם בין השנים. אורך עונת הצימוח תלוי הן במועד הגשמים הראשונים, הקובעים את מועד תחילת העונה, והן בטמפרטורות הגבוהות המלוות ברוחות מזרחיות יבשות המסיימות את העונה (Svoray et al. 2008), ולכן משכה בין השנים שונה. מצבו הפנולוגי של הצומח תלוי בעונה, ובהתאם נקבעים ערכי איכויות הצומח. אלו פוחתים עם התבגרות הצמח לאורך עונת הגידול (Arzani et al. 2004). שיטת ה- NIRS (Landau et al. 2004; 2006; 2011) מאפשרת כיום בדיקה מהירה וזולה של אחוז האפר, הנעכלות, החלבון, NDF, ו- ADF בצמח. ניתוח רב-שנתי של איכות המרעית בכרי דשא, אשר נבדקה בשיטה זו, מצביע על קשר ישיר בין כמות הגשם השנתית לבין משתנים אלו בשתי צפיפויות הרעייה בשיא עונת הצימוח. המחקר הנוכחי הראה גם הבדלים משמעותיים באיכויות המרעה בין השנים (הנקין וחוב' 2007), אך לא נמצא הבדל מובהק בין אינטראקציות הכוללות: ממשק \ שנה \ צפיפות רעייה (Henkin et al. 2011). בשטחי המרעה העשבוני, כדוגמת הבתות ההמי-קריפטופיטיות המאפיינות את הגליל המזרחי והגולן, עונת הצימוח נמשכת 5-6 חודשים. עונה זו, המתחילה בד"כ בנובמבר, מלווה בנביטת צומח חד-שנתי והתחדשויות של מינים עשבוניים רב-שנתיים (Sternberg et al. 2000). קצב הצימוח של העשב בד"כ איטי במשך החורף (דצמבר-ינואר), ולכן השהיית הפרות מקובלת כמרכיב ממשקי בניהול העדר. לאחר התבססות הצומח, ביבול של 70-130 גר' ח"י למ"ר, הצומח צעיר ואיכותו גבוהה מאוד, ואז בדר"כ הבקר מוכנס לחלקות המרעה (Gutman et al., 1999). אבל תקופה זו קצרה, ולקראת סוף עונת הצימוח (אפריל) הצומח מתבגר ומתייבש ואיכותו יורדת באופן משמעותי. שינויים אלו באים לידי ביטוי הן בירידה בשעור החלבון, מ- 20% ויותר בתחילת העונה ל- 4-5% בעונת הקמל, וכך גם בשעור הנעכלות אשר יורדת משמעותית מ- 80-82% עם הכנסת הבקר לשטח ועד ל- 43% בקיץ. במקביל ישנה עליה בשיעורי NDF ו- ADF עם התקדמות עונת הרעייה. הבדלים משמעותיים אלו באיכות הצומח חייבים להלקח בחשבון בניהול העדר לאורך השנה.

השפעת עונתיות הרעייה והצפיפות: לחץ רעייה חזק ורעייה מוקדמת גורמים לשיבוש מסויים בהרכב צומח המרעה, כתוצאה מעליה בשעור הכיסוי היחסי של המצליבים ומיני הקוצים החד והרב-שנתיים (Sternberg et al. 2000). אך במחקר זה נמצא, כי במקביל ישנו פיצוי מסויים בשיפור איכות הצומח כתוצאה מרעיית הבקר, הבא לידי ביטוי בעליה בריכוז החלבון ושעור הנעכלות מצד אחד, ו בירידה בערכי NDF ו- ADF מצד שני. התחדשות צימוח צעיר של העשב בעקבות אכילתו היא כנראה הסיבה המרכזית לעליה באיכותו. ככל שהצומח מתבגר, יש ירידה בטיב המרעה (Nelson et al. 1989, De Santis et al. 2004). לכן, לרעייה מוקדמת או נמשכת יש השפעה חיובית על איכות המרעית (Henkin et al. 2011). השפעה זו לא באה לידי ביטוי בתחילת עונת הרעייה, עם הכנסת הבקר לשטח. העליה באיכות הצומח כתוצאה מהתחדשותו לאחר רעייה באה לידי ביטוי בעיקר בשיא עונת הצימוח. השפעה זו נחלשת בהמשך, לקראת ראשית עונת הקמל (יוני). בסוף עונת הקמל (אוגוסט), כאשר כל

הצומח יבש ואיכותו נמוכה ביותר, ההבדלים באיכות הצומח בין הממשקים השונים מיטשטשים, ואינם משמעותיים.

