



2003-2003

תקופת המחקר:

257-0191-03

קוד מחקר:

Subject: Using Near Infrared Spectrometry to evaluate the nutritional quality of pasture

Principal investigator: ERAN RAVEH

Cooperative investigator:

Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O)

שם המחקר: שימוש ב-NIR - לקביעת איכות מרעית עשבונית ושיחית

חוקר ראשי: ערן רוה

חוקרים שותפים:

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן 50250

תקציר

קביעת ערך תזונתי של מרעה בעזרת NIRS פשוטה וזולה, בהשוואה לבדיקות כימיה קלאסית. עד כה, העלות של הבדיקות מנעה מענף המרעה לבצע בדיקות איכות של מרעית. ביצענו כיולים לחלבון כללי, משתני דופן תא (ד"ת, ADF, NDF) ונעכלות כרמ"ל במאגר שכלל מעל ל-2000 דוגמאות של צמחי שעורה, חיטה, סורגום, קטניות חריע, דוגמאות מרעית, תחמיצים, רפד פיטום ובלילים של מזון כולי הנאבס לבקר. בעלוות שיחי חורש כילנו בנוסף טאנינים בשלש שיטות. איכות הכיולים, המתבטאת ב- R^2 ו-SECV (שגיאת תקן של אימות מוצלב) הייתה דומה לזו המתוארת בספרות. לגבי עלוות שיחים, פיתחנו שיטה חדשה וזולה לקביעת קשירת PEG ע"י טאנינים ב-NIRS. כיולי חלבון, נעכלות כרמ"ל וד"ת אופרטיביים היום בכל האוסף, המכסה את כל תחום המזונות של בקר לבשר במרעה. בדיקות איכות של מרעית טבעית או זרועה, ושל מספוא ב-NIRS מבוצעות כעת באופן שיגרתי ע"י 11 חוקרים במינהל המחקר החקלאי ומחוצה לו במעבדת NIRS בגדיש. המשך פיתוח הכיולים יתרכז בחומרים משניים של צמחים ותכונות קרקע.

ד"ר סופי להנהלת ענף מרעה ולמדען הראשי: תוכנית 257-0191-03

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

, א. ברוש המח' לבקר, מינהל המחקר החקלאי, נווה יער

י. ברוקנטל המח' לפיזיולוגיה, הזנה ורבייה של בקר, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

50250

S. Landau, L. Devash, Department of Natural Resources and Agronomy, vclandau@agri.gov.il
Institute of Field and Garden Crops, ARO, Bet Dagan, 50250

A. Brosh, Department of Beef Science, Newe Yaar Research Center, P.O. brosha@netvision.net.il
Box 1021 Ramat Yishai

L. Lifshitz, I. Bruckental, Department of Dairy Cattle Physiology, brucken@agri.huji.ac.il
Nutrition and Reproduction, ARO, Bet Dagan, 50250

ינואר 2004

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

התימת החוקר

רשימת פירסומים

Landau, S., Dvash, L., Decandia, M., Cabiddu, A., Shapiro, F., Molle, G., Silanikove,
N. 2004. Determination of Poly (Ethylene glycol)-binding to browse foliage as an
assay of tannin, by NIRS. J. Agric. Food. Chem. (in press)

תקציר

קביעת ערך תזונתי של מרעה בעזרת NIRS פשוטה וזולה, בהשוואה לבדיקות כימיה קלאסית. עד כה, העלות של הבדיקות מנעה מענף המרעה לבצע בדיקות איכות של מרעית. ביצענו כיולים לחלבון כללי, משתני דופן תא (ד"ת, ADF, NDF) ונעכלות כרמ"ל במאגר שכלל מעל ל-2000 דוגמאות של צמחי שעורה, חיטה, סורגום, קטניות חריע, דוגמאות מרעית, תחמיצים, רפד פיטום ובלילים של מזון כולי הנאבס לבקר. בעלוות שיחי חורש כילנו בנוסף טאנינים בשלש שיטות. איכות הכיולים, המתבטאת ב- R^2 ו-SECV (שגיאת תקן של אימות מוצלב) הייתה דומה לזו המתוארת בספרות. לגבי עלויות שיחים, פיתחנו שיטה חדשה וזולה לקביעת קשירת PEG ע"י טאנינים ב-NIRS. כולי חלבון, נעכלות כרמ"ל וד"ת אופרטיביים היום בכל האוסף, המכסה את כל תחום המזונות של בקר לבשר במרעה. בדיקות איכות של מרעית טבעית או זרועה, ושל מספוא ב-NIRS מבוצעות כעת באופן שיגרתי ע"י 11 חוקרים במינהל המחקר ומחוצה לו במעבדת NIRS בגד"ש. המשך פיתוח הכיולים יתרכז בחומרים משניים של צמחים ותכונות קרקע.

