

ההוצאה האנרגטית לפעילות גופנית של בעלי חיי חופשיים במרעה

בקר לבשר, מנהל המחקר החקלאי
בקר לבשר, מנהל המחקר החקלאי
המחלקה למשאבי טבע, מינהל המחקר
המחלקה למשאבי טבע, מינהל המחקר
מ"פ צפון

יואב אהרוני
אריה ברוש
זלמן הנקין
דוד אונגר
עמית דולב

חוקר ראשי:
חוקרים שותפים:
(צוות ישראלי)

2007

תקציר

בשנה ב' של מחקר זה חזרנו על מדידות שנה א', הפעם בחלקות מרעה גדולות יותר, באותם שני טיפוסים פרות, מכלוא ביפמסטר (BM) מול פרות בלאדי (Ba) במשך 3 עונות: פברואר, מרס ויוני 2007. בכל עונה הונח ציוד מדידה על כל פרה למשך 3-4 ימים. ציוד זה כלל מד פעילות על רגל הפרה, מכשיר GPS ומונה קצב לב. צריכת החמצן של הפרות לכל פעימת לב נמדדה בכל עונה לחישוב ההוצאה האנרגטית מנתוני קצב הלב. נתוני המכשירים השונים סונכרו בזמן לרישום אחד לכל 5 דקות במשך המדידה (3-4 יממות). נתונים מסונכרנים אלה קובצו לגיליון משותף שהכיל כ-38 אלף רישומים על ציר זמן של 28 פרות, 15 רות ביפמסטר ו-13 פרות בלאדי. כל רישום כלל את ציון הפרה, הגזע, העונה, זמן המדידה, סוג הפעילות באותו פרק זמן (רביצה, עמידה, רעייה או הליכה ללא רעייה), מספר הצעדים שהפרה הלכה, המרחק האופקי והמרחק האנכי שעברה, ורמת ההוצאה האנרגטית שלה. מנתונים אלה חושבו לכל פרה בכל עונה סך הזמן ליממה שהוקדש לכל פעילות (רביצה, עמידה, רעייה והליכה ללא רעייה), מספר הצעדים שעשתה ומרחקי ההליכה האופקיים והאנכיים שעברה. מקדמי העלות האנרגטית לכל סוג פעילות חושבה גם היא מתוך אותו מסד נתונים. סך העלות האנרגטית ליממה לכל סוג פעילות לכל פרה חושב כמכפלה של סך הפעילות ליממה במקדם העלות המתאים. העלות האנרגטית המיוחסת לפעילות רעייה, כ-11% מכלל ההוצאה האנרגטית נמצאה בטווח של 5 עד 11%. בשנה זו, שלא כמו בשנה שעברה, היה מדד זה נמוך בפרות הבלאדי בהשוואה לפרות הביפמסטר בכל העונות. בכל העונות רעו פרות Ba יותר שעות מפרות BM ועברו מרחקים גדולים יותר. לעומת זאת, מקדמי העלות לכל יחידת פעילות היו נמוכים יותר בפרות Ba. ההבדלים בין טיפוסים הפרות, הן בחלוקת זמני הפעילות והן במקדמי העלות האנרגטית לכל יחידת פעילות היו מובהקים ביותר. בתכנית שנה א' נכלל גם ניתוח מאזן האנרגיה השלם הכולל גם מדידת צריכת המזון והאנרגיה של הפרות. השנה השלמנו חלק מהאנאליזות של הצואות והמרעית שנדגמו מהפרות בשנה א'. מתוצאות אלה עולה כי תפוקת הצואה, וכנראה גם צריכת המזון לכל יחידת משקל מטבולי של פרות הבלאדי היתה גבוהה מזו של פרות הביפמסטר בכל העונות. בנוסף, משך שהות המעכל של פרות הבלאדי במערכת העיכול היה קצר יותר, ביחוד בעונת המעבר ממרעה ירוק למרעה קמל באפריל. התוצאות מצביעות על האפשרות שפרות הבלאדי בעונה זו השכילו לברור יותר טוב את החומר הנאכל מכלל המרעית ולאכול מרעית בעלת נעילות גבוהה יותר במידה ניכרת מזו שאכלו פרות הביפמסטר. תוצאה זו מתיישבת היטב עם רמת ההוצאה האנרגטית שלהן, שהיתה באפריל גבוהה במידה ניכרת מזו של פרות ביפמסטר (ראה דו"ח שנה א').