עונת ההמלטות העיקרית נמשכת בין נובמבר למרץ, אז איכות הצומח גבוהה. בהתאם, ביצוע המלטות מוקדמות לקראת עונה זו מקנה יתרון ממשקי, המאפשר לנצל את המרעית כשאיכותה גבוהה. שינוי בשעור החלבון במרעית משפיע על ייצור החלב ועל התפתחות הוולדות בהתאם. בגלל איכויות נמוכות של הקמל בעונת היובש (4%-5% חלבון), הפרות מקבלות זבל עופות כמזון משלים, בו שיעור החלבון הוא כ- 20% ויותר.

מעבודה זו נראה, כי רעייה מוקדמת בעונת הצימוח לא בהכרח פוגעת באיכות המרעית. לצד ירידה חזקה ביבול ושינוי לרעה בהרכב הצומח, עם הקדמת הרעייה, איכות הצומח השתפרה. ביצוע רוטציה בין חלקות בשנים שונות, תוך שימוש ברעייה מוקדמת ומאוחרת לחילופין, עשויות להוביל לידי כך שמצד אחד הרכב הצומח לא יפגע, ומצד שני הצומח ינוצל כאשר איכותו מירבית. רעייה ברוטציה בין חלקות מקובלת בעולם, למרות שלפי .Briske et al (2008) לא הוכח כי לשיטת ניהול זו יש יתרון ממשקי.

למרות ההשפעה הנמוכה יותר, גם לצפיפות הרעייה יש השפעה מובהקת על איכות צומח המרעה. צפיפות רעייה של 18 דונם לפרה במרעה העשבוני הים תיכוני, למשך 9 חודשים בשנה, כפי שמקובלת במשקים בגליל המזרחי וברמת הגולן, נחשבת כמתונה בחוות כרי דשא, ויושמה במחקר הנוכחי. לעומת זאת, צפיפות רעייה של 9 דונם לפרה, כפי שנבדקה במחקר זה, הינה גבוהה באופן משמעותי מהמקובל. במבחן סטטיסטי שבחן את ההבדלים באיכות המרעית ביחס לצפיפויות הרעייה, נמצאו הבדלים מובהקים באינטראקציה שבין צפיפות רעייה ובין העונה. ההבדל היה מובהק לגבי נעכלות (P=0.02), חלבון (P=0.0005) ו- ADF (P=0.05), כלומר צפיפות גבוהה יותר משמעה איכות גבוהה יותר, אבל כפי שהוזכר קודם מירב ההבדלים באיכות הצומח בין הטיפולים באים לידי ביטוי באביב, בשיא עונת הצימוח. השינוי בהרכב ובמצב הפיזיולוגי של הצומח, הוא הגורם המרכזי להבדל. הבדלים מובהקים אלו, כפי שנמצאו בין ממשקי הרעייה השונים, רק מדגישים את הצורך בקבלת החלטות מושכלת לגבי ממשק הרעייה המיטבי, על מנת לקבל יצרנות מירבית בעדר.

הרכב הצומח:

הצומח השולט באזור הגליל המזרחי מותאם לתנאי אקלים ים-תיכוני, לקרקע הפוריה (פרוטו גרומוסול) ולהיסטוריה ארוכת השנים של רעייה. תצורת הצומח המאפיינת חבל ארץ זה היא בתה המי-קריפטופיטית (Zohary 1973), אשר כהגדרתה מאופיינת בדומיננטיות של מינים עשבוניים רב-שנתיים. באופן כללי, לאורך שנות הניסוי הנוכחי הוגדרו בכרי דשא כ-200 מיני צומח. 21 מבין מינים אלו מכסים 82-90% מהשטח. שלושת המינים השולטים הם: שעורת הבולבוסין, שיבולת שועל נפוצה וזנב השועל המצוי. שלושתם נמנים על משפחת הדגניים. הכיסוי הכללי של הדגניים בלבד (חד ורב-שנתיים) מכלל המינים הינו גבוה מ- 50%. 71.5% מכלל כיסוי הצומח מורכב ממינים חד-שנתיים.