מבוא

המרעה העשבוני הישראלי מאופיין ברבגוניות הרבה שלו. הרכב הצמחיה הן מבחינה בוטנית והן מבחינת התכולה הכימית תלוי במגבלות אקלימיות (כגון כמות משקעים ואופן חלוקתם, טמפרטורה), בטוואי השטח (שיפוע, מפנה) וכן בממשק הרעיה. ערך המרעית עבור מעלי גירה תלוי במרכיבים כימיים. לצריכה קשר חיובי עם ריכוז החלבון והפחממות המסיסות, ושלילי עם ריכוז דופן תא צמחי (NDF). הנעכלות, שנגזר ממנה הערך האנרגטי, קשורה באופן חיובי עם תכולת החלבון ובאופן שלילי עם תכולת ה-ADF. הבדיקות הקלאסיות של מרכיבים אלה יקרות ביותר (טבלה 1). היוקר נובע בעיקר מעלות כוח אדם, מפני שבשיטות הנפוצות של "כימיה רטובה", הספק כ"א בבדיקות מספוא הוא נמוך. בפועל, בגלל עלות הבדיקות לא קיים בארץ בסיס נתונים של הרכב כימי של מרעית על כל סוגיה.

בדיקות הרכב כימי ב-NIRS (Near Infrared Spectrometry) מבוסס על העובדה כי החזר האנרגיה בתחום 700 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. מכאן, שעלותו נמוך יותר (טבלה 1). עובדה זאת הייתה המניע העיקרי של המחקר הנוכחי. יתרונותיה נוספים של שיטה זו הם בכך שלאחר שנבנתה משוואת כיוול למרכיב מסוים, ניתן לקחת כל דוגמא ולקבל תוצאה ללא צורך בשימוש בחומרים כימיים. תוצאות הבדיקה בשיטת NIRS מתקבלות תוך מספר שניות, אין הרס של הדוגמא כמו בשיטות אחרות, כך שניתן לחזור על אותה אנליזה בשלב מאוחר יותר.

טבלה 1: השוואה בין מחירי שוק של בדיקות מספוא הרלוואנטיות לענף המרעה לבין עלותן

הצפויה ב-NIRS

סעיף	צפי עלות ב-NIR	מחיר לבדיקה באפריל 2002
חומר יבש	לא ייקבע	35
אפר		29
חלבון כללי		111
NDF	35	73
ADF		73
ליגנין		73
נעכלות כרמ"ל		300

כבר ב-1976, הוכיחו Norris ממציא טכנולוגית ה-NIRS וחוב' כי ניתן לחזות תכולות חלבון, תכונות דופן התא (NDF, ADF, ליגנין) ונעכלות בעזרת NIRS. שיטות NIRS מקובלות כיום רשמית ע"י AOAC לבדיקת חומר יבש, חלבון כללי (ח"כ) ומקטעי סיב (ADF, NDF, ליגנין). שיטות לבחירת דוגמאות, קליברציה (כיול) ווולידציה (אימות) של NIRS סוכמו ע"י Shenk and Westerhaus (1994). המכון לגד"ש רכש מכשיר NIRS מתוצרת FOSS NIR-SYSTEMS בתחילת שנת 2000 ותוכנת WinISI II לעיבוד מידע ספקטראלי (עיבוד מתמטי מבוסס על $\text{Log}(1/R)$). החלנו בשיתוף עם המעבדה של המכון לבע"ח כדלקמן: מעבדת גד"ש מבצעת בדיקות כרמ"ל וכל בדיקות NIRS ומעבדת בע"ח מבצעת כימיה רטובה לחלבון, אפר ומרכיבי סיב צמחי. שתי התכונות העיקריות הקובעות איכות מספואוֹמרעית הן חלבון ותכולת אנרגיה זמינה. התכולה האנרגטית יכולה להגזר מנעכלות בכרס מלאכותית (כרמ"ל) או מתכולת מרכיבי דופן תא ואפר, ע"י שימוש במשוואות רגרסיה.

