

עלות אנרגטית של פעילות הרעייה: השוואה בין שני גזעי פרות

יואב אהרוני¹, זלמן הנקין², אבירם עזרא¹, עמית דולב³, אריאל שבתאי¹, אלה אורלוב¹, יהודה יהודה³, יוגין אונגר⁴ ואריה ברוש¹

¹היחידה לבקר לבשר נווה יער, מנהל המחקר החקלאי

²היחידה לבקר לבשר נווה יער, המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי

³מו"פ צפון, מיג"ל, קרית שמונה

⁴המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן

תקציר

התנהגות הרעייה, צריכת המזון והעלות האנרגטית של פעילות הרעייה הושוו בין פרות מגזע בשר כבד (מכלוא של ביפמסטר X סימפורד) לפרות קטנות מגזע בלאדי. בשתי חלקות בחוות כרי דשא רעו במערב פרות משני הגזעים. במשך שלוש עונות רעייה בשנת 2006: אביב, ראשית הקיץ וסוף הקיץ נמדדו התנהגות הרעייה (שעות רעייה ומנוחה ומרחקי הליכה), הוצאות האנרגיה הכלליות ואלה המיוחסות לפעילות הרעייה ב-15 פרות מהגזע הכבד וב-13 פרות בלאדי. באביב ובראשית הקיץ, אך לא בסופו, נאמדה גם צריכת המזון של פרות אלה. נמצא כי צריכת המזון לפרה היתה גבוהה יותר בפרות הגדולות בהשוואה לקטנות, אך הצריכה לק"ג משקל מטבולי היתה גבוהה יותר לפרות הקטנות בשתי העונות שבהן נמדדה הצריכה ($P < 0.001$). פרות הבלאדי רעו יותר שעות והלכו מרחקים גדולים יותר בכל שלוש העונות, אך העלות האנרגטית הספציפית (עלות לכל יחידת מרחק אופקית או אנכית) הייתה נמוכה יותר בפרות הקטנות בהשוואה לפרות מגזע הבשר הכבד.

מבוא:

במחקרים שאמדו בעבר את העלות האנרגטית של פעילות הרעייה נעשה אומדן זה בדרך עקיפה: העלות האנרגטית של הליכה במישור או בשיפוע נמדדה על הליכון בתנאי מעבדה והעלות האנרגטית של הפעילות במרעה חושבה על-פי העלות הספציפית שנמדדה במעבדה, כשהיא מוכפלת במרחקי ההליכה שנמדדו או נאמדו במרעה. במחקרים שונים בפרות ובצאן נאמדה עלות זו בין תוספת זניחה לבין תוספת של עד 50% לצורכי הקיום, בהשוואה לבהמות הניזונות על מזון מוגש. במחקרים שלנו בשנים האחרונות פיתחנו יכולות לאמוד הוצאה אנרגטית כללית, ולייחס חלק ממנה לפעילות הבהמה במרעה וזאת באמצעות שימוש במכשירי GPS לרישום מיקום הפרות בשטח. בעזרת מכשירי רישום פעילות, המונים את מספר הצעדים, ניתן לאפיין את סוג הפעילות (רביצה, עמידה, הליכה ורעייה), וכן רשמי קצב לב שמהם ניתן לחשב את ההוצאה האנרגטית בתנאי שדה. כל אלה, ביחד עם האפשרות לאמוד את צריכת המזון באמצעות שימוש בסמנים בלתי נעכלים נתנו בידינו כלי לאמוד את מאזן האנרגיה השלם בתנאי שדה אמיתיים.

מטרות המחקר:

- 1) לאמוד את צריכת המזון והאנרגיה מצד אחד וההוצאה האנרגטית הכללית וזו הכרוכה בפעילות הרעייה מצד שני, בתנאי שדה אמיתיים בעונות שונות ואיכות משתנה של מרעית.
- 2) להשוות מדדים אלה בין פרות מגזע כבד לבין פרות קטנות מגזע בלאדי, המותאם לתנאים הקשים של המרעה בארץ.