מבין 29 המינים שהוגדרו בשטח המחקר בכרי דשא, ואשר שיעור הכיסוי הממוצע שלהם על פני כל השנים גבוה מ- 0.5%, נמצא כי ב- 10 מהם יש עליה בשיעור כיסוי השטח (התגברות) כתוצאה מעלייה בצפיפות הרעייה, וב-12 מינים יש פחיתה בשיעור הכיסוי (התמעטות) כתוצאה מעלייה בעוצמת הרעייה. מבין מינים אלו, ניתן לראות כי שיעור הכיסוי היחסי של שעורת התבור, חיטת הבר, שרעול שעיר וצנון פגיוני היה הגבוה ביותר דווקא תחת צפיפות רעייה מתונה (MC). כמו כן, ב- 7 מינים (הכוללים: קיפודן מצוי, עוקצר מצוי, ברומית זנב שועל, יבלית מצויה, חטוטרן מצוי, איסטיס מצוי ועכובית הגלגל) לא נמצא שינוי כתוצאה מעלייה בצפיפות הרעייה.

.Aboling et al (2008) ו- Sternberg et al. (2010), הראו הבדלים משמעותיים בהרכב הצומח וקבוצות צומח תפקודיות בעקבות רעייה. ניתוח הנתונים מהניסוי ארוך הטווח בכרי דשא, מצביע גם הוא על ההשפעה של ממשקי הרעייה השונים על הרכב הצומח. לפי .Sternberg et al (2015), לשינויים השנתיים בכמות המשקעים הייתה השפעה זניחה על ההרכב. הרעייה השפיעה לרעה בעיקר על כיסוי מינים של דגניים חד-שנתיים גבוהים,

כאשר ללא רעייה ובחלקות הרעייה המתונה והמאוחרת אחוז הכיסוי שלהם היה גבוה יחסית. אחוז הכיסוי של קבוצת צומח זו פחת בצורה ניכרת תחת ממשקים של רעייה מוקדמת (E), רעייה בצפיפות גבוהה (H), רעייה מוקדמת בצפיפות גבוהה מאד (HS_E) ונמשכת חזקה (HC). במקביל, באותם הטיפולים נמצאה עליה בשיעור הכיסוי היחסי של דגניים חד-שנתיים נמוכים ושל קוצים. כמו-כן, נמצאה באותם הטיפולים גם עליה בשיעור הכיסוי של רחבי עלים, בעיקר מינים ממשפחת המצליבים. אך המעניין הוא, כי גם תחת תנאים קיצוניים ביותר, של צפיפות רעייה חזקה מאוד, עדיין נמצאו מינים השייכים לקבוצת הדגניים החד-שנתיים הגבוהים ושיעור הכיסוי שלהם עדיין עמד על 5%-10% מכלל הצומח, והם לא נעלמו מן השטח. Golodets et al. (2010) הראו, שבמערכות צומח בשליטה של דגניים (ובעיקר חד-שנתיים) והנתונות להסטוריה ארוכת שנים של רעייה, פוטנציאל שיקום הצומח לאחר שיפור התנאים הוא גבוה. לכן, גם עם הכפלת צפיפות הרעייה פי 4 ביחס לטיפול הרעייה המתונה כמו בניסוי זה, לא ניתן לראות שינויים אקולוגיים מהותיים 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 מסוימים מקטינה את ההשפעה שלהם על מינים אחרים, ועל ידי כך מגבירה את חשיבותם וגורמת לשינוי בהרכב חברת הצומח (Olff and Ritchie 1998). בבתות ההמיקרפטופיטיות, המאפיינות את שטחי המרעה העשבוניים בגליל המזרחי והגולן, המין היציב ביותר והשולט בשטחי המרעה הוא שעורת הבולבוסין. קיום הבולבוסין בתת-הקרקע, בהם נאגרים חומרי התשמורת ואשר מהם מתחדש הצמח, מאפשר למין זה להיות משוחרר ולא תלוי בייצור הזרעים. תכונה זו מקנה לו כושר עמידות והתחדשות גבוה ויציבות מפני לחצי רעייה חזקים לאורך שנים. יכולתו הגבוהה של מין זה להתחדש עם רדת הגשמים הראשונים מדי שנה, מקנה לו את האפשרות לקיום תחת תנאים של צפיפות רעייה גבוהה, ואת עמידותו הגבוהה מול כמויות המשקעים המשתנות, ובעיקר כושרו להתמודד עם מחסור במשקעים בשנים שחונות. אכן, הרכב הצומח המוזכר מראה יציבות גבוהה תחת מגוון תנאי רעייה (Ives and Carpenter 2007), ואפילו עם הגברת צפיפות הרעייה במידה רבה לא נמצאה ירידה משמעותית בכיסוי שעורת הבולבוסין. כמו-כן, לא נמצאו קבוצות תפקודיות שחסרו ונעלמו לחלוטין מהשטח, ולא נמצאו כל סימנים אחרים לרעיית יתר. תוצאות מחקר זה מדגישות את גמישות המערכת העשבונית הים תיכונית לשינויים שנתיים במשטרי הגשם, כמו גם לצפיפויות הרעייה והעונתיות שלה. מכאן התמיכה בהנחה, שלמרות אי הוודאות בתנאים האקלימיים המשתנים ובמשטרי הרעייה, המערכת האקולוגית הים-תיכונית , הנתונה להשפעות הסטוריה רבת שנים של השפעות אלו, הינה יציבה לאורך זמן (Sharan-Nathan et al. 2013 ;Golodets et al. 2013 ;Carmona et al. 2012).