המטרה של במחקר הנוכחי הייתה לבנות משוואות כיול לבדיקה ב-NIRS של מרכיבים כימיים שיש להם חשיבות בממשק מרעה בישראל.

חומרים ושיטות

מאחר ושיטת NIRS הנה שיטה בלתי ישירה, ישנם מספר שלבים הכרחיים שבעזרתם ניתן לבנות משוואות כיול המאפשרות למכשיר ה-NIR לקשר בין נתוניו הספקטראליים של חומר מסוים לבין מרכיביו הכימיים. השלבים הם:

- איסוף דוגמאות המייצגות את אוכלוסיית המטרה (קוואדרטים של מרעית טבעית או זרועה, זבל עופות, דוגמאות של צומח מעוצה).
- אנליזה כימית שלהן לצורך קבלת נתוני reference.
- סריקת הדוגמאות במכשיר NIR בטווח שבין 1100 – 2498nm.
- טיפול מקדים בגרפים הספקטראליים בכדי לנטרל השפעות כגון רטיבות, גודל חלקיק ופיזור אור (light scattering) העלולות לעוות את הספקטרה הרצויה.

- בניית משוואת כיול ע"י מודל הכיול מתאים.
- אימות (validation) משוואת הכיול ע"י מגוון דוגמאות שעברו אנליזה כימית בשיטות קלאסיות ומשמשות לצורך זה.
- לאחר ביצוע השלבים הנ"ל ניתן לסרוק דוגמאות בלתי ידועות ולקבל נתונים על המרכיב הרצוי ע"י בדיקה פשוטה בספקטרומטר בתחום ה-NIR.

סריקת הדוגמאות במכשיר ה-NIR

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 $A = \log(1/R)$.

טיפול מקדים בגרפים ספקטראליים ובניית משוואות כיול

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 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 הנ"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 שנועשה בשיטת Cross validation תוכנת WINISI חילקה את הדוגמאות לסטים פנימיים שחלקם שימשו לכיול וחלקם לאימות, לסרוגין. אמדן המהימנות SECV היא שונות ההפרשים

בין ערכים חזויים וערכים מצויים כאשר המשוואה מיושמת על הסט של דוגמאות לאימות שלא נטל חלק בכיול.

Reference values - "כימיה רטובה"

תכולת ADF ו-NDF נקבעו לפי AOAC (1984). חלבון כללי נקבע בשיטת Kjeldal חצי אוטומטית במכשיר מתוצרת Tecator מדגם 1030 Kjeltec Analyzer (Sweden). הנעכלות נקבעה בכרס מלאכותית (כרמ"ל) של Tilley and Terry (1963). טאנינים קושרי PEG נקבעו בעזרת PEG רדיטאקטיבי (Silanikove *et al*, 2001). טאנינים מעובים וסה"כ פוליפנולים נקבעו לפי Makkar (2000).