חומרים ושיטות:

שטח המרעה ועונות הרעייה

למחקר הוקצו שתי חלקות סמוכות בחוות כרי דשא. שתי חלקות אלו בהם התקיימו שני לחצי רעיה שונים (9 ו-18 דונם לפרה), מאופיינות בשטח גבעי של סלעי בזלת וכיסוי סלע משתנה עם אדמה בזלתית רדודה ביניהם. המרווח האנכי בין החלק הגבוה לנמוך בשטח הוא כ-80 מטר. המדידות בוצעו ב-3 עונות: אביב (אפריל), ראשית הקיץ (יוני) וסוף קיץ (ספטמבר). בכל עונת מדידה נאספו בשטח דוגמאות מרעית לקביעת עומד היבול (טבלה 1), הרכבו הכימי ונעכלותו (טבלה 2).

טבלה 1: עומד היבול בשתי חלקות הניסוי בכרי דשא בשלוש עונות המדידה (הערכים בק"ג חומר יבש לדונם).

מובהקות ¹		סטיית תקן			סוף קיץ	תחילת קיץ	אביב	לחץ רעיה נמוך
לחץ אינט.	עונה	אינט.	לחץ	עונה				
לי"מ	לי"מ	***	394	228	279	116	168	280
						102	128	291

*** $P < 0.001$; לי"מ לא מובהק

טבלה 2: הרכב כימי ונעכלות המרעית בשלוש עונות הרעייה (מאוחד לשתי החלקות).

מובהקות ¹	סטיית				המרכיב (%)
	תקן	סוף קיץ	תחילת קיץ	אביב	
***	1.22	83.6	88.4	37.4	חומר יבש במרעית
ל"מ	0.78	13.5	12.8	12.0	אפר
***	0.18	3.9	3.7	6.5	חלבון כללי
***	1.01	65.0	67.2	57.7	NDF
***	0.75	44.7	45.6	36.2	ADF
***	1.23	50.7	52.5	58.2	נעכלות חומר יבש
**	1.63	50.8	51.0	56.9	נעכלות חומר אורגני

¹ *** $P < 0.001$; ** $P < 0.01$; ל"מ לא מובהק

בעלי חיים

מחצית הפרות שהוקצו לכל חלקה היו מכלוא ביפמסטרXסימפורד (581 ± 76 ק"ג) ומחציתן מגזע בלאדי (268 ± 60 ק"ג). לחלקה 1 הוקצו הפרות בלחץ רעייה גבוה (9 דונם לפרה) ולחלקה 2 – בלחץ רעייה מקובל (18 דונם לפרה). הפרות הוכנסו לחלקות בסוף ינואר. בסוף יוני, לאחר עונת המדידה השנייה, הוסף לפרות בשתי החלקות זבל עופות לצריכה חופשית. באמצע יולי הוצאו הפרות מהחלקות לחלקה אחרת כדי להותיר מספיק מרעית בחלקות לקראת עונת המדידה השלישית והן הוחזרו לחלקות המקוריות בסוף אוגוסט, שבועיים לפני תחילת המדידות של סוף הקיץ. כיוון שלא נמצאו הבדלים משמעותיים בין שתי החלקות בעומד היבול או באיכותו באף אחת מעונות המדידה – אוחדו הנתונים של הפרות בשתי החלקות והשפעת לחץ הרעייה על מדדים אלה לא נאמדה. במדידות סוף הקיץ לא נאמדה צריכת מזון כיוון שתוספת זבל העופות לחלקות שיבשה את האפשרות לאמוד את צריכת המרעית, שלא הייתה מזון בלעדי.

