

דר"ח סופי למדען (ענף מרעה) ולקק"ל: תוכנית 277-0046-09

שימוש בספקטרוסקופיה בתחום NIR במדעי המרעה

NIRS-aided methods in range science

ע"י

י. לנדאו, ל. דבש	המח' למשאבי טבע וגד"ש, המכון לגד"ש וגן, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן 50250
ד. ברקאי	המח' למשאבי טבע וגד"ש, מרכז מחקר גילת
ר. גבריאלי	המח' לבקר, שה"מ, משרד החקלאות, קריית שמונה
ד. כבביה	המח' לצאן, שה"מ, משרד החקלאות, בית דגן
ה. מלכא	המח' לבקר, שה"מ, משרד החקלאות, עפולה
vclandau@agri.gov.il	S. Landau, Department of Natural Resources and Agronomy, Institute of Field and Garden Crops, ARO, Bet Dagan, 50250
levana@agri.gov.il	L. Dvash, Department of Natural Resources and Agronomy, Institute of Field and Garden Crops, ARO, Bet Dagan, 50250
ragav@shaham.moag.gov.il	R. Gavrieli, Cattle Division, Extension Service, Ministry of Agriculture, Kiryat Shmone
himal@shaham.moag.gov.il	H. Malka, Cattle Division, Extension Service, Ministry of Agriculture, Afula
dorcab@shaham.moag.gov.il	D. Kababya, Sheep & Goats Division, Extension Service, Ministry of Agriculture, Bet Dagan

דצמבר 2009

הממצאים בד"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

התימת החוקר

תקציר

התוכנית כוללת שני יישומים: א. אימות כיולי NIRS של תכונות קרקע בעלות נמוכה; ב. יישום השימוש בגללים כמקור ידע על המנה הנצרכת ע"י בקר לבשר במרעה. א. לשם האימות של משוואות כיוול NIRS לתכונות קרקע השתמשנו במשוואות שכללו ספקטרום (n=241) של קרקע מהנגב, לכיש, עדולם, משור החוף וכתף הכרמל ומסוגים שונים (לס, חול-לס, חמרה, רנדזינה, טרה רוסה). קובץ האימות כלל קרקעות שמקורן ב-LTER (n=264). רק לשיעור חומר אורגני (ח"א) ו-pH נמצאו כיולי NIRS טובים ($R^2_{cal} > 0.9$; $SD/SEC > 3$) ורק לכיוול ח"א נמצא אימות חיצוני תקין. מכאן, NIRS שיטה אמינה, מהירה, זולה ובטוחה לקביעת חומר אורגני בקרקע, אך לא מאוד מדויקת בריכוזי ח"א נמוכים מאוד. ב. השתמשנו במשוואות חיזוי של איכות מזון שפותחה בעזרת ספקטרום צואה שמקורם במיגדה, כרי דשא ונווה יער לחיזוי מנות שנאכלו ע"י פרות במרעה ליד יונתן (רמה"ג) וניאות גולן. המשוואות איפשרו ניטור חודשי טוב של מנות פרות ועזרו לקבלת החלטות לגבי איכלוס חלקות, עיתוי ואיכות תוספות מזון ומועד חשיפה לפרים.

ד"ח מפורט**מבוא**

בדיקות הרכב כימי ב-NIRS (Near Infrared Spectrometry) מבוססות על העובדה כי החזר אור בתחום ה-NIR (1100 עד 2500 ננומטר) שונה במולקולות בעלות קשרים אורגניים (CN, OH, CH) שונים. המידע נגזר מוויברציות של אטומי מימן הקשורים לפחמן וחמצן. כל דבר המשפיע על חוזק קשרי המימן, ז"א, סוג הקשרים הכימיים, המסתכם במרכיבים כימיים משאיר חותם ספקטראלי המפוענח ע"י מחשב בפחות מדקה (Norris et al., 1976). קביעת הרכב כימי ב-NIRS מחייבת רק ייבוש וטחינה של הדוגמאות, ללא מיצוי כלל. מכאן, שעלותו נמוכה יותר והנזק האקולוגי קטן יותר. עובדות אלה היו המניע העיקרי של המחקר הנוכחי. תוצאות הבדיקה בשיטת NIRS מתקבלות תוך מספר שניות, אין הרס של הדוגמא כמו בשיטות אחרות, כך שניתן לחזור על אותה אנליזה בשלב מאוחר יותר.