תוצאות ודיון

נעשה מאמץ להגדלת השונות הפנימית, כדי להגדיל את ה Robustness (היכולת לחזות תכונות של צמחים שלא זהים לאלה באוכלוסית הכיול) של כל כיול. בתחום הצומח נבנו משוואות כיול של איכות דגני חורף (שעורה וחיטה ממיגדה ובית דגן, טבלה 2), סורגום (כמודל של דגן קייצי, טבלה 3), קטניות (אספסת, תלתן, אפונה ובקיה מאשל הנשיא, מיגדה ובית דגן, טבלה 4), ר"ע אחרים (חריע, טבלה 5) ושיחי חורש (מישראל ומסרדיניה, טבלה 6). בתחום המזונות לבקר, נבנו כיולים לרפד פיטום (טבלה 7), תחמיצים (מלולים שונים באיזור הצפון ומרכזי מזון במרכז הארץ, טבלה 8) ובלילים של מזון כולי (טבלה 9). בכל אחת משנות הפרויקט בוצעה תחזוקת כיולים, ז"א, ביצוע בדיקות כימיה רטובה מדוגמאות חריגות מבחינת המבנה הספקטראלי. זאת, במטרה להגדיל את שונות הדוגמאות בכל כיול, להגדלת ה Robustness ושיפור המהימנות. בטבלאות מובאות רק התוצאות בסוף הפרויקט (ינואר 04). השוואות של כיולינו עם אלה השתארו בספרות נמצאות בטבלה 10. הדיון על איכות כל כיול צריך להעשות מול ספרות קיימת ומול המהימנות של SE (חיזוי) של כימיה הרטובה המקבילה (כפי שסוכמה ע"י Dryden, 2003).

חלבון כללי: ערכי R^2 של חיזוי החלבון נעו בין 0.93 (קטניות ושיחי חורש) ל-0.99 (דגנים). מהימנות חיזוי החלבון הכללי במרעית ומזונות הבקר נעה בין 0.45% (סורגום) ל-1.0% (קטניות). מהימנות החיזוי היתה נמוכה יותר בשיחי חורש (1.6%) ורפד פיטום (2.5%). בטבלה 9 מובאים לשם השוואה מספרי מהימנות מעבודות בספרות (הכלולים בין 0.42 ל-1.0%). המהימנות הנמוכה של חיזוי N בזבלים נובעת כנראה מכו שלא כל החנקן הוא חלבון אמיתי (כ-50% ממנו חומצת שתן). לגבי שיחי חורש המצטיינים בהטרוגניות שלהם, יש קושי לוודא שדוגמה העוברת בדיקה רטובה זהה לחלוטין מהדוגמה הנסרקה ב-NIRS. אולם, הנתונים מראים כי חיזוי החלבון בכל חומר הנאכל ע"י בקר במרעה (ממרעית עד בליל ועד זבל) ניתן לחיזוי איכותי במעבדת NIRS של גד"ש. מהימנות הכיולים דומה לזאת המתוארת בספרות (טבלה 10). את איכות הכיולים, יש להשוות ל-between and intra-assay SE של כ-0.45% בבדיקות חלבון במזונות (Dryden, 2003).

משתני דופן תא: ערכי R^2 של חיזוי NDF נעו בין 0.88 (סורגום) ל-0.97 (חריע). מהימנות החיזוי של NDF נעה בין 1.7% (תחמיצים) ל-4.2% (שיחי חורש). ערכים שנמצאו במספוא דומים לאלה שבספרות (טבלה 10), אך אומדן NDF בשיחי חורש אינו מהימן דיו. ערכים דומים של R^2 התקבלו עבור כיול ADF. מהימנות כיול זה היתה בין 1.3% ל-2.2% בדוגמאות של מספוא ומרעה,

ו-2.9% בדוגמאות חורש. לשם השוואה, SE פנימי של "הכימיה הרטובה" הוא 1.4% ל-NDF ו-1.7% ל-ADF (Dryden, 2003). מכאן שהמהימנות בבדיקות ה-NIRS של מזונות (אך לא שיחי חורש) דומות לאלה של כימיה רטובה.