יסודות ההזנה בקרקע:

למרות שבמחקר זה לא בוצע ניטור ארוך-טווח של יסודות ההזנה בקרקע כפי שבוצע במשתנים האחרים שהוצגו, יש חשיבות רבה לנתונים המוצגים, גם אם הם מוגבלים בהיקפם. התוצאות המוצגות במחקר זה מראות, שריכוזי זרחן זמין וחנקה ($N\text{-}NO_3$) בקרקע נמצאו גבוהים יותר דווקא בחלקות ללא רעייה או תחת רעייה מתונה. הנחת הבסיס שלנו עם תחילת המחקר הייתה, כי לכמות הפרש המפוזר בחלקות המרעה יש השפעה ישירה על פוריות הקרקע. הנחנו כי בשטח מרעה בו צפיפות הרעייה גבוהה אמור להיות פיזור גבוה של פרש, ולכן הציפיה היתה לקשר ישר בין לחץ הרעייה לבין ריכוזי הזרחן והחנקן בקרקע. אבל תוצאות מחקר זה מצביעות על מגמה הפוכה, לפיה ריכוז יסודות הזנה אלה ירד עם הגברת לחץ הרעייה בחלקות. תוצאה זו מראה דווקא על הדלדלות של זרחן וחנקן בשטח המרעה כתוצאה מהרעייה.

הנחתנו המתוקנת בעקבות המחקר היא, שזו תוצאה של ניצול מוגבר של הצומח ע״י הבקר, וקיים תהליך הסעה והשקעה של זרחן וחנקן מהחלקה אל אזור הריכוז והרביצה של הפרות, בו הן שוהות כמחצית מן היממה (Dolev et al. 2014 ;Aharoni et al. 2013). מכאן, שככל שצפיפות הרעייה גבוהה יותר, כך ניצול הצומח גבוה יותר, ובהתאם יורד ריכוז הזרחן והחנקן בקרקע החלקה.

סיכום ומסקנות - נקודות מרכזיות:

ממשק הבקר ויבול הצומח:

