

מאיה זהבי

המחלקה לגאוגרפיה ופיתוח סביבתי,
אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

יוג'ין דוד אונגר

המחלקה לגידולי שדה ומשאבי טבע,
המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר
החקלאי – מרכז וולקני

טל סבוראי

המחלקה לגאוגרפיה ופיתוח סביבתי,
אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

זהבי מ, דוד י וסבוראי ט. 2012.
אחידות השימוש במרחב על-ידי
עדרי צאן בחוות בודדים. *אקולוגיה
וסביבה* 3(1): 78–83.



יום מרעה שגרתי בשטח חוות הבודדים, צפון הנגב, יולי 2009 | צילום: מאיה זהבי

אחידות השימוש במרחב על-ידי עדרי צאן בחוות בודדים

5 בפברואר, 2012

גיליון אביב 2012 / כרך 3(1) / הנגב

[חזית המחקר](#)

תקציר

לחצי הרעייה באזור הנגב הצפוני גדלים, אך עדיין חסר בסיס מדעי מפותח לקביעת מדיניות רעייה בת-קיימא באזורים צחיחים למחצה. זוהי בעיה מרכזית, שכן רעייה וחלוקה לא אחידה של לחץ רעייה במרחב, הם מהגורמים העיקריים למדבור באזורים צחיחים. במחקר זה בדקנו מהי אחידות השימוש במרחב על-ידי עדרי צאן, ומה הם הגורמים האביוטיים המשפיעים על הימצאות העדר במרחב. המחקר בוצע בחוות אלה, חוות בודדים הנמצאות בצפון הנגב. תנועת שני עדרי הצאן של החווה, שיוצאים בליווי רועים, נוטרה במהלך השנים 2009 ו-2010 באמצעות רתמות GPS ייחודיות. הנתונים נותחו באמצעות מודלים מרחביים תוך שימוש במערכות מידע גאוגרפיות (GIS). נמצא שפיזור קריאות ה-GPS במרחב היה לא אחיד: נמצאו אזורים ללא נוכחות העדר, ואזורים אחרים שצברו הרבה יותר קריאות משהיה ניתן לצפות אילו הייתה ההתפלגות אקראית או אחידה. בניגוד למה שציפינו, שיעור הביקורים במפנים הצפוניים היה נמוך בהרבה משיעור הכיסוי של מפנים אלה בשטח. העדרים ביקרו פחות מהצפוי באזורים בעלי שיפוע תלול (מעל 12°) ויותר מהצפוי באזורים בעלי שיפוע בינוני (בין 5° ל-10°). ביחס לצפוי על סמך הכיסוי היחסי של שטחים במרחקים שונים מהמכלאה, הגדילו העדרים את נוכחותם בקרבת המכלאה (עד כ-1 ק"מ), והקטינו את נוכחותם באזורים מרוחקים (מעל 1.4 ק"מ). על סמך ממצאים אלה, נראה שיש מקום לשיפור ניכר בממשק הרעייה מבחינה מרחבית, וכי יש צורך לפתח יכולות ניהול לפיזור הרעייה במרחב וליצור מדיניות שימושי קרקע שתסייע

מבוא

עיייה היא אחד הגורמים העיקריים למדבור באזורים צחיחים [3, 4, 10]. במקרים רבים, מדבור נובע מחוסר אחידות השימוש במרחב, ולא דווקא מצפיפות גדולה מדי של בעלי חיים בשטח נתון. דגמי הפיזור המרחביים של בעלי חיים רועים מושפעים מגורמים ביוטיים, כמו זמינות מקורות המזון ואיכותו, ומגורמים אביוטיים, כמו המרחק ממקור מים, נגישות למרעה וטופוגרפיה [1, 16, 17]. ההטרוניות המרחבית של דגמי הרעיה משתנה במהלך השנה בהתאם לעונות, וגדלה במהלך העונה הלחה כתלות במפנה המדרון ובמיקרו-טופוגרפיה [6, 8, 14, 15]. התנאים הללו גורמים במקרים רבים לפיזור מרחבי לא אחיד של העדר על פני השטח [9, 18]. חוסר אחידות יכול להוביל להשפעות שליליות כגון אבדן מיני צומח, החלפת מינים רצויים (אכילים) בלא רצויים, סחיפת קרקעות וניצול לא יעיל של מקורות המרעה. רוב פעילויות הניהול של רעיית בעלי חיים מבויתים מקדמות פיזור אחיד של הרעיה בשטחים [11]. הדבר נעשה על-ידי השפעה על גודל העדר, קיבוץ העדר (herding) ומיקום מקורות מים.