עיקרי הניסויים ב-2009**1. תכונות קרקע**

נמשוואות המקוריות פותחו בשנת 2009 עם מעבדת שירות בגילת בדגש על גוון הספקטראלי מירבי של דוגמאות הקרקע וכך ליצור כיולים יותר עמידים (robust). כך, העבודת מבוססת על 253 דוגמאות קרקע שמקורם בלב הנגב (מיגדה), לכיש (ניר ישראל), חבל עדולם (ישעי), משור החוף (פלמחים וניר גלים) וכתף הכרמל (רמת הנדיב). ממוצעים, סטיות תקן ומספרי דוגמאות עבור כל תכונה מובאים בטבלה 1. לא כל הכימיה הייתה זמינה עבור כל הדוגמאות, מלבד אלה ממיגדה ורמת הנדיב. הערכים ששעמשו כערכי יחס (reference values) התקבלו בעזרת השיטות להלן.

pH – נבדק ישירות בעיסה רוויה של קרקע (saturated soil).

EC – נבדק במיצוי עיסה רוויה (saturated soil extract) ונמדד ביחידות dS/m דציסימנס למטר.

N-NO₃ ואשלגן – נבדקים במיצוי של הקרקע בתמיסת סידן כלורי ע"י ריאקציה צבע (קולורימטרית) בשיטת NAS.

P – נבדק במיצוי אולסן (במקטע הזמין לצמח) בתמיסת נתרן ביקרבונט. חומר אורגני – נבדק בשיטה של שריפה רטובה (חמצון עם חומצה כרומית). קובץ הנתונים השני מקורו ב-LTER והרכבו להלן: 60 דוגמאות מעבדת, 47 מלהבים, 59 מרמת הנדיב, 59 מהר מירון ו-35 מעדולם, 264 דוגמאות בסה"כ (טבלה 2). הדוגמאות נסרקו בספקטרופוטומטר מתוצרת (Foss NIRSystems 5000 (Tecator, Hoganas, Sweden) בתחום אורכי הגל שבין 1,108nm ל-2,498nm. במרווחים של 2nm. חישוב הבליעה (Absorption) נעשה על בסיס המשוואה $A = \log(1/R)$.

על מנת לנטרל השפעות הנובעות מרטיבות, גודל חלקיק ופיזור אור (light scattering) העלולות לעוות את הספקטרה הרצויה, קיימות מספר שיטות לטיפול מתמטי בנתונים הספקטראליים. בניסוי זה השתמשנו בשיטת SNV (Standard Normal Variate) ו-de-trend (Barnes et al 1989) בשילוב של גזירה מתמטית בנגזרת ראשונה או שנייה. דוגמאות חריגות אותרו בעזרת 2 מאפיינים: (H-outliers; T-outliers). T-outliers אלה דוגמאות בעלות הפרש גדול בין הערך המצוי שלה (reference value) לערך החזוי. הסרת דוגמא כנ"ל משלב בניית משוואת הכיול הנה דרך אחת לשפר את דיוק הכיול, אך עם זאת לא בהכרח שיתקבל שיפור באיכות החיזוי של משוואת הכיול בחיזוי של דוגמאות בלתי ידועות. H-outlier הנה דוגמא בעלת בליעה ספקטראלית מאוד שונה מהבליעה הספקטראלית הממוצעת (של שאר הדוגמאות). דוגמאות כנ"ל עלולות להשפיע באופן ניכר על מודל הכיול. לכן יש לבדוק אם הבליעה השונה הינה תוצאה של טעות. באם זו טעות יש להוציאה מכלל הדוגמאות כדי לא לפגוע בדיוק של הכיול. באם הבליעה השונה באופן חריג אינה תוצאה של טעות, ע"י השארתה, ישנה אפשרות להרחיב את טווח השימוש בכיול הני"ל (Shenk et al, 1995). סולקו חריגים בעלי T ו-H העולים על 1.5 ו-2.5, בהתאמה. ההתאמה בין Reference values לבין ערכים ספקטראליים נעשתה בשיטת Modified Partial Least Squares לצורך בניית משוואת כיול השתמשנו בתוכנת ISI (Shenk and Westerhaus, 1989).