1. ניתן לקיים עדר בקר במרעה עשבוני (כפי שמצוי ברמת הגולן והגליל המזרחי) לכל אורך תקופת הצימוח, על בסיס המרעית הזמינה לאחר השהייה בתחילת עונת הגידול, וזאת גם בצפיפות רעייה גבוהה של 9 דונם לפרה. הכפלת הצפיפות בתנאים אלו ל- 4.5 דונם לפרה תגרום לניצול יתר של המרעית ע"י העדר, ותחייב הוצאת הפרות מהשטח והעברתן לחלקה חליפית לפני סיום עונת הצימוח.
2. יצור הצומח בכרי דשא מספיק לשעור אכלוס של 15 ימי רעייה של פרה לדונם בשנה לפחות, גם בשנים שחונות. עם תוספת מתאימה של מזון משלים ניתן להגיע גם לשיעורי אכלוס של 21 ימי רעייה של פרה לדונם בשנה, ורעייה בצפיפות גבוהה זו אינה פוגעת בביצועי הבקר.
3. תחת רעייה בצפיפות גבוהה יש עלייה בצריכת מזון משלים מצד אחד, אך מצד שני ניתן לייצר יותר בשר גמול ליחידת שטח. נכון להיום, כאשר מחיר המזון המשלים (זבל עופות) נמוך והזנה בזבל עופות מותרת, הגברת צפיפות הרעייה יכולה להיות משתלמת מבחינה כלכלית.
4. תחת צפיפות רעייה גבוהה (9 דונם לפרה) נמצאה ירידה של 43% ביבול הצומח בסוף עונת הגידול ביחס לצפיפות מתונה (18 דונם לפרה), ובהתאם פחיתה של 38% במשך ימי הרעייה האפשריים בחלקה. בצפיפות הרעייה הגבוהה נמצא יתרון בפיצול החלקה לשתי תקופות רעייה, וקבלת יותר ביומסה צמחית בהשוואה לממשק רעייה נמשכת (בעיקר בשיא עונת הצימוח).
5. נמצא יתרון בשיעור ההתעברות ובמשקל הפרות בממשק של רעייה מפוצלת לעומת רעייה רציפה.
6. נמצא קשר ישר בין היקף יצור הצומח העשבוני בכרי דשא ובין כמות המשקעים השנתית.
7. גם ללא רעייה יש ירידה בביומסה של הצומח במשך תקופת היובש אשר מסתכמת בכ- 40%, לכן יש חשיבות בניצול מירבי של המרעה בעונת הצימוח, לפני התיבשותו.

איכות הצומח:

1. מצבו הפנולוגי של הצומח ואיכותו תלויים בעונה ובצפיפות הרעייה. כמות הצומח ואיכותו פוחתים החל משיא עונת הצימוח (אפריל) ועד סוף הקיץ (ספטמבר-אוקטובר).
2. נמצא יתרון באיכות המרעית, בעיקר בעונת הצימוח, תחת ממשק של רעייה מוקדמת וצפיפות גבוהה. תופעה זו מוסברת ע"י התחדשות מהירה של הצומח לאחר אכילתו.

הרכב הצומח ויציבות המערכת:

1. תנודות שנתיות בשיעור כיסוי השטח של קבוצות צומח תפקודיות הן בעיקר תוצאה של הבדלים בצפיפות הרעייה ועיתויה, ובמידה פחותה בגלל הבדלים בכמויות המשקעים.
2. תחת צפיפויות רעייה גבוהות יש פחיתה יחסית בכיסוי השטח ע"י דגניים גבוהים, ועלייה בכיסוי קוצים חד ורב-שנתיים, דגניים נמוכים ומיני מצליבים.
3. עם זאת, בנק הזרעים של מיני הצומח, כולל הדגניים הגבוהים לא נפגע גם תחת לחץ רעייה גבוה, כפי שנמצא מדי שנה בתחילת עונת הרעייה. לאורך כל שנות המחקר, לא נצפו סימנים המעידים על התמוטטות מערכת הצומח. עובדה זו מחזקת את ההשערה, כי צומח המרעה הים-תיכוני עמיד ויציב, ומותאם לתנאי הרעייה המתמשכים זה אלפי שנים.

מאזן נוטריאנטים בקרקע:

תוצאות ראשוניות מצביעות על כך שתחת רעייה, יש הוצאה של זרחן וחנקה משטח המרעה והעברתו ע"י הפרות לאזורי הריכוז שלהן בחלקות המרעה. ההנחה הראשונית היא, כי הדלדול בנוטרינטים במרעה הוא תוצאה של ניצול הצומח ע"י הבקר הרועה בשטח, ופיזורו הלא הומוגני בגללים בנקודות הריכוז והמנוחה.

תודות:

לצדוק כהן (בעבר) וחיים גורליק (כיום) על ניהול חוות כרי דשא, על כל המורכבות שבה.

למיכאל לוריא על ביצוע סקרי הצומח לאורך כל שנות המחקר.

לניר בס על הליווי והתמיכה במחקר.

לשמעון זית על העריכה הלשונית.

ללבנה דבש על ביצוע האנליזות של איכות הצומח.

ליענק'ה ורחמים דבוש על ניהול העדר, למרות כל הקשיים.

למכון וולקני, מו"פ צפון, הנהלת ענף מרעה והמדען הראשי במשרד החקלאות אשר אפשרו מנהלית ותקציבית לקיים את המחקר ארוך הטווח הזה ולהביאו לפרסום.