נעכלות כרמ"ל: ערכי R^2 של חיזוי נעכלות החומר היבש (כרמ"ל) היו בד"כ נמוכים בהשוואה לאלה של המשתנים הכימיים, כפי שגם נמצא בספרות (טבלה 10). מהימנות החיזוי הייתה טובה מאוד רק עבור קטניות (1.0%), ובסדר גודל 3% בכל יתר הדוגמאות, בהשוואה לכ-2% בספרות. **טאנינים בשיחי חורש:** נמצאה שיטה חדשה (כיול של קשירת PEG, ללא מיצוי) מבוססת על NIRS (Landau et al., 2004) לאפיון ההשפעה התזונתית של טאנינים בצמחי מרעה. R^2 היה 0.97 ו-SEC V 1.2%. שיטה זו מדויקת יותר מקביעת סה"כ פוליפנולים או טאנינים מעובים אחרי מיצוי (טבלה 6).

טבלה 2: חיזוי ההרכב הכימי של דגני חורף בשלבים פנולוגיים שונים ממגדה (שעורה וחיטה), גילת (שעורה וחיטה) ובית דגן (שעורה).

מס. דוגמאות	שגיאת תקן של האימות	מקדם חיזוי (R^2)	
אפר	0.63	0.94	
NDF	2.1	0.96	
ADF	1.26	0.97	
חלבון כללי	0.85	0.99	
נעכלות כרמ"ל	3.7	0.84	

טבלה 3: חיזוי ההרכב הכימי של סורגום בשלבים פנולוגיים שונים ממגן, ברקאי ובית דגן (זנים "רגילים" ו-BMR)

מס. דוגמאות	שגיאת תקן של האימות	מקדם חיזוי (R^2)	
NDF	2.8	0.88	
ADF	1.8	0.89	
ADL	0.96	0.90	
חלבון כללי	0.45	0.99	
נעכלות כרמ"ל	3.7	0.77	

טבלה 4: חיזוי ההרכב הכימי של צמחי קטניות עשבוניים (ירק ושחת)

	מס.	שגיאת תקן של האימות	מקדם חיזוי (R^2)	
אפר	50	1.4	0.90	
NDF	110	2.8	0.93	
ADF	110	1.8	0.91	
חלבון כללי	111	1.0	0.93	
נעכלות כרמ"ל	70	2.9	0.94	

טבלה 5: חיזוי הרכב הכימי של צמחי חריע בשלבים פנולוגיים שונים ממגדה, גילת ובית דגן.

	מס.	שגיאת תקן של האימות	מקדם חיזוי (R^2)	
אפר	189	0.82	0.96	
NDF	195	2.8	0.97	
ADF	197	2.2	0.97	
חלבון כללי	196	1.0	0.98	
נעכלות כרמ"ל	210	2.8	0.97	

טבלה 6: חיזוי ההרכב הכימי של שיחי חורש

	מס.	שגיאת תקן של האימות	מקדם חיזוי (R^2)	
NDF	421	4.2	0.91	
ADF	417	2.9	0.89	
חלבון כללי	422	1.3	0.94	
נעכלות כרמ"ל	144	3.1	0.97	
טאנינים מעובים	147	2.3	0.86	
קשירת PEG	133	1.2	0.97	
סה"כ פוליפנולים	41	2.7	0.78	

טבלה 7: חיזוי ההרכב הכימי של תחמיצים (חיטה, תירס, סורגוס, חריע)

מס. דוגמאות	שגיאת תקן של האימות	מקדם חיזוי (R^2)
אפר	41	0.98
NDF	42	0.91
ADF	42	0.95
חלבון כללי	41	0.98
נעכלות כרמ"ל	30	0.72

טבלה 8: חיזוי ההרכב הכימי של זבלים וקומפוסטים

מס. דוגמאות	שגיאת תקן של האימות	מקדם חיזוי (R^2)
אפר (%)	60	0.91
pH	57	0.95
אמון (ח"מ)	42	0.91
(%) N	58	0.97
C/N	59	0.98

טבלה 9: חיזוי ההרכב הכימי של בלילים של מזון כולי הנאבס לבקר

מס. דוגמאות	שגיאת תקן של האימות	מקדם חיזוי (R^2)
אפר (%)	129	0.86
NDF	128	0.94
ADF	117	0.98
חלבון כללי	129	0.98
נעכלות כרמ"ל	148	0.89

רשימת המשתמשים בכיולי NIRS שפותחו במשך הפרויקט מובאת בטבלה 11. עלות סריקה אחת היא 35 ש"ח (להשוואה, ראה טבלה 1). עלות זו מאפשרת לתחזק את המכשיר, לממן כימיה רטובה לתחזוקת כיולים ולעדכן ציוד. הורדת מחיר הבדיקות איפשרה לראשונה לערוך סקרים סיסטמטיים של איכות המרעה במיגדה, כרי דשא ואתרים בעדולם, בכרמל וברמת נגב. הכיולים מכסים את כל מגוון המזונות אשר בשימוש של בקר וצאן במרעה, כולל תוספי מזון.