שני קריטריונים שימשו לקביעת איכות של משוואות כיול: קוויות (הנאמדת ע"י החלק היחסי של השונות בנתונים המצויים (reference data) המוסברת ע"י משוואת הכיול, R^2 ומהימנות הנאמדת ע"י שגיאת התקן של האימות המוצלב (Standard error of cross-validation-SECV). באימות שנעשה בשיטת Cross validation תוכנת WINISI חילקה את הדוגמאות לסטים פנימיים שחלקם שימשו לכיול וחלקם לאימות, לסרוגין. אמדן המהימנות SECV היא שונות הפרשים בין ערכים חזויים וערכים מצויים כאשר המשוואה מיושמת על הסט של דוגמאות לאימות שלא נטל חלק בכיול.

מעבר לדוגמאות מ-2007 (טבלה 1), בוצעה סדרת כיולים נפרדים של דוגמאות LTER (טבלה 2). חוברו שני הקבצים (2007 ו-2009) וחושבו שוב משוואות הכיול. רק עבור תכונות שהפגינו ערך הסף מעל של 3 של היחס בין SD ל-SEC בוצעו אימותים חיצוניים, ז"א, pH וחומר אורגני, הרכי

מעבדה של כל שנה הושוו לערכים חזויים לפי משוואות השנה האחרת וחושבו SEP (Standard error of prediction), ההטייה (bias) והשיפוע של הקורלציה בין ערכי מעבדה לבין ערכים חזויים.

טבלה 1: תכונות דוגמאות הקרקע ששימשו לכיולי NIRS ב-2007

	pH	EC dS/m	N mg/Kg	P mg/Kg	Kmg/Kg	OM%
min	6.5	0.5	1.1	2.5	30.7	0.06
max	8.1	2.43	54.9	103	267.4	7.38
avg	7.4	1.1	8.2	13.7	100.1	1.6
std	0.4	0.4	8.9	16.0	48.8	1.8
n	182	183	193	193	183	219

טבלה 2: תכונות דוגמאות הקרקע ששימשו לכיולי NIRS ב-2009

	pH	EC dS/m	Na meq/l	Ca mg/l	Mg mg/l	SAR	OM %	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	P mg/l	K mg/l
min	6.4	0.5	0.2	34.2	1.4	0.1	0.3	0.4	1.0	0.0	3.7
max	8.3	12.5	66.4	810.7	145.3	18.6	23.1	66.6	149.1	1.2	157.2
avg	7.4	1.7	3.7	228.5	46.6	1.4	4.7	6.6	40.3	0.2	23.9
std	0.47	1.43	8.96	159.0	30.5	2.76	3.81	8.19	31.97	0.18	26.90
n	263	263	263	263	263	263	263	263	263.0	261	263

טבלה 3: ביצועי כיוול של תכונות קרקע ב-NIRS (משוואות 2007): משוואות חיזוי מסומנות בצהוב עברו את ערך הסף ל-3 SD/SEC.