עד לא מזמן, כימות וניתוח היבטים מרחביים של ניצול שטחי מרעה היו נדירים עקב קשיים מתודולוגיים. שימוש במכשירי GPS - Global Positioning System - בשילוב עם מערכת מידע גאוגרפית (מ"ג, GIS) הוא התקדמות טכנולוגית משמעותית, ומאפשר קבלת מידע על מיקום מדויק של בעלי חיים לאורך זמן ולניטור ללא הפרעות לבעלי חיים הרועים, וזאת בעלות תפועל נמוכה יחסית. נתוני ה-GPS יכולים להיות משויכים בקלות יחסית למספר רב של נתונים מרחביים שנאגרים במ"ג. יכולת זו מאפשרת קישור וניתוח של יחסים מורכבים בין פיזור, התנהגות ותנועה לבין תכונות פני השטח. מערכת משולבת כזו היא מתחכמת ויעילה יותר במונחי זמן ועלות בהשוואה לשיטות איסוף נתוני שדה מסורתיות [2, 13].

מטרת המחקר היא לשפר את הבנתנו בנוגע להשפעת גורמי הסביבה על אחידות השימוש בשטח החווה, על הדינמיקה של תנועת העדר ועל פיזורו במרחב ובזמן, וזאת כדי לנהל את הרעיה במרחב בצורה המיטבית, תוך פגיעה מזערית בשטח המרעה.

שיטות וחומרים

המחקר התבצע בחוות אלה, חוות בודדים אורגנית לגידול צאן, הממוקמת צפונית לשומריה בנגב הצפוני (נ"צ: 31°26'33"N; 34°53'50"E). החווה משתרעת על כ-8,400 דונם. הטופוגרפיה האופיינית היא גבעית, והגובה הממוצע הוא 430 מטר מעל פני הים. האקלים צחיח למחצה, ומאופיין בכמות משקעים שנתית ממוצעת של 304 מ"מ. הטמפרטורה היומית הממוצעת והטמפרטורה המרבית הממוצעת בחורף הן 11 ו-17 מעלות, בהתאמה. בקיץ, הטמפרטורה היומית הממוצעת והטמפרטורה המרבית הממוצעת הן 25 ו-32 מעלות, בהתאמה (השירות המטאורולוגי הישראלי). בחווה שני עדרים המונים יחד כ-800 ראש, עדר חולבות ועדר שאינו נחלב, והם מעורבים ומורכבים מן העדרים למרעה מלווים בשני רועים, וחוזרים למכלאה בתום מספר שעות רעייה. העדר שאינו נחלב מבלה שעות רבות יותר במרעה, מאחר שהוא ניזון מהצומח העשבוני ומן הצומח המעוצה הטבעיים, בעוד שהעדר שנחלב ניזון ממרעה ומתוספות מזון שמוגשות בזמן החליבה.

שיטות המחקר כוללות שילוב נתוני חישה מרחוק, מ"ג, ומעקב אחרי תנועת העדרים באמצעות GPS. השתמשנו ב-DEM - Digital Elevation Model - ברזולוציה אופקית של 25x25 מטר, שיוצר במכון הגיאולוגי של ישראל [7], לחישוב מפנה המדרון ושיפועו (במעלות). כמו כן יוצרו השכבות הבאות: מרחק מהמכלאה; חלוקת שטח החווה לריבועים (Fishnet); פוליגון תיחום שטחי המרעה. בשלב זה, המחקר אינו לוקח בחשבון משתנים סביבתיים נוספים כגון ביומסה עשבונית ומעוצה וכיסוי סלעי.

תנועת עדרי הצאן נוטרה באמצעות רתמות מיוחדות מתוצרת חברת טרילוג'קל, שכוללות מכשיר GPS וכרטיס תקשורת שמשדר את נתוני המיקום בזמן אמת לשרת מרכזי. הדגימה נערכה אחת לדקה. לפני היציאה למרעה נקשרו רתמות ה-GPS לבעלי חיים שונים בשני העדרים. העדרים יוצאים למסלולי רעייה של כ-4 שעות בעונה הירוקה ושל עד 8 שעות בעונה היבשה. ניטור עדר הצאן שלא נחלב הוגבל לשעות הבוקר בלבד בשל סיבות טכניות. קריאות מיקום במכלאה הראשית הוצאו מהניתוחים. במהלך העונות השונות של השנים 2009 ו-2010, נאגרו 105 ו-278 מסלולי רעייה, בהתאמה. מספר קריאות ה-GPS שנכנסו לניתוח הוא כ-60,000.