חומרים ושיטות

בשנת 2007, שהיתה השנה השנייה מתוך שלוש למחקר זה, ערכנו בדיקה השוואתית להתנהגות והוצאות אנרגטיות של פרות משני גזעים, ביפמסטר (BM) ובלאדי (Ba) בחלקה משותפת גדולה, של כ-700 דונם, לעומת החלקות הקטנות (כ-250 דונם) שבהן נערכו המדידות בפרות אלה בשנת המחקר הראשונה (2006). עקבנו אחר הפרות בשלושה מועדים בעונת הרעייה: 11-19 לפברואר (פברואר), 18-26 למרס (מרס) ו-17-3 ליוני (יוני). בכל מדידה נרשמו לכל פרה קצב הלב, תנועתה בשטח (בעזרת GPS) ומצב תנוחת גופה ותנועתו (בעזרת מד פעילות) במשך 3 עד 4 ימים במרווחי זמן של כל 5 דקות. בסיום כל מדידה נמדדה צריכת החמצן לפעימת לב ("פעימת חמצן") לצורך חישוב ההוצאה האנרגטית מרישום קצב הלב. בסה"כ ביצענו 42 חזרות של התצפית, 18 של פרות BM ו-24 של פרות Ba לפי הפירוט בטבלה 1.

| טבלה 1: מספר חזרות בתצפיות | | באלאדי - Ba; ביפמסטר - BM | |
|----------------------------|-----|---------------------------|----|
| חודש / | גזע | Ba | BM |
| פברואר | | 5 | 5 |
| מרס | | 8 | 5 |
| יוני | | 11 | 8 |
| סה"כ | | 24 | 18 |

את תוצאות המדידות ניתחנו במודל שפורט בדו"ח השנה הראשונה לחישוב סך השעות היומי וסך מרחקי ההליכה ומספר הצעדים שהשקיעו פרות כל גזע בכל חודש מדידה בכל סוג פעילות ולחילוץ אומדני האנרגיה שהושקעה ע"י הפרות לכל יחידת פעילות. ממכפלה של השקעת האנרגיה ליחידת פעילות במספר יחידות הפעילות ליום התקבל אומדן של סך האנרגיה ליום שהושקע ע"י הפרות בפעילויות הקשורות ברעייה.

לבדיקת הקשר בין ההוצאה האנרגטית ל-intake האנרגטי ביצענו בשנת 2006 מדידות של תפוקת צואה, נעילות המרעית, הרכבה הכימית ותכולת האלקאנים השונים בצואה ובמגוון הצמחים במרעה. סיימנו השנה את האנאליזות השרות בתפוקת הצואה ובקינטיקה של המעכל במערכת העיכול (ריכוזי סמנים חיצוניים – כרום וקובלט) אך עדיין לא סיימנו את האנאליזות של סמנים פנימיים (אלקאנים, חומצות וכהלים ארוכי שרשרת) שיאפשרו ניתוח של הרכב הצומח הנאכל ושל הנעילות. התוצאות החלקיות של אנאליזות אלה מדווחות כאן ומאזן האנרגיה השלם ידווח בדוח המסכם.

תוצאות ודיון

טבלה 2 מסכמת את סך הפעילויות ליום של פרות 2 הגזעים בשלושת מועדי המדידה.