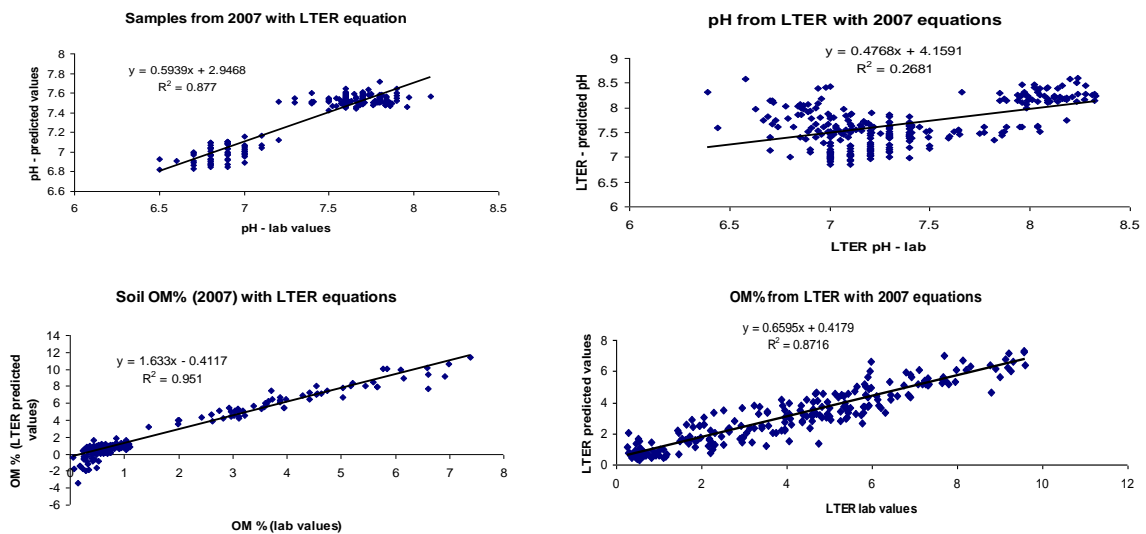
	N	Mean	SD	SEC	RSQcal	SECV	RSQcv	SD/SEC
P mg/Kg	175	9.88	6.05	2.45	0.84	3.31	0.70	2.5
K mg/Kg	173	96.20	45.32	11.58	0.93	18.31	0.84	3.9
OM %	203	1.37	1.58	0.14	0.99	0.18	0.99	11
pH	177	7.42	0.41	0.11	0.93	0.11	0.92	3.8
EC dS/m	169	1.06	0.36	0.18	0.75	0.18	0.74	2.0
N mg/Kg	174	6.05	4.76	2.27	0.77	2.79	0.66	2.1

לגבי OM, האימותים החיצוניים בשני הכוונים (דוגמאות LTER בעזרת משוואות 2007 ודוגמאות 2007 בעזרת משוואות LTER) הניבו ערכי R^2 גבוה: כשדוגמאות 2007 נחזו בעזרת משוואות LTER, הטעות בחיזוי OM הייתה 1.4; ובסדר ההפוך, 2.2 נקודות אחוז. השימוש במשוואות חיזוי עלול להיות לא מדויק לגבי ערכים נמוכים. איור 1 מראה גם כי האימות החיצוני נכשל לגבי pH. חיבור שני הקבצים עוד עשוי לשפר את הערך החיזוי של משוואות NIRS להרכב קרקע (טבלה 5). מכאן, סריקת דוגמאות קרקע מניסויים אקולוגיים ב-NIRS היא חלופה טובה לשיטות הקיימות.

טבלה 4: ביצועי כיוול של קרקעות LTER (2009): משוואות חיזוי מסומנות בצהוב עברו את ערך הסף 3 ל-SD/SEC.

Constituent	N	Mean	SD	SEC	RSQcal	SECV	RSQcv	SD/SEC
Ca mg/l	246	211.3	142.8	60.1	0.82	65.7	0.79	2.4
OM%	242	4.2	3.0	0.6	0.96	0.6	0.96	5.1
NO3 mg/kg	242	4.7	2.7	2.5	0.13	2.6	0.05	1.1
K mg/l	236	16.8	11.4	6.6	0.66	7.2	0.60	1.7
EC dS/m	241	1.4	0.6	0.4	0.61	0.4	0.59	1.6
Na meq/l	238	1.4	1.5	0.9	0.59	1.0	0.57	1.6
Ca mg/l	247	210.1	141.7	59.6	0.82	66.6	0.78	2.4
Mg mg/l	244	42.8	27.3	13.8	0.75	14.8	0.71	2.0
SAR	234	0.7	1.0	0.5	0.79	0.5	0.78	2.2
NH4 mg/kg	252	38.4	29.3	18.1	0.62	19.1	0.58	1.6
Pmg/l	235	0.1	0.1	0.1	0.13	0.1	0.08	1.1
pH	253	7.36	0.46	0.16	0.89	0.18	0.84	2.95