מדידות בפרות

1. צריכת מזון: בראשית המדידה הוחדר לכרסה של כל פרה דרך הוושט בולוס שהכיל כמות ידועה של סמן חלקיקים (כרום מורדנט) וסמן מומסים (קובלט EDTA) בלתי נעכלים. במשך השבוע שלאחר ההחדרה נאספו דוגמאות צואה מהרקטום ונקבעו בהם ריכוזי הכרום והקובלט. מהעקומות של ריכוזים אלה עם הזמן חושבו תפוקת הצואה היומית וכן משך השהות הממוצע של חלקיקים ושל מומסים במערכת העיכול. צריכת המזון וצריכת האנרגיה נאמדו על-פי תפוקת הצואה והרכבו ונעכלותו של המזון שנאסף בחלקות בכל עונת מדידה.
2. הוצאה אנרגטית: לכל פרה הוצמד רשם קצב לב למשך 3-4 ימים בכל עונת מדידה, וקצב הלב שלה נרשם אחת לדקה. מייד בתום המדידה הזאת נמדדה צריכת החמצן של כל פרה, כשהיא עומדת בטפס הבקר, למשך כ-10 דקות, במקביל לרישום קצב הלב שלה, שנרשם בתדירות גבוהה של אחת ל-5 שניות. לכל פרה חושבה צריכת החמצן לכל פעימת

לב (פעימת חמצן) ונתון זה שימש לחישוב צריכת החמצן והוצאת האנרגיה שלה במשך תקופת המדידה הארוכה.

3. פעילות ומרחקי הליכה: במקביל להצמדת רשם קצב הלב הוצמדו לכל פרה שני מכשירים נוספים – מכשיר GPS שהיה תלוי על צווארה ורשם את מיקומה בחלקה אחת ל-5 דקות, ומודד פעילות שהוצמד לרגלה ורשם את סוג הפעילות (רביצה, עמידה, הליכה) ואת מספר הצעדים שעשתה בכל יחידת זמן (במכשיר נרשמו מדדים אלה אחת לדקה, ומהם חושבו הנתונים לכל יחידת זמן של 5 דקות).

חישובים

ההוצאה האנרגטית הכרוכה בפעילות, חולצה מתוך ההוצאה האנרגטית הכללית לפי מודלים של גרסיה רבת משתנים. מודלים אלו לקחו בחשבון את השפעת הפרה אינדיבידואלית וכן השפעות של שעה ביממה של עונה ושל גזע, וייחסו בתוך כל גזע את יתרת ההוצאה הבלתי מוסברת בכל יחידת זמן של 5 דקות לסוג הפעילות (עמידה, רעייה, הליכה ללא רעייה), למרחקים האופקי והאנכי שנעברו באותה יחידת זמן, או למספר הצעדים כתחליף למרחק האופקי. מהעלות הספציפית של כל סוג פעילות (עלות של שעה עמידה, הליכה או רעייה מעל להוצאה האנרגטית הכרוכה ברביצה), ועלות של מעבר 1 מטר אופקי או אנכי, חושבה העלות היומית של הפעילות על כפול מספר השעות שנרשמו לאותה פרה בכל סוג פעילות והמרחקים היומיים האופקיים והאנכיים של הליכה. כן חושב היחס של הוצאה אנרגטית לפעילות מסך ההוצאה האנרגטית.

תוצאות ודיון

קינטיקה של מעכל ואומדן צריכה של חומר יבש וחומר אורגני נעכל של פרות משני הגזעים בשתי עונות המדידה מוצגים בטבלה 3.

טבלה 3: זמני שהות ממוצעים של חלקיקים ומומסים, ואומדן צריכה יומית של חומר יבש ושל חומר אורגני נעכל של פרות שני הגזעים באביב ובראשית הקיץ.

המדד	אביב		תחילת קיץ	
	בלאדי	ביפמסטר	בלאדי	ביפמסטר
זמן שהות חלקיקים, שעות	46.0	60.3	65.3	66.5
זמן שהות מומסים, שעות	18.8	21.5	29.9	33.3
צריכת חיי לפרה, ק"ג ליום	8.9	12.1	7.6	9.9
צריכת חיי, ג' ליום לק"ג מטבולי ¹	130	101.3	121	86
צריכת חיי נעכל לפרה, ק"ג ליום ¹	3.5	4.7	2.8	3.7
צריכת חיי נעכל, ג' ליום לק"ג מטבולי	51.6	39.2	45.0	31.9