באמצעות תכנת ArcInfo 9.3 (ESRI, Redlands, CA) שולבו נתוני ה-GPS עם שכבות המידע הסביבתי על-ידי חיבור מרחבי לכל שנה, בכל תא ברשת (grid). זאת במטרה לבחון את השפעת תנאי הסביבה על מהירות תנועת העדר בזמן ובמרחב.

באמצעות תכנת JMP 7 (SAS Institute Inc., Cary, NC) בוצע ניתוח סטטיסטי. נעשה ניתוח שונות של מהירות תנועת העדרים (משתנה תלוי) כפונקציה של המשתנים הבלתי תלויים: מרחק מהמכלאה (משתנה רציף), שיפוע (משתנה רציף) ומפנה (4 קטגוריות), וכן נבחנו האינטראקציות ביניהם. ההשוואה בין המצוי (observed) ובין הצפוי (expected) של מספר קריאות ה-

GPS בתאי הרשת נעשתה באמצעות מבחן Kolmogorov-Smirnov לגבי שיפוע ומרחק מהמכלאה, ובאמצעות מבחן כי בריבוע לגבי מפנה. בדיקה של פיזור אקראי על פני כל תאי הרשת נעשתה באמצעות מבחן של התפלגות-פואסון (Poisson distribution).



עז ועליה יחידת GPS. מכשירים מסוג זה שימשו את החוקרים למעקב אחר תנועת העדרים | צילום: מאיה זהבי

תוצאות

העדר נע בכל יום רעייה בשטח החווה בסביבה הטרוגנית. ניתוח מסלולי תנועת העדרים השונים בשנים 2009–2010 מראה כי ישנה שונות בשימוש במרחב בין העדרים ובין השנים. ממוצעי אורך מסלול הרעייה בשנת 2009 בעדר שנחלב ובעדר שלא נחלב היו 6.5 ו-6.2 ק"מ בהתאמה, ו-5.6 ו-5.1 ק"מ בהתאמה בשנת 2010. ממוצע מהירות תנועת העדרים בשנות המחקר הוא 0.46 מטר לשנייה (1.7 ק"מ לשעה). ממוצע משך יום רעייה בשנת 2009 עמד על כ-5 שעות ובשנת 2010 על 4.5 שעות, וממוצע המרחק המרבי מהמכלאה היה 1,725 מטר.

מהירות משתנה של תנועת העדרים עשויה להצביע על תגובת העדר למשתנים הסביבתיים במרחב. בניתוח שונות של מהירות העדר, שכלל נתונים משתי השנים, הגורמים "מרחק מהמכלאה" ו"מפנה המדרון" היו מובהקים מאוד ($P < 0.0001$), וכך גם האינטראקציה בין המרחק מהמכלאה ומפנה המדרון. השיפוע היה מובהק ($P < 0.0017$), וכן האינטראקציה בין הגורמים מרחק מהמכלאה והשיפוע ($P < 0.0017$).

נראה כי מהירות תנועת העדרים ביחס למרחק מהמכלאה גבוהה ביציאה בבוקר לשטחי המרעה (0.525 מטר לשנייה), והולכת וקטנה ככל שמתרחקים מהמכלאה, עד למרחק של כ-1,200 מטר, שם המהירות דומה למהירות הממוצעת של כ-0.45 מטר לשנייה. ייתכן שההתנהגות זו נובעת בבוקר מרעב ומאחר יותר מצמא של העדרים או מדחיפות של עדר החולבות לחזור למכלאה כדי להיניק את הצאצאים.

העדר הגיב לשיפוע המדרון ולמרחק מהמכלאה בשינוי מהירות התנועה. נראה כי בסמיכות למכלאה במרחק של עד 800 מטר, ככל שהשיפוע גדל, מהירות התנועה עלתה. במרחקים הגדולים (בסביבות 2,000 מטר), ככל שהשיפוע גדל, מהירות תנועת העדר קטנה.