רשימת ספרות:

אונגר, י.ד., י. קרליבך, י. יהודה, ח. ברעם, ומ. גוטמן. 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., מ. גוטמן, צ. כהן, ח. ברעם, ח. אהרון, נ. דור סיני, ח. שלוש, ונ. זליגמן. 2006. יעילות היצור של עדר הבקר לבשר בחוות כרי דשא: סיכום של 15 שנה. *ידיעות לבוקרים*, 116: 11-18.

גוטמן, מ. 1979. ייצור ראשוני של בתות ספר ים-תיכוניות. בוליטין מס' 212, מנהל המחקר החקלאי, המכון לגידולי שדה וגן, מרכז וולקני בית דגן.

גוטמן, מ. ונ. זליגמן. 1985. ניצול עונתי אינטנסיבי של מרעה עשבוני ים-תיכוני על ידי בקר לבשר. השדה, כרך ס"ד: 2301-2305.

גוטמן, מ., צ. הולצר, נ. זליגמן, צ. כהן, וח. ברעם. 1992. השהיית הרעייה בתחילת עונת הירק והשפעתה על יצור המרעה ועל ביצועי עדר בקר לבשר. נתוני סיכום של ניסוי רעייה שהתבצע בחוות הניסויים כרי דשא בין השנים 1985-1991. המחלקה לגד"ש ומשאבי טבע והמחלקה לבקר לבשר, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן ומו"פ צפוני.

גולודיאץ, ק., מ. שטרנברג, ח. קיגל, ב. בוקן, ע. דולב, ל. הדר, ז. הנקין, א. צעדי, י. בצלאל, א. ארנון, נ. זליגמן וי. אונגר. (2013). הקשר בין כמויות הגשם לייצור ראשוני בשטח מרעה לאורך מפל הגשם בישראל והשלכותיו לאור שינוי האקלים הצפוי. *אקולוגיה וסביבה*, 4: 148- 158.

הולצר, צ., מ. גוטמן, ד. הראל, נ. זליגמן, י. קלי, ר. לרר, י. קרייצר, נ. דור-סיני וד. לוי. 1989. השפעת עונת ההמלטה על התשומה ועל התפוקה בעדר בקר לבשר. *השדה*, כרך ס"ט: 2060 – 2064.

הנקין ז., ב. ברוש, י. לנדאו, ל. דבש, י. אונגר, א. פרבולוצקי, י. יהודה, ומ. שטרנברג. 2007. השפעת עונתיות הרעייה וצפיפות הבקר על איכות הצומח במרעה עשבוני. *ידיעות לבוקרים*, 118: 21-24.

זליגמן, נ. ומ. גוטמן. 1975. השפעת שיטות רעייה על הרכב צומח המרעה של בתות המיקריפטופיטיות ים-תיכוניות. *השדה*, כרך כ"ו: 638-641, 874-877.

Aboling, S., M. Sternberg, A. and J. Kigel. 2008. Effects of cattle grazing timing and intensity on soil seed banks and regeneration strategies in a Mediterranean grassland. *Community Ecology*, **9**: 97-106.

Aharoni, Y., A. Dolev, Z. Henkin, Y. Yehuda, A. Ezra, E.D. Ungar, A. Shabtay and A. Brosh. 2013. Foraging behavior of two cattle breeds, a whole-year study: I. Heat production, activity, and energy costs. *Journal of animal Science*, 91: 1381-1390.

Arzani, H., M. Zohdi, E. Fish, G.H. Zahedi Amiri, A.Nikkhah, and D. Wester, D. 2004. Phenological effects on forage quality of five grass species. *Journal of Range Management*, 57: 624-629.

Augustine, D.J. 2003. Spatial heterogeneity in herbaceous layer of semi-arid savanna ecosystem. *Plant Ecology*, 167: 319-332.

Bakker, C., J.M. Blair, and A.K. Knapp. 2003. Does resource availability, resource heterogeneity or species turnover mediate changes in plant species richness in grazed grasslands? *Oecologia*, 137, 385–391.

Baron, V.S., E. Mapfumo, A.C. Dick, M.A. Naeth, E. K. Okine, and D. S. Chanasyk. 2002. Grazing intensity impacts on pasture carbon and nitrogen flow. *Journal of Range Management*, 55: 535-541.