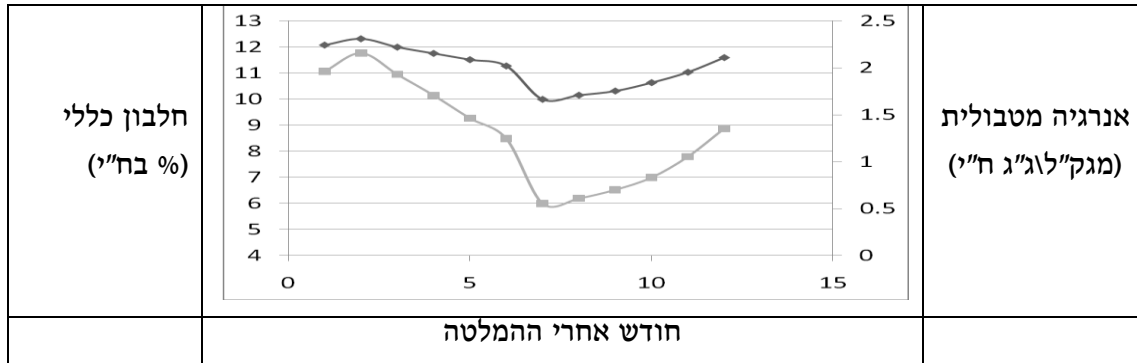
איור 1: אימותים חיזוני של חומר אורגני ו-pH



2. יישום fecal NIRS לקביעת המנה של בקר במרעה ברמת הגולן

ברשותנו משוואות חיזוי של מאפייני מנות הנאכלות ע"י בקר במרעה עשבוני. החיזוי נעשה בעזרת ספקטרום של גללים בתחום ה-NIR. המדובר בשימוש עקיף ב-NIRS. דיגום: בכל סוף חודש נדגמו 5 דוגמאות צואה מכל אחת מחלקות רעייה של עדר מבוא חמה (1000 ראש בקר) ובעדר של תיארי מונס (שדות אפיק ונחל מיצר, 140 ראש). כמו כן נדגמו 2 דוגמאות צומח ובלילים עבור כל קבוצת בקר. הדיגום נעשה לרוב ע"י הבוקרים והועבר לייבוש בנווה יער או לרמת הנדיב. הדוגמאות נטחנו ונסרקו בבית דגן.

תוצאות ניתנו תוך 5 ימים מיום האיסוף ונמסרו קודם להערכה ע"י מדריכת שה"מ ואח"כ לבוקרים בדוא"ל. איור 2 מראה את ערכי הסף המינימליים לפי NRC לבקר לבשר שאליהם הושוו תוצאות החיזוי. אנו התרענו על ריכוזי חלבון במנה



איור 2: ערכי סף לתכולות חלבון ואנרגיה במנה לפי NRC: ערכי המינימום הם 1.7 מג"ק ל ו-6% חלבון כללי, בהתאמה. ניתנו התרעות עבור ערכי אנרגיה וחלבון הפחותים מ-1.7 ו-7%, בהתאמה.