השפעת המפנה הראתה כי במפנים המזרחי והדרומי, כאשר העדר מתרחק מהמכלאה הוא מאט, ובמפנים הצפוני והמערבי

נשמרה המהירות הממוצעת ללא הבדל משמעותי. לזוויות השיפוע ולמפנה המדרון תיתכן השפעה על מהירות תנועת העדר בשני אופנים:

- בעלי חיים יעדיפו לנוע בניצב לשיפוע המדרון כדי לחסוך בהוצאת אנרגיה [5];
- במפנים השונים ישנם הבדלים בביומסה ובהרכב המינים: המפנים הדרומיים מקבלים יותר קרינה ממפנים אחרים, ובשל כך כתמי הצומח העשבוניים בהם יצרניים פחות [12].

איור 1 מראה את מספר הביקורים המצטבר של העדרים בכל תא בשטח המחקר, על סמך מעקב במשך שנתיים. ניתן לראות באיור שההטרונגיות של השימוש במרחב היא גבוהה מאוד. בבחינת התפלגות-פואסון של הנתונים נראה כי העדר נע בשטח החווה בצורה לא אקראית: ישנו אחוז גבוה של תאים שבהם העדר לא ביקר כלל או ביקר רק מספר מועט מאוד של פעמים, ולעומת זאת יש תאים אחרים שמספר הביקורים בהם היה גבוה בהרבה מהצפוי (**איור 2א** ו-**ב**). סביר להניח שהגורמים האביוטיים שנותחו כאן תרמו לתוצאה זו. בניגוד למה שציפינו, נוכחות צאן במפנה הצפוני הייתה נמוכה בצורה משמעותית מהצפוי לאור הכיסוי היחסי של המפנה בשטח החווה (**איור 2ג**), תוצאה הדורשת מחקר נוסף. במפנים המערבי והמזרחי נמצאה נוכחות גדולה מהמצופה במידה מסוימת, ובמפנה הדרומי הייתה נוכחות העדרים גדולה ביחס לצפוי, ובשנת 2010 יותר מאשר בקודמתה.

איור 1 מספר ביקורים מצטבר של העדרים בחאי שטח החווה, כפי שנקבע ממעקב אחר שני עדרי צאן במהלך השנים 2009–2010 באמצעות GPS



איור 1

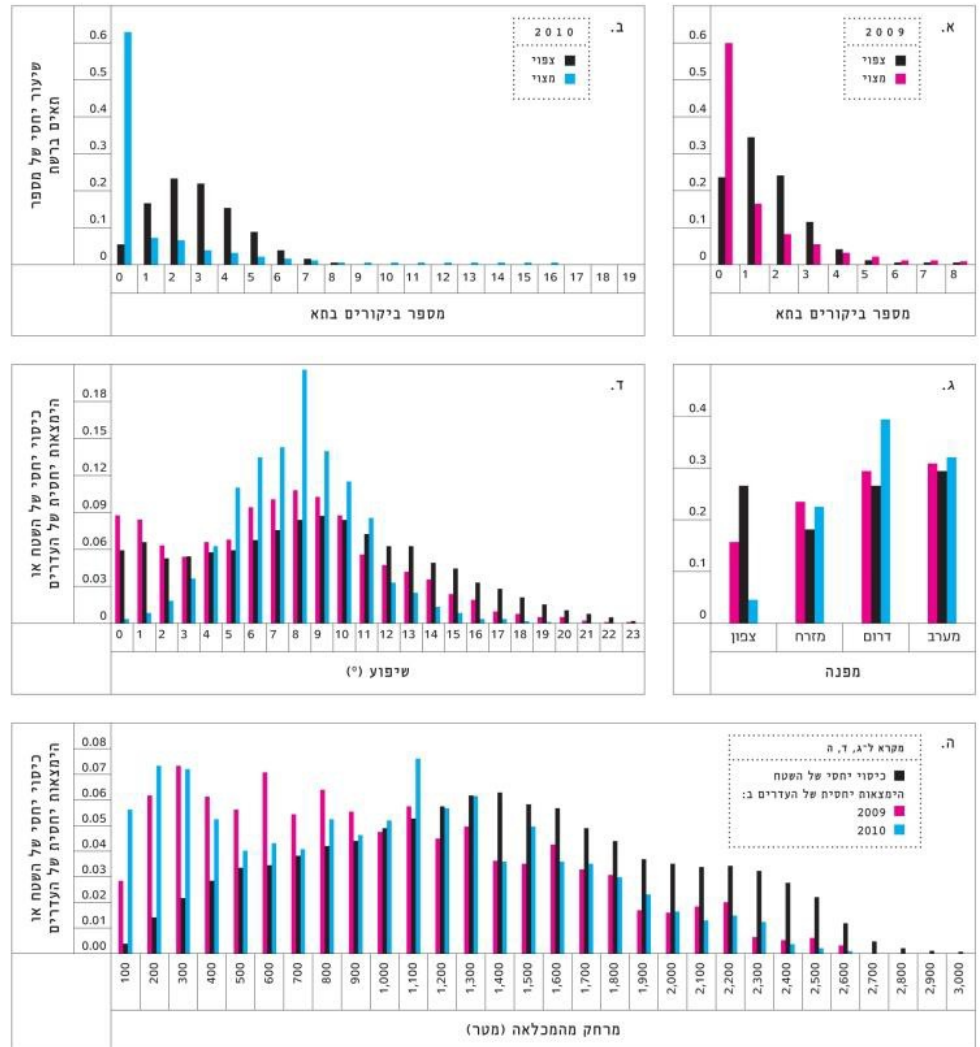
מספר ביקורים מצטבר של העדרים בתאי שטח החווה, כפי שנקבע ממעקב אחר שני עדרי צאן במהלך השנים 2009–2010 באמצעות GPS