טבלה 2: סך פעילות ליום

| מובהקות ¹ | SEM ¹ | | | יוני | | מרס | | פברואר | | פעילות | | |
|----------------------|------------------|-----|-------|-------|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------|
| | B*M | M | B | Ba | BM | Ba | BM | Ba | | | | |
| *** | *** | *** | 2.41 | 1.69 | 1.40 | 539 | 449 | 765 | 706 | 865 | 717 | EE kJ/(MBW*day) |
| *** | *** | *** | 0.25 | 0.18 | 0.15 | 53.2 | 66.6 | 80.8 | 85.0 | 90.3 | 86.9 | HR beats/min |
| *** | *** | *** | 0:12 | 0:08 | 0:07 | 10:36 | 8:42 | 9:25 | 9:07 | 9:23 | 7:55 | שכיבה, שעות ליום |
| *** | *** | * | 0:11 | 0:07 | 0:06 | 4:23 | 4:16 | 6:15 | 5:36 | 6:14 | 7:30 | עמידה, שעות ליום |
| *** | *** | *** | 0:12 | 0:08 | 0:07 | 7:55 | 9:46 | 7:45 | 8:19 | 7:48 | 7:56 | רעייה, שעות ליום |
| ** | *** | *** | 0:04 | 0:03 | 0:02 | 1:03 | 1:14 | 0:33 | 0:56 | 0:34 | 0:38 | הליכה ללא רעייה, שעות ליום |
| ** | *** | *** | 7.18 | 4.97 | 4.14 | 112.3 | 112.3 | 77.8 | 95.0 | 97.9 | 135.4 | מרחק מעבר אנכי, מ' ליום |
| *** | *** | *** | 160.1 | 110.6 | 92.2 | 4982 | 4954 | 3830 | 4723 | 3226 | 3917 | מרחק מעבר אופקי, מ' ליום |
| ** | *** | *** | 146.8 | 101.5 | 84.6 | 4637 | 5760 | 3629 | 4694 | 3398 | 3859 | צעדים, מס' ליום |

¹ אינטראקציה - B*M; חודש - M; גזע - B: השפעות

אומדן העלות האנרגטית הסגולית האופיינית לכל גזע לכל יחידת פעילות מסוכם בטבלה 3. במודל הרגרסיה שחישב אומדנים אלה הנחנו כי קבועי אנרגיה סגולי אלו לא משתנים מעונה לעונה בתוך כל גזע. במילים אחרות, העלות האנרגטית של פרת ביפמסטר לשעת רעייה או למעבר אופקי של מטר אחד לא משתנה מעונה לעונה. חישוב אמין של קבועים אלה לכל עונה בנפרד בתוך כל גזע היה דורש מספר חזרות הרבה יותר מזה שביצענו בפועל.

טבלה 3: עלות אנרגיה ליחידת פעילות

| פעילות | Ba | BM | SE ¹ | P ¹ |
|-------------------------|-------|-------|-----------------|----------------|
| עמידה (kJ/(24h*MBW) | 16.0 | 43.6 | 2.37 | *** |
| רעייה (kJ/(24h*MBW) | 57.4 | 89.7 | 2.18 | *** |
| הליכה (kJ/(24h*MBW) | 55.2 | 71.2 | 6.38 | * |
| תנועה אנכית (J/(m*MBW) | 16.98 | 27.41 | 2.59 | *** |
| תנועה אופקית (J/(m*MBW) | 1.81 | 3.00 | 0.14 | *** |

למובחנות בין גזעים¹

סך האנרגיה היומית שהוקדשה לפעילות הפרות משני הגזעים בשלושת מועדי המדידה מוצג בטבלה 4. גם חישוב % האנרגיה שהוקדשה לפעילות מסך ההוצאה האנרגטית היומית מוצג בטבלה זו.

טבלה 4: עלות אנרגטית יומית של הפעילויות

| עלות הפעילות kJ/(MBW*day) | February | | March | | June | |
|------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Ba | BM | Ba | BM | Ba | BM |
| עמידה | 5.00 | 11.34 | 3.74 | 11.38 | 2.84 | 7.98 |
| רעייה | 19.00 | 29.14 | 19.92 | 28.96 | 23.36 | 29.59 |
| הליכה | 1.49 | 1.71 | 2.15 | 1.64 | 2.87 | 3.13 |
| תנועה אנכית | 2.30 | 2.68 | 1.61 | 2.13 | 1.91 | 3.08 |
| תנועה אופקית | 7.08 | 9.66 | 8.53 | 11.47 | 8.95 | 14.92 |
| סה"כ אנרגיה לפעילות | 34.87 | 54.53 | 35.96 | 55.58 | 39.93 | 58.70 |
| אנרגיה לפעילות % מסך הוצאה | 4.9% | 6.3% | 5.1% | 7.3% | 8.9% | 10.9% |