Briske, D.D., J.D. Derner, J.R. Brown, S.D. Fuhlendorf, W.R. Teague, K. M. Havstad. R. L. Gillen, A.J. Ash, and W.D. Willms. 2008. Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. *Rangeland Ecology and Management*, 61: 3-17.

Burke, I.C., W.K. Lauenroth, and W.J. Parton. 1997. Regional and temporal variation in net primary production and nitrogen mineralization in grassland. *Ecology*, 78: 1330-1340.

Carmona, C.P., F.M. Azcárate, F. de Bello, H.S. Ollero, J. Lepš, and B. Peco. 2012. Taxonomical and functional diversity turnover in Mediterranean grasslands: interactions between grazing, habitat type and rainfall. *Journal of Applied Ecology*, 49: 1084–1093.

De Santis, G., A. Iannucci, D. Dantone, and E. Chiaravalle. 2004. Changes during growth in the nutritive value of components of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) under different cutting treatments in a Mediterranean region. *Grass and Forage science*, 59: 378-388.

Dolev, A., Z. Henkin, A. Brosh, Y. Yehuda, E.D. Ungar, A. Shabtay, and. Y. Aharoni, 2014. Foraging behavior of two cattle breeds, a whole-year study: II. Spatial distribution by breed and season. *Journal of animal Science*, 92: 758-766.

Fynn, R.W.S., and T.G. O'Connor. 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.

Ganskopp, D.C. and D.W. Bohnert. 2009. Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures. *Applied Animal Behaviour Science*, 116: 110-119.

Gitay H., and I.R. Noble. 1997. What are functional types and how should we seek them? *Plant Functional Types: their relevance to ecosystem properties and global change* (eds Smith TM, Shugart HH, Woodward FI), pp. 3–19. Cambridge University Press, Cambridge.

Golodets, C., M. Sternberg, and J. Kigel. 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., M. Sternberg, J. Kigel, B. Boeken, Z. Henkin, N.G. Seligman, and E.D. Ungar. 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 N.G. Seligman. 1979. Grazing management of Mediterranean foothill range in the upper Jordan River Valley. *Journal of Range Management*, 32: 86-92.

Gutman, M., Z. Holzer, N.G. Seligman, and I. Noy-Meir. 1990a. Stocking density and production of a supplemented beef herd grazing yearlong on Mediterranean grassland. *Journal of Range Management*, 43: 535-599.

Gutman, M., N.G. Seligman and I. Noy-Meir. 1990b. Herbage production of Mediterranean grassland under yearlong and seasonal grazing systems. *Journal of Range Management*, 43:64-68.

Gutman, M., Z. Holzer, H. Baram, I. Noy-Meir, and N.G. Seligman. 1999. Heavy stocking and early-season deferment of grazing on Mediterranean-type grassland. *Journal of Range Management*, 52: 590-539.

Hartnett, D.C., K.R. Hickman, and W.L.E Fischer. 1996. Effects of bison grazing, fire, and topography on floristic diversity in tallgrass prairie. *Journal of Range Management*, 49: 413–420.

Heitschmidt, R.K., S.L. Dowhower, and J.W. Walker. 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: 318-321.

Hirata, M., A. Sakou, Y. Terayama, M. Furuya, and T. Nanba. 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., E.D. Ungar, L. Dvash, A. Perevolotsky, Y. Yehuda, M. Sternberg, H. Voet, and S. Y. Landau. 2011. Effects of cattle grazing on herbage quality in an herbaceous Mediterranean rangeland. *Grass and Forage Science*, 66: 516-525.

Henkin, Z., Ungar, E.D., Perevolotsky, A., Gutman, M., Yehuda, Y., Dolev, A., Landau, S.Y., Sternberg, M. and Seligman, N.G. 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, J.L., R.D. Pieper, and R.D. Herbel. 1998. Range management: principles and practices. 5th ed. Englewood, NJ, USA: Prentice-Hall. 606 p.

Hooper, J.F., and H.F. Heady. 1970. An economic analysis of optimum rates of grazing in the California annual-type grassland. *Journal of Range Management*, 23: 307–311.

Ives, A.R., and S.R. Carpenter. 2007. Stability and diversity of ecosystems. *Science*, 317: 58–62.