ז. בחינת זווית השיפוע, הייתה סטייה מובהקת בין ההתפלגות הנצפית לבין ההתפלגות הצפויה (**איור 2ד**). בשנת 2009 נכח העדר במידה רבה בשיפועים מתונים עד 10%, ואילו ב-2010 ביקר העדר יותר מהצפוי בשיפועים בינוניים שבין 11–5%. בשתי השנים ביקרו העדרים בשיפועים התלולים בשיעור נמוך מזה שהם תופסים בשטח.

מבחינת מרחק מן המכלאה, בשתי השנים מצאנו העדפה של רעייה באזורים הקרובים למכלאה והימנעות משטחי מרעה רחוקים (**איור 2ה**). נצפתה נוכחות גבוהה של העדר ביחס לצפוי בשתי השנים עד מרחק של 1,200 מטר.

איור 2. השוואה בין נוכחות העדרים הצפויה לזו הנצפית בשטח החווה

א2 ו-2ב: הצפוי הוא הפיזור האקראי בין תאי הרשת המחלקים את שטח החווה (התפלגות פואסון, שצורתה תלויה בגודל המדגם). ההתפלגויות נחתכו בנוכחות נצפית מצטברת של 97%. א2: הצפוי הוא בהתאם לכיסוי היחסי של מפנה התאים ברשת. 2ב: הצפוי הוא בהתאם לכיסוי היחסי של שיפוע התאים ברשת. ערכים מעל שיפוע של 23° זניחים וריאנטים מופיעים. 2ה: הצפוי הוא בהתאם למרחק של תאי הרשת מהמכלאה.



איור 2

השוואה בין נוכחות העדרים הצפויה לזו הנצפית בשטח החווה

א2 ו-2ב: הצפוי הוא הפיזור האקראי בין תאי הרשת המחלקים את שטח החווה (התפלגות פואסון, שצורתה תלויה בגודל המדגם). ההתפלגויות נחתכו בנוכחות נצפית מצטברת של 97%. א2: הצפוי הוא בהתאם לכיסוי היחסי של מפנה התאים ברשת. 2ב: הצפוי הוא בהתאם לכיסוי היחסי של שיפוע התאים ברשת. ערכים מעל שיפוע של 23° זניחים וריאנטים מופיעים. 2ה: הצפוי הוא בהתאם למרחק של תאי הרשת מהמכלאה.