ההבדלים בין שני גזעי הבקר שנמצאו השנה דומים לאלה שנמצאו בשנה שעברה בכך שפרות בלאדי קיימו רמת פעילות ותנועה גבוהה יותר, בעלות אנרגטית נמוכה יותר ליחידת פעילות בכל מועדי המדידה, בהשוואה לפרות ביפמסטר. כמעט כל ההבדלים הללו היו מובהקים ביותר. מכל מקום, נמצאו הבדלים בין תוצאות 2007 לאלה של 2006 בשתי נקודות:

- בעוד שפרות בלאדי קיימו רמת הוצאה אנרגטית (ליחידת משקל מטבולי) גבוהה במידה ניכרת מפרות ביפמסטר באפריל 2006, וגבוהה במידת מה מזו של פרות ביפמסטר בשני מועדי הקיץ, בשנת 2007, בכל מועדי המדידה, היתה רמת ההוצאה האנרגטית הכללית של פרות בלאדי נמוכה מזו של פרות ביפמסטר, למרות רמת הפעילות שלהן שהיתה גבוהה יותר. רמת הוצאה אנרגטית נמוכה זו של פרות הבלאדי היתה בעיקר תוצאה של פעימת חמצן נמוכה יותר, ורק בחלקה הקטן תוצאה של קצב לב נמוך יותר.
- תאחוז ההוצאה האנרגטית לפעילות מכלל ההוצאה האנרגטית לא נבדל בין הגזעים בשנת 2006, אך היה נמוך יותר בפרות הבלאדי לעומת פרות הביפמסטר בכל מועדי המדידה בשנת 2007. בשתי השנים עלה ערך זה עם הירידה ברמת ההוצאה האנרגטית הכללית שחלה עם הירידה באיכות המרעית במעבר מתנאי חורף ואביב לתנאי קיץ.

עדיין אין אנו יודעים אם ההבדלים בהתנהגות שני הגזעים ובמאזן האנרגיה שלהם בין עונת 2006 לעונת 2007 הם תוצאה של המעבר מחלקות מרעה קטנות לחלקה גדולה, או של הבדלים באיכות וכמות המרעית בעונות השונות בין שתי השנים, או משילוב של שני הגורמים או מסיבה אחרת. רק לאחר תום שנת המחקר השלישית, שבה ייבחנו מדדים אלה בשני אתרים חדשים, ובטיפוסי בקר נוספים, נוכל לנסות להעריך את הגורמים הקובעים התנהגות של פרות מטיפוסים שונים בתנאי מרעה משתנים.

בדיקות תפוקת צואה וקינטיקה של מעכל בשתי עונות מדידה בשנת 2006

טבלה 5: עומד יבול (ק"ג ח"י לדונם) בחלקות לחץ הרעייה הנמוך (LSR) והגבוה (HSR) בשלוש עונות רעייה

| הלקה | אפריל | יוני | ספטמבר |
|------|-------|------|--------|
| LSR | 280 | 168 | 116 |
| HSR | 291 | 128 | 102 |

כיוון שלא נמצאו הבדלים ניכרים בעומד היבול בין שתי החלקות בתוך כל עונת רעייה נותרו התוצאות, הן של הרכב הצומח ונעילותו בכרס מלאכותית והן של קינטיקת המעכל במערכת העיכול ותפוקת הצואה רק להבדלים ביו טיפוסי הבקר ועונות, ללא השפעת לחץ הרעייה.