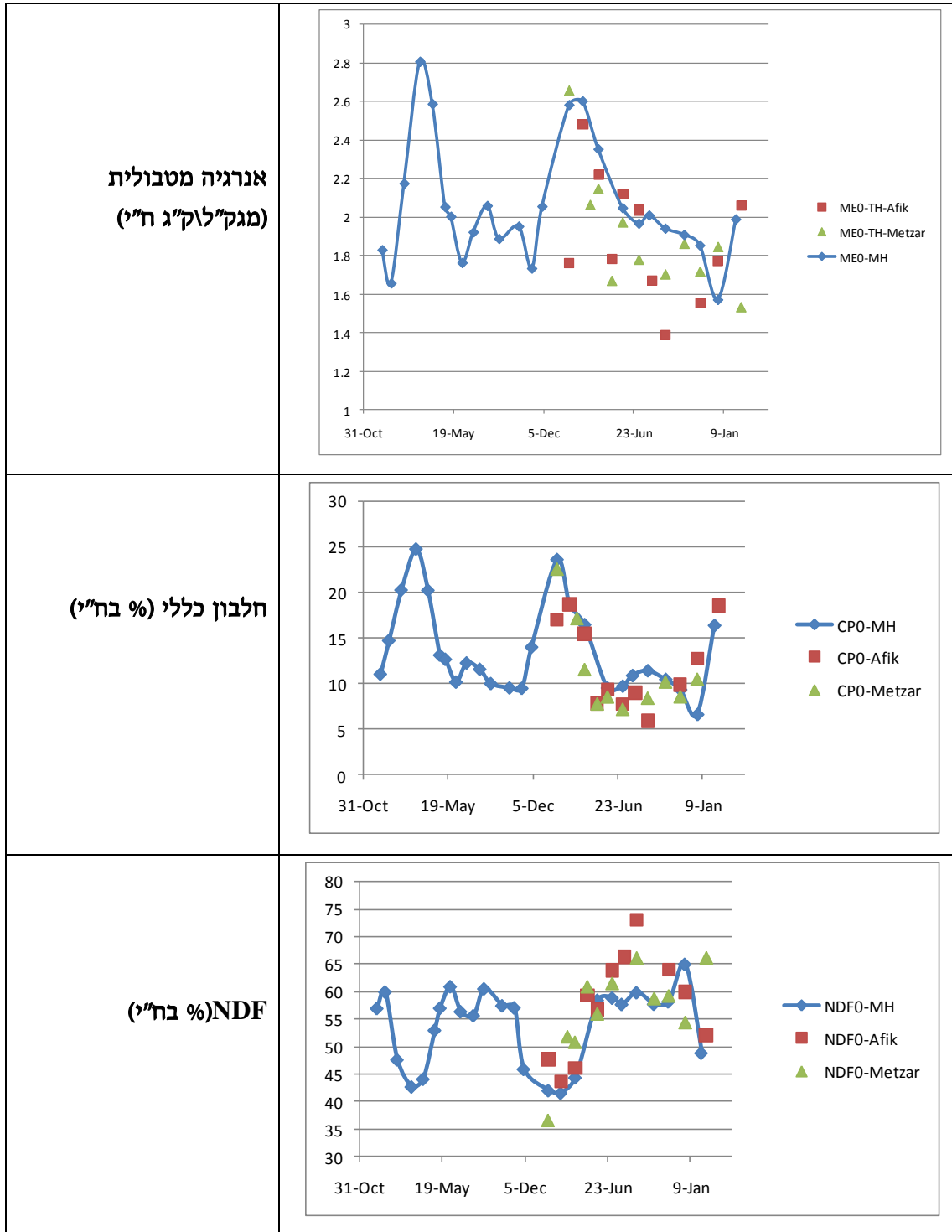
איורי 3 מראה את הרכב המנה שנצרכה ע"י הבקר לאורך שנתיים בג'וחאדר (עדר מבוא חמה) ושנה בשדות אפיק ומיצר. החיזוי הניב ערכים הגיוניים מבחינת שינויים עונתיים. הרכב הצואה שימש בקרה לחיזוי לפי העקרונות הבאים: ריכוז גבוה של חלבון בצואה משמעותו ריכוז גבוה של אנרגיה ואו חלבון במנה. ריכוז מרכיבי דופן תא גבוה בצואה משמעותו צריכת מנה גסה, ריכוז אפר גבוה, משמעותו צריכת מרעה צעיר ואו בליל עתיר זבל עופות. פותחה שיטה לקביעת שיעור הבליל בכלל המנה. עודף בליל במנה היה סיבה להעברת פרות. הפקת לקחים נעשתה תוך שבוע מהדיגום וכללה: העברת בקר לחלקות אחרות, דחייה בהגשת בליל, שינוי בתוכנית חשיפה של עגלות (בדיעבד החלטה טובה מאוד).

בעזרת החיזוי ב-Fecal NIRS ניתנו המלצות לבוקרים מתי להתחיל בתוספות מזון ונקבע מהו שיעור זבל עופות במנה. ניתנו התרעות על ערכי מנה לא מספיקים והבקר הועבר לחלקות אחרות או שונתה התוספת. דוגמת דו"ח שנשלח לבוקרים מובאת בטבלה 5. השימוש בצבעים שונים הקל על קריאת הדוחות.