¹ ק"ג מטבולי = משקל חי (ק"ג) בחזקת 0.75

זמן השהות הקצר יותר של חלקיקים במערכת העיכול של פרות בלאדי באביב, בהשוואה לפרות ביפמסטר, מעיד לכאורה על כך שהן צרכו באותה עונה מזון בעל נעכלות גבוהה יותר מזה שצרכו פרות הביפמסטר, אף שהפרות שהן יחד באותה חלקה. הממצא כי בקיץ לא נמצא הבדל כזה בין זמני השהות של שני הגזעים מרמז כי ההבדל היה אכן נעוץ באיכות המזון הנאכל ולא בהבדל קבוע בין הגזעים. בעבודות קודמות, שלנו ושל אחרים, נמצא מתאם שלילי גבוה בין נעכלות המזון לבין זמן השהות שלו במערכת העיכול. על-פי מקדמי היחס בין נעכלות לזמן שהות ניתן לאמוד כי פרות הביפמסטר אכלו מזון שנעכלות החומר היבש שלו היא בסביבות 58%, שהיא הנעכלות הממוצעת שנמצאה בדוגמאות מרעית שנאספו בחלקות באותה עונה. גם זמן השהות של כ-65 שעות שנמצא בשני הגזעים בראשית הקיץ מתאים לפי מקדמים אלה לנעכלות של 52% שנמצאה בחלקה באותה עונה. לעומת זאת, זמן שהות של 46 שעות שנמצא בפרות הבלאדי באביב מתאים לנעכלות גבוהה במידה ניכרת, מעל 60%. בעונת הרעייה באביב היה חלק מהמרעית כבר יבש וחלקה עדיין ירוק ואיכותי. נראה כי הניידות הגבוהה יותר של פרות הבלאדי, ושעות הרעייה הרבות יותר שלהן (ראה להלן) אפשרו להן לברור מתוך המרעית בשטח את החלקים האיכותיים יותר. אם אכן הן עשו ברירה כזאת, גם אומדני צריכת המזון שלהן, המבוססים על מדידת תפוקת צואה מוטים, וצריכת המזון שלהן בפועל בעונה זו הייתה גבוהה מזו שחושבה.

מאפייני הפעילות של הפרות משני הגזעים בשלוש עונות המדידה, מספר שעות ליום של רביצה, עמידה, רעייה והליכה ללא רעייה, המרחקים האופקיים והאנכיים שהן עברו ליום ומספר הצעדים שצעדו – מוצגים בטבלה 4.

טבלה 4: מאפייני פעילות במרעה של פרות בלאדי וביפמסטר באביב, ראשית הקיץ וסופו.

מובהקות ¹	מובהקות			סוף קיץ		ראשית קיץ		אביב		המדד
	גוע	עונה	אינט.	ביפמסטר	בלאדי	ביפמסטר	בלאדי	ביפמסטר	בלאדי	
***	***	***	0.20	9.72	8.90	10.32	9.96	7.37	7.94	רביצה (שעות)
***	***	***	0.19	7.37	6.07	7.51	6.26	8.52	6.17	עמידה (שעות)
*	***	***	0.19	6.17	8.18	5.54	7.01	7.73	9.14	רעייה (שעות)
*	***	***	0.07	0.74	0.84	0.62	0.77	0.38	0.77	הליכה (שעות)
***	***	***	126	3,571	4,406	3,197	3,859	3,197	4,694	מספר צעדים
***	***	***	126	3,370	4,723	3,168	3,802	3,312	4,752	מרחק אופקי (מ')
*	*	***	5.8	80.7	106.6	72.0	92.2	69.1	112.3	מרחק אנכי חיובי (מ')