טבלה 6: הרכב המרעית ונעילותה בכרס מלאכותית

| המרכיב | אפריל | יוני | ספטמבר | s.e.d. | P |
|----------------------|-------|-------|--------|--------|-----|
| % חומר יבש | 37.38 | 88.41 | 83.62 | 1.224 | *** |
| אחוזים בחומר היבש | | | | | |
| אפר | 11.97 | 12.77 | 13.47 | 0.78 | ns |
| חלבון כללי | 6.53 | 3.73 | 3.93 | 0.18 | *** |
| NDF | 57.76 | 67.23 | 65.05 | 1.01 | *** |
| ADF | 36.25 | 45.5 | 44.74 | 0.75 | *** |
| נעילות בכרס מלאכותית | | | | | |
| % מהחומר היבש | 58.16 | 52.53 | 50.73 | 1.23 | *** |
| % מהחומר האורגני | 56.89 | 51.04 | 50.7 | 1.63 | ** |

Significance symbols: ns $P > 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$

הקינטיקה של המעכל ותפוקת הצואה נמדדו רק באפריל וביוני, כיוון שבחודש ספטמבר קיבלו הפרות בחלקות תוספת של זבל עופות בחלקות, ותוספת זו אינה מאפשרת אומדן טוב של צריכת המזון ממקור מרעית.

טבלה 7: זמני שהות חלקיים וכלליים של חלקיקים ושל מומסים בפרות בלאדי (Ba) וביפמסטר (BM) באפריל ויוני

| המדד | אפריל | | יוני | | סטיית תקן | | | מובהקות | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------|------|------|
| | Ba | BM | Ba | BM | גזע | חודש | אינ' | גזע | חודש | אינ' |
| חלקיקים: כרס | 28.09 | 42.07 | 26.02 | 36.45 | 4.55 | 3.75 | 5.68 | ** | ns | ns |
| | 4.86 | 4.57 | 14.12 | 7.30 | 1.30 | 1.18 | 1.72 | * | *** | ** |
| | 13.13 | 13.62 | 24.61 | 22.99 | 1.95 | 1.29 | 2.16 | ns | *** | ns |
| כללי | 45.96 | 60.31 | 65.27 | 66.48 | 5.25 | 4.08 | 6.34 | † | ** | † |
| | 10.53 | 13.58 | 12.14 | 18.16 | 1.84 | 1.53 | 2.31 | * | * | ns |
| | 1.92 | 1.77 | 6.46 | 3.65 | 0.63 | 0.63 | 0.88 | † | *** | * |
| מומסים: כרס | 6.24 | 6.14 | 11.42 | 11.50 | 0.56 | 0.51 | 0.74 | ns | *** | ns |
| | 18.84 | 21.46 | 29.86 | 33.29 | 1.92 | 1.50 | 2.32 | † | *** | ns |
| | 13.13 | 13.62 | 24.61 | 22.99 | 1.95 | 1.29 | 2.16 | ns | *** | ns |

ns לא מובהק; † $P < 0.1$; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$

זמן שהות של חלקיקים של 46 שעות שנמצא בפרות בלאדי בחודש אפריל מרמז על נעילות גבוהה של מעל 60% של המרעית שנאכלה ע"י פרות אלה, בהשוואה לזמן שהות של 60 שעות בפרות ביפמסטר, המתאים לנעילות נמוכה מ-60% שנמצאה בפועל במדגם מייצג של המרעית בחלקה. לעומת זאת בחודש יוני לא נמצא הבדל בזמני ההיות של חלקיקים בין שני הגזעים, והזמנים שנמצאו של כ-65 שעות מתאימים לאומדני נעילות כרמ"ל של מדגמים מהחלקה, של כ-50%. בחינה של התפלגות זמני

השהות החלקית של חלקיקים בין מאגר הכרס הראשי (חלקיקים גדולים) והמשני (חלקיקים דקים) מגלה כי בפרות בלאדי חלה התארכות ניכרת בזמן השהות במאגר המשני מאפריל ליוני, ממצא המרמז כי חלק גדול יותר מכלל החומר החלקיקי היה אצלן בצורת חלקיקים דקים. כלומר, יעילות ההקטנה של גודל החלקיקים, אם כתוצאה של העלאת גירה ולעיסה טובות יותר ואם כתוצאה של תהליכים בתוך הכרס או המעי העורר היתה אצלן גבוהה יותר לאחר שעברו ממרעית עסיסית לקמל. ממצא זה מרמז על האפשרות שהנעכלות של מזון באיכות נמוכה (קמל) היתה גבוהה יותר בפרות הבלאדי בהשוואה לביפמסטר גם לאחר שנשללה מהן האפשרות לבחירת מזון טובה יותר לאחר שכל המרעית התייבשה.