כמה כיוולים חשובים עדיין חסרים: ליגנין (חלקית), נעכלות NDF (אשר משמשת לחשב תכולת אנרגיה במנות בקר, לפי NRC אחרון), חנקות, טרפנים ואלקלאוואידים (המהוות סכנה לבקר במרעה), היחס בין דגנים לקטניות בתערובת אקראית של צמחים. בנוסף, אף כי NIRS מבוסס על קשרים אורגניים, הראנו בכיוולים של זבלים וקומפוסטים כי תכונות של קרקע (חומר אורגני, C/N, pH) ייתכן כי ניתן לחזותם ב-NIRS. בכוונתנו להשלים את החסר בתוכנית המשך.

טבלה 10: מהימנות כיולי NIRS של איכות תזונתית במספוא ומרעית בספרות.

כיוול	Reference	SEP/SECV	R ²	הצומח
חלבון כללי	Marten <i>et al</i> , 1984	0.42	0.98	שחת אספסת
	Marten <i>et al</i> , 1984	1.00	0.97	תערובת קטניות
	Bertrand <i>et al</i> , 1987	0.81	0.96	שחת אספסת
	Brown & Moore, 1987	0.83	0.95	Star/Bermuda grass
	Brown <i>et al</i> , 1990	0.92	0.92	Bermuda grass
	Garcia-Ciudad <i>et al</i> , 1993	0.57	0.90	תערובת מרעה עשבוני
נעכלות				
כרמ"ל	Bertrand <i>et al</i> , 1987	2.2	0.89	אספסת
כרמ"ל	O' Keefe <i>et al</i> , 1987	3.0	0.72	תחמיץ דגן
Pepsin-cellulase	Smith and Flinn, 1991	2.5	0.86	ירק דגן וקטניות
Pepsin-cellulase	Meuret <i>et al</i> 1993	2.1	0.99	עלוות שיחי חורש
משתני דופן תא				
ADF	Norris <i>et al</i> , 1976	2.5	0.90	שחתות
ADF	Meuret <i>et al</i> 1993	2.4	0.97	עלוות שיחי חורש
ADF	Garcia-Ciudad <i>et al</i> , 1993	1.4	0.76	תערובת מרעה עשבוני
NDF	Garcia-Ciudad <i>et al</i> , 1993	2.1	0.86	תערובת מרעה עשבוני
NDF	Norris <i>et al</i> , 1976	5.3	0.92	שחתות
NDF	Meuret <i>et al</i> 1993	2.1	0.99	עלוות שיחי חורש

טבלה 11: רשימת משתמשים בכיולי NIRS שפותחו במסגרת הפרויקט הנוכחי.

משתמשי מעבדת NIRS של מכון ג"ש: כיולים שפותחו במסגרת פרויקט זה					
				וולקני	לנדאו
				וולקני	אונגר
				וולקני	פרבולוצקי
			בדיקות מספוא ומרעה, כימיה של צמחי חורש	וולקני	לשם
				וולקני	קיפניס
				וולקני	גילי
				מיג"ל	הנקין
			כימיה של שיחים	בן-גוריון	דגן
			כימיה של זבלים	מיג"ל	דנאי
			בדיקות מספוא ומרעה, כימיה של צמחי חורש	מ. החקלאות	פרידמן
				מ. החקלאות	וורנר

- רשימת פירסומים

Landau, S., Dvash, L., Decandia, M., Cabiddu, A., Shapiro, F., Molle, G., Silanikove, N