¹ *** $P < 0.001$; ** $P < 0.05$

נמצא כי באופן עקבי היו משכי הרביצה + עמידה של פרות הבלאדי קטנים מאלה של פרות הביפמסטר ובהתאם, משכי הרעייה וההליכה שלהן גדולים יותר. גם המרחקים שעברו פרות הבלאדי היו גדולים יותר בכל העונות. במעבר מאביב, עם מרעית בעלת איכות גבוהה יותר, לראשית הקיץ, עם מרעית דלה יותר, הקטינו פרות שני הגזעים את משכי הרעייה ומרחקי

ההליכה. אולם, בסוף הקיץ, כאשר ניתנה להן תוספת של זבל עופות בחלקה, הן הגדילו שוב את משכי הרעייה ואת מרחקי ההליכה. במחקרים אחדים בעבר מצאנו כי תוספת זבל עופות בעונה בה ריכוז החלבון במרעית נמוך מגדילה את רמת ההוצאה האנרגטית של פרות. נראה כי תוספת החנקן שבזבל מאפשרת להן לעכל טוב יותר את המרעית דלת החלבון ומעודדת אותן להגדיל את צריכת המרעית ואת נעילותה, ובמקביל גם את רמת ההוצאה האנרגטית. גם במחקר הנוכחי (ראה להלן) נמצא כי רמת ההוצאה האנרגטית בשני הגזעים היתה גבוהה יותר בסוף הקיץ, בהשוואה לראשיתו. נראה כי לעומד היבול בחלקה לא הייתה השפעה על מדדים אלה.

ההוצאה האנרגטית הספציפית לסוגי הפעילות השונים נאמדה בעזרת ארבעה מודלים שונים המייחסים הוצאה אנרגטית לכל יחידת פעילות ולוקחים בחשבון גם גורמי הוצאה אנרגטית שאינם קשורים לפעילות המוטורית: הגורם האקראי של הפרה האינדיבידואלית, גורמי עונה ושעה ביממה. בשני מודלים שכללו את גורם השעה ביממה נלקחו בחשבון המרחק האופקי או מספר הצעדים. בשני מודלים נוספים שלא כללו את גורם השעה ביממה נלקחו שוב לחישובין או המרחק האופקי או מספר הצעדים. זאת מכיוון שמספר הצעדים נמצא במתאם גבוה מאד עם המרחק האופקי ואין אפשרות לכלול את שניהם יחד באותו מודל. כיוון שכל המודלים הצביעו על אותה מגמה להבדלים בין הגזעים אנו מביאים כאן רק את תוצאות המודל הראשון, שכלל את המרחק האופקי ולקח בחשבון את השפעת השעה ביממה. בין מודלים שכללו את גורם השעה לבין כאלה שלא כללו גורם זה נמצא הבדל של כ-10% באומדן העלויות הספציפיות ואנו מעריכים כי העלות האמיתית נמצאת איפה שהוא בין האומדן הנמוך (במודלים שכללו את גורם השעה) לבין הגבוה (במודלים שלא כללו אותו). לפיכך, ייתכן שהאומדנים המוצגים כאן מוטים במקצת כלפי מטה. אומדני העלות הספציפית של סוגי הפעילות השונים ניתנים בטבלה 5.

טבלה 5: עלויות אנרגטיות של עמידה, רעייה והליכה ושל מרחקי הליכה אופקיים ואנכיים בפרות בלאדי וביפמסטר.

מובהקות ¹	ס"ת	ביפמסטר	בלאדי	המדד
				<u>סוג פעילות, קילו-ג'אול ל-24 שעות לק"ג מטבולי</u>
†	1.63	51.6	48.9	עמידה
***	1.61	86.7	93.9	רעייה
ל"מ	4.73	91.0	90.9	הליכה ללא רעייה
				<u>מרחקי הליכה, ג'אול למטר לק"ג מטבולי</u>
***	0.11	2.21	1.42	מרחק אופקי
†	1.93	22.6	19.3	מרחק אנכי

*** $P < 0.001$; † $P < 0.1$; ל"מ לא מובהק

מכפלת העלות הספציפית ליחידה במספר יחידות הפעילות ליום נותנת לנו את העלות האנרגטית היומית של פעילות הרעייה. בטבלה 6 מובאות עלויות יומיות אלה, סך העלות האנרגטית היומית הכרוכה ברעייה וסך ההוצאה האנרגטית היומית. כמו כן מובא בה אחוז ההוצאה האנרגטית הכרוכה בפעילות מסך ההוצאה היומית, בהשוואה בין שני הגזעים.