טבלה 8: תפוקת צואה (FO) ו-1% האפר בצואות פרות משני הטיפוסים בשתי עונות

| מובהקות | סטיית תקן | | | יוני | | אפריל | | מדד | | |
|---------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| | גזע | חודש | אינ' | Ba | BM | Ba | BM | | | |
| ns | ns | *** | 0.493 | 0.350 | 0.350 | 4.697 | 3.629 | 5.084 | 3.715 | FO ק"ג/יום |
| ns | ns | *** | 4.81 | 3.41 | 3.41 | 40.81 | 57.46 | 42.37 | 54.39 | FO גרם לק"ג מטב' |
| ns | *** | ns | 1.47% | 0.71% | 1.55% | 25.2% | 25.1% | 29.9% | 28.2% | % האפר בצואה |

סמלי מובהקות: ns לא מובהק; *** $P < 0.001$

תפוקת הצואה של פרות הביפמסטר היתה גבוהה יותר מזו של פרות הבלאדי ולא נבדלה בשני טיפוסים הגזעים בין שתי העונות. המשקל של פרות הביפמסטר היה כמעט כפול מזה של פרות הבלאדי ואין זה מפתיע שהן אכלו יותר והפרישו לכן יותר צואה. הממצא כי לא היה הבדל בתפוקת הצואה בין שתי העונות מתאים לממצאים קודמים שלנו ושל אחרים, שכאשר יורדת נעכלות המזון יורדת כמות המזון הנאכלת אולם הכמות הבלתי נעכלת (הצואה) נשארת כמעט קבועה. יחד עם זאת, אם אכן נעכלות המזון היתה גבוהה יותר במידה ניכרת אצל פרות הבלאדי בחודש אפריל, ואולי גבוהה במידת מה גם ביוני, היתה גם צריכת המזון שלהן גבוהה יחסית מזו המשתקפת מתפוקת הצואה.

כאשר תפוקת הצואה מחושבת לא לפרה השלמה אלא לכל יחידה מטבולית של גופה (ק"ג מטבולי שווה למשקל חי בחזקת 0.75) נמצא כי היא היתה גבוהה יחסית בפרות הבלאדי בהשוואה לביפמאסטר. אם גם הנעכלות של המזון אצלן היתה גבוהה יותר, בייחוד בחודש אפריל, צריכת האנרגיה שלהן הייתה גבוהה במידה ניכרת באפריל בהשוואה לזו של פרות הביפמאסטר, וגבוהה במידת מה בחודש יוני. אומדן זה מתאים יפה לממצא כי גם ההוצאה האנרגטית שלהן הייתה באפריל גבוהה במידה ניכרת מזו של פרות הביפמאסטר, וגבוהה במידת מה גם בחודש יוני (ראה דוח שנה א').

מסיכום הממצאים של שתי השנים עולות הנקודות הבאות:

1. פרות הבלאדי קלות תנועה יותר ועלות הפעילות ליחידת תנועה שלהן נמוכה יותר. הן מנצלות תכונה זו לפעילות רבה יותר במרעה, שעות רעייה ארוכות יותר ומרחקי הליכה גדולים יותר.
2. אפשרות זו מקנה להן יתרון יחסי גדול במיוחד בעונת המעבר בה השונות באיכות המרעה בתוך החלקה היא הגבוהה ביותר, ומאפשרת להן בחירה מוצלחת יותר של המרעית שהן אוכלות.
3. בעונות של מרעית בעלת איכות גבוהה יש יתרון יחסי לפרות הגדולות שכנראה פוטנציאל הגדילה והצבירה שלהן גבוהים יותר. הן מסוגלות בתנאים אלה להגיע לצריכת מזון וגם הוצאה אנרגטית גבוהות יותר, וכנראה גם לצבור יותר רזרבות לקראת עונות השפל.