ההשוואה בין שני המשקים מראה שתי אסטרטגיות שונות של התחלת תוספות מזון: מבוא חמה החלו בהקצאת תוספות במחצית מאי תחילת יוני וסיימו בנובמבר דצמבר ואילו, תיארי ניצל שלפים וקמל והחל בתוספות רק במחצית אוקטובר. כך, רמת הזנת הפרות הייתה נמוכה אצלו יותר בקיץ ובסתיו: ריכוז אנרגיה וחלבון יותר נמוך, ריכוז NDF יותר גבוה. במילים אחרות, הוכרחו הפרות לנצל יותר את הקמל אצלו, בהשוואה למבוא חמה. ממשק זה יוצר לחץ רעייה גדול יותר על השטח, תוך הפחתת התוספות (טבלה 6). לימוד ארוך טווח של ביצועי המשקים יאפשר לאושש או לשלול אפשרות זאת.

איור 2: ריכוזי אנרגיה מטבולית, חלבון כללי ו-NDF במנות הבקר ברמת הגולן במשך שנתיים

Fecal NIRS בעזרת



טבלה 5: דוגמת ד"ח לבוקרי מבוא חמה

Sample Identification String One		Sample Identification String	נעלית	ME	אפר	חלבון	NDF
feces from m'h 28/12/10	vav	eder stav	53.37	1.84	18.8879	9.6901	59.2523
feces from m'h 28/12/10	vav	eder stav	45.62	1.57	18.9615	7.6167	65.2902
feces from m'h 28/12/10	vav	eder stav	37.73	1.30	19.8233	5.061	70.854
feces from m'h 28/12/10	vav	eder stav	51.43	1.77	17.9823	8.0554	59.6543
feces from m'h 28/12/10	vav	eder stav	39.48	1.36	19.5626	4.7848	70.8736
				מוצע	1.57	19.04	7.04
				חודש קודם	1.51	19.1	6.5
feces from m'h 28/12/10	saki	<none>	53.70	1.85	19.5729	8.5839	59.7291
feces from m'h 28/12/10	saki	<none>	47.62	1.64	18.8789	4.6053	66.9735
feces from m'h 28/12/10	saki	<none>	47.37	1.63	20.4201	4.904	66.1043
feces from m'h 28/12/10	saki	<none>	42.03	1.45	20.5661	4.6294	69.6328
feces from m'h 28/12/10	saki	<none>	47.32	1.63	20.8084	4.4603	67.2797
				מוצע	1.64	20.05	5.44
				חודש קודם	1.89	18.98	7.99
feces from m'h 28/12/10	tet	<none>	42.59	1.47	18.98344	7.99	62.2162
feces from m'h 28/12/10	tet	<none>	44.65	1.54	21.3643	5.9577	63.0736
feces from m'h 28/12/10	tet	<none>	46.83	1.61	21.3445	7.9962	64.529
feces from m'h 28/12/10	tet	<none>	44.82	1.54	20.9422	7.228	63.4127
feces from m'h 28/12/10	tet	<none>	39.92	1.37	22.3118	7.8339	65.8854
				מוצע	1.51	20.99	7.40
				חודש קודם			

טבלה 6: הקצאת מזונות לפרה לשנה (ק"ג ח"י) בשני משקי הסקר

	תיארי	מבוא		
	זבל	שזרות-עגב	זבל	
		112	800	2009
	200	500	890	2010

דיון ומסקנות

1. NIRS להרכב קרקע

דעות חוקרים חלוקות לגבי הצידוק שבשימוש ב-NIRS לבדיקות קרקע. זאת, מפני שרק קשרים אורגניים "נראים" בתחום ה-NIR ויסודות רבים נמצאים בקרקע בצורה מינראלית. לגבי חומר אורגני בקרקע, מיגבלה זו לא קיימת וקיימת הסכמה ש"א בקרקע נקבע בהצלחה ע"י NIRS (Salgo et al, 1998; Reeves et al., 1999). בתחום תכולות ח"א דומה לשלנו, מהימנות החיזוי הייתה 0.28% בהונגריה (Salgo et al, 1998). Reeves et al., 1999 ואחרים אחריו דווחו על הצלחה בחיזוי סה"כ N בקרקע. בניגוד, החנקן המינראלי הנקבע באופן שגרתי במעבדת גילת לא יכול להקבע ע"י NIRS. לגבי חומציות הקרקע, בארה"ב Reeves et al., 1999 הראו כי ניתן לחזות חומציות בקרקעות במהימנות של 0.2%. אולם נראה כאן כי רק לכיולים של ח"א בקרקע סיכוי ליישום מהיר.