טבלה 6: עלות האנרגיה הכרוכה בפעילות במרעה, סך הוצאת האנרגיה היומית ואחוז האנרגיה לפעילות מסך ההוצאה היומית בפרות בלאדי וביפמסטר (קילו-ג'אול לק"ג מטבולי ליום).

המרכיב	אביב		ראשית הקיץ		סוף הקיץ	
	בלאדי	ביפמסטר	בלאדי	ביפמסטר	בלאדי	ביפמסטר
עמידה	12.7	18.3	12.9	16.1	12.4	15.9
רעייה	35.8	28.0	27.4	20.0	32.0	22.3
הליכה ללא רעייה	2.9	1.5	2.9	2.4	3.2	2.8
מרחק אופקי	6.7	7.3	5.4	7.0	6.7	7.4
מרחק אנכי חיובי	2.2	1.6	1.8	1.6	2.1	1.8
סך הכל לפעילות	60.1	56.6	50.2	47.1	56.3	50.2
סך הוצאה אנרגטית	727	582	468	453	533	517
אחוז ההוצאה לפעילות	8.3	9.7	10.8	10.4	10.7	9.7

סך ההוצאה האנרגטית באביב של פרות הבלאדי היתה גבוהה במידה ניכרת מזו של פרות הביפמסטר, כאשר בשאר העונות היה ההבדל בין הגזעים קטן ולא מובהק. ממצא זה תואם את הערכתנו כי באביב השכילו פרות הבלאדי לברור להן מזון טוב יותר ולהגדיל בכך את צריכת האנרגיה שלהן. בשאר העונות, כאשר כל המזון היה יבש ובאיכות דומה, ההבדל הזה הצטמצם וכמעט נעלם. פרות שני הגזעים הגדילו את ההוצאה האנרגטית שלהן בסוף הקיץ, לאחר שהוסף להן זבל עופות, בהשוואה לראשית הקיץ ללא תוספת. ממצא זה תואם הן את הממצא של הגדלת שעות הרעייה מראשית הקיץ לסופו והן את הממצא משנים קודמות שגם בהן נמצאה עלייה בהוצאה האנרגטית לאחר הוספת זבל עופות. לא נמצאו הבדלים עקביים באחוז האנרגיה שהקצו פרות שני הגזעים לפעילות מכלל האנרגיה שעמדה לרשותן.

סיכום:

1. נמצא כי ניתן לאמוד בדיוק סביר את מאזן האנרגיה השלם בפרות בתנאי מרעה חופשי, ולייחס לפעילויות השונות את עלויות האנרגיה הכרוכות בהן.
2. נמצא כי הפרות הקלות מגזע בלאדי מותאמות יותר לתנאי מרעה קשים של שטח גבעי ואיכות מרעה משתנה מאיכות בינונית לנמוכה. הן חסכוניות יותר בהוצאה אנרגטית הכרוכה בתנועה ועקב כך מסוגלות להיות ניידות יותר, לרעות יותר שעות ולהפיק יותר מהמרעה. בתנאי עונות ביניים, שבהן השונות באיכות המרעה בשטח היא הגבוהה ביותר מתבלט יתרון זה ביתר שאת עקב יכולתן לנצל את ניידותן הגבוהה לברירה טובה יותר של מה שהן אוכלות מתוך מה שמצוי בשטח.

תודות:

המחקר התקיים בחוות כרי דשא, מומן ע"י קרן קמ"ח וקודם ע"י מנהל המחקר החקלאי ומו"פ צפון. ברצוננו להודות לצדוק כהן וצוות הבוקרים בכרי דשא, יעקב ורחמים דבוש שעזרו רבות בקידום עבודה זו.