מסקנות

שילוב טכנולוגיות של GPS ומ"ג אפשר תיאור מדויק בזמן ובמרחב וכן הבנה של דגמים ודפוסי פיזור של העדרים בחוות בודדים באזור צחיח למחצה. שיטות אלו אפשרו לנו לייחס דפוסי מרעה לתנאים סביבתיים כמו שיפוע המדרון, מפנה והמרחק מן המכלאה. מהניתוחים נראה כי העדרים הגיבו לתנאי הסביבה בשינוי מהירות תנועתם. מפות מיקום העדר מספקות מידע חיוני וכמותי הנחוץ בתהליכי קבלת החלטות לתכנון ממשק רעייה ולניצול יעיל של שטח החווה. ניתן לראות שהרעייה בשטח החווה אינה אחידה וכי ישנה הטרוגניות רבה בשימוש במרחב: בעוד אזורים מסוימים נמצאים תחת משטר ביקורים רב ביותר,

באחרים המספר נמוך מאוד, אם בכלל קיים.

תודות

אנחנו מודים למשפחת צדק מחוות אלה על שיתוף הפעולה, על העזרה הרבה שקיבלנו מהם, ועל שהכניסו אותנו לחווה ושיתפו אותנו בידע הרב שלהם, ולמוחמד הרועה שסייע רבות בעבודת השטח.

מקורות

1. Bailey DW, Gross JE, Laca EA, Rittenhouse LR, Coughenour MB, Swift DM, and Sims PL. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* **49**: 386-400.
2. Barbari M, Conti L, Koostra BK, Masi G, Sorbetti Guerri F, and Worlman SR. 2006. The use of global positioning and geographical information systems in the management of extensive cattle grazing. *Biosystems Engineering* **95**: 271-280.
3. Wu B and Ci JL. 2002. Landscape change and desertification development in the Mu Us Sandland, Northern China. *Journal of Arid Environments* **50**: 429-444.
4. Dorrough J, Moll J, and Crosthweite J. 2007. Can intensification of temperate Australian livestock production systems save land for native biodiversity? *Agriculture, Ecosystems and Environment* **121**: 222-232.
5. Ganskopp D, Cruz R, and Johnson DE. 2000. Least effort pathways?: A GIS analysis of livestock trails in rugged terrain. *Applied Animal Behavior Science* **68**: 179-190.
6. Gómez-Plaza A, Alvarez-Rogel J, Albaladejo J, and Castillo VM. 2000. Spatial patterns and temporal stability of soil moisture across a range of scales in a semi-arid environment. *Hydrological Processes* **14**: 1264-1477.
7. Hall JK and Cleave RL. 1988. The DTM project. *Geological Survey of Israel* **6**: 1-7.
8. James SE, Pärtel M, Wilson SD, and Peltzer DA. 2003. Temporal heterogeneity of soil moisture in grassland and forest. *Journal of Ecology* **91**: 234-239.
9. Kennedy M and Gray RD. 1997. Habitat choice, habitat matching and effect of travel distance. *Behaviour* **134**: 905-920.
10. Louhaichi M, Salkini KA, and Petersen LS. 2009. Effect of small ruminant grazing on the plant community characteristics of semiarid Mediterranean ecosystems. *International Journal of Agriculture and Biology* **11**: 681-689.
11. Noy-Meir I. 1998. Effects of grazing on Mediterranean grasslands: The community level. In: Papanastasis VP and Peter D (Eds). Ecological basis of livestock grazing in Mediterranean ecosystems. Proceedings of the international Workshop; 1997 Oct 23-25; Thessaloniki, Greece. Luxembourg: Official Publications of the European communities.

- Osem Y, Perevolotsky A, and Kigel J. 2004. Site productivity and plant size explain the response of annual species to grazing exclusion in a Mediterranean semi-arid rangeland. *Journal of Ecology* **92**: 297-309. .12
- Pundt H and Brinkkötter-Runde K. 2005. Visualization of spatial data for field based GIS. *Computers and Geosciences* **26**: 51-56. .13
- Putfarken D, Dengler J, Lehmann S, and Härdtle W. 2008. Site use of grazing cattle and sheep in large-scale pasture landscape: A GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behavior Science* **111**: 54-67. .14
- Schlecht E, Hiernaux P, Kadaouré I, Hülsebusch C, and Mahler F. 2006. A spatio-temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behaviour of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **113**: 226-242. .15
- Scoons I. 1995. Exploiting heterogeneity: Habitat use by cattle in Dryland Zimbabwe. *Journal of Arid Environments* **39**: 221-237. .16
- Senft RL, Coughenour MB, Bailey DW, Rittenhouse LR, Sala OE, and Swift DM. 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *Bioscience* **37**: 789-799. .17
- Turner MG. 1989. Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics* **20**: 171-197. .18