Landau, S., Dvash, L., Decandia, M., Cabiddu, A., Shapiro, F., Molle, G. and Silanikove N. 2004. Determination of Poly(ethylene glycol)-binding to browse foliage, as an assay of tannin, by near-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 638-642.

Landau, S., Glasser, T. and Dvash, L. 2006. Monitoring nutrition in small ruminants with the aid of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) technology: A review. *Small Ruminant Research*, 61: 1-11.

Landau, S.Y., Muklada, H., Dvash, L., Barkai, D., Yehuda, Y. 2011. Evaluation of faecal near-infrared spectrometry as tool for pasture and beef cattle management in herbaceous Mid-Eastern highlands. Proc. 16th Meeting of the FAO/CIHEAM Mountain Pastures Network, 25-27 May 2011, Krakow (Poland).

Leriche, H., X. LeRoux, J. Gignoux, A. Tuzet, H. Fritz, L. Abbadie, and M. Loreau. 2001. Which functional processes control the short-term effect of grazing on net primary production in grasslands? *Oecologia*, 129: 114-124.

Lodge, G.M., and I.R. Johnson. 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, NSW. In*: Boschma SP, Serafin LM, Ayres JF (Eds.)* Proceedings of the 23rd Annual Conference of the Grassland Society of New South Wales; 21–23 July 2008, Tamworth NSW. p. 141-143.

Macleod, N.D., and S. Mcintyre. (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 H. Ellenberg. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley, New York, NY.

Nelson, M.L., J.W. Finley, D.L. Scarnecchia, and S.M. Parish. 1989. Diet and forage quality of intermediate wheatgrass managed under continuous and short-duration grazing. *Journal of Range Management*, 42: 474-479.

Noy-Meir, I. 1975. Stability of grazing systems: an application of predator-prey graphs. *Journal of Ecology*, 63: 459-481.

Olff, H., and M.E. Ritchie. 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology and Evolution*, 13:261-265.

Perevolotsky A, and N.G. Seligman. 1998. Role of grazing in Mediterranean rangeland ecosystems. *BioScience*, 48: 1007–1017.

Rosiere, R.E. 1987. An evaluation of grazing intensity influences on California annual range. *Journal of Range Management*, 40: 160-165.

Schultz, N.L., J.W. Morgan, and I.D. Lunt. 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.

Segre, H., R. Ron, N. De-Malach, Z. Henkin, M. Mandel, and R. Kadmon. 2014. Competitive Exclusion, Beta Diversity, and Deterministic vs. Stochastic Drivers of Community Assembly. *Ecology Letters*, 17:1400-1408.

Seligman, N.G. 1996. Management of Mediterranean grasslands. *In*: J. Hodgson., and A. W. Illius (EDS.). The ecology and management of grazing systems. Wallingford, Oxon., UK: CAB International. p. 359-391.

Seligman, N.G., M. Gutman, Z. Holzer, I. Noy-Meir, and H. Baram. 1989. Stocking density of cattle and herbage production on Mediterranean grassland**.** *Journal of Agricultural Science*, 113: 51-58.

Seligman, N.G., and H. van Keulen. 1989. Herbage production of a Mediterranean grassland in relation to soil depth, rainfall and nitrogen nutrition: a simulation study. *Ecological Modelling*, 47: 303-311.

Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.

Sternberg, M., M. Gutman, A. Perevolotsky, E.D. Ungar, and J. Kigel. 2000. Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology*, 37: 1-15.

Sternberg, M., M. Gutman, A. Perevolotsky, and J. Kigel. 2003. Effects of grazing on soil seed bank dynamics: An approach with functional groups. *Journal of Vegetation Science*, 14: 375-386.

Sternberg, M., C. Golodets, M. Gutman, A. Perevolotsky, D.E. Ungar, J. Kigel, and Z. Henkin. 2015. Testing the limits of resistance: a 19-yr study of Mediterranean grassland response to grazing regimes. *Global Change Biology*, 21: 1939-1950.

Svoray, T., R. Shafran-Nathan, Z. Henkin, and A. Perevolotsky. 2008. Spatially and temporally explicit modeling of conditions for primary production of annuals in dry environments. *Ecological Modelling*, 218: 339-353.

Zohary, M. 1973. Geobotanical foundations of the Middle East. Stuttgart, Germany: Gustav Fischer Verlag; and Amsterdam, the Netherlands: Swets & Zeitlinger. 739 p.