2. NIRS לקביעת איכות מנה במרעה

קיימים מערכים לחיזוי בראה"ב (Ganlab; Lyons and Stuth, 1992, Lyons et al., 1995) ואוסטרליה (Coates, 2000) וכעת גם בישראל. הבוקרים השתתפו ברצון בפרויקט, העריכו אותו מאוד ואף מוכנים לשלם עבור הניטור. מר"פ צפון התחיל להשתתף במימון וכעת קיימות בקשות להצטרפות מעדרים בבינימינה ומנאות גולן.

ספרות מצוטטת

- Barnes, R.J., Dhanoa, M.S., Lister, S.J., 1989. Standard normal variate transformation and de-trending of near-infrared diffuse reflectance spectra. *App. Spectr.* 43, 772-777.
- Coates, D., B. 2000 - Faecal NIRS-what does it offer today's grazier? *Tropic. Grassl.* 34, 230-239
- Confalioneri, M., Fornasier, F., Ursino, A., Boccardi, F., Pintus, B., Odoardi, M., 2001. The potential of NIRS as a tool for the chemical characterisation of agricultural soils. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 9, 121-131.
- Lyons, R.K., Stuth, J.W. (1992). Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. *J. Range Manage.*, 45: 238-244.
- Lyons, R.K., Stuth, J.W., Angerer, J.P. (1995). Technical note: fecal NIRS equation field validation. *J. Range Manage.*, 48: 380-382.
- Norris, K.H., Barnes, R.F., Moore, J.E., Shenk, J.S., 1976. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *J. Anim. Sci.* 43, 889-897.
- Reeves, J, B., MaCarty,G.W., Meisinger, J.J., 1999. Near infrared reflectance spectroscopy for the analysis of agricultural soils. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 7, 179-193.
- Salgo, A., Nagy, J., Tarnoy, J., Marth, P., Palmai, O., Szabo-Kele, 1998. Characterisation of soils by the near-infrared technique. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 6, 199-203.
- Shenk, J.S., 1989. Monitoring analysis results. P.27-28/ in: Maren, G.C., Shenk, J.S. and Barton II, F.E. (eds). *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality*, USDA Agr. Handb. No.643.
- Shenk, J.S. and Westerhaus, M.O., 1994. The application of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to forage analysis. In: Fahey, G.C., Jr Collins, M., Mertens, D.R. and Moser, L.E. (eds) *Forage quality, evaluation, and utilization*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. 406-449.

סיכום עם שאלות מנחות

<p>מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכניות העבודה.</p> <p>1. כיולי תכונות קרקע דרושים לחוקרי מרעה לשם הבנת תהליכי דישון ופוריות קרקע</p> <p>2. הערכת יישומות fecal NIRS כשיטה לניטור תזונת בקר במרעה.</p>
<p>עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופת הדו"ח.</p> <p>בוצע אימות חיצוני לכיול NIRS של תכולת חומר אורגני בקרקע. השיטה ישימה אך לא מדויקת בריכוזים נמוכים; ניתן לעקוב אחר תזונת בקר במרעה עשבוני ע"י ניתוח ספקטראלי של צואה.</p>
<p>המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. הגענו לשלב שבו ניתן להחליף את חימצון הדיכרומט – שיטה מסוכנת ומזהמת – ע"י סריקת NIRS לקביעת חומר אורגני בכל קרקעות ישראל. יש ביכולתנו לבצע ניטור של תזונת בקר במרעה עשבוני.</p>
<p>הבעיות שנוותרו לפיתרון. הרחבת השונות הספקטראלי של הקרקע לשיפור היציבות של הכיולים.</p>
<p>פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)</p>
<p>רק בספריות <input type="checkbox"/></p>
<p>ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) V <input type="checkbox"/></p>
<p>חסוי – לא לפרסם <input type="checkbox"/></p>
<p>האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן* - לא -</p>

איור 2: בדיקות איכות מרעית וחיזוי מאפייני מנות שנצרכו ע"י הבקר בג'וחאדר (ליד יונתן, רמה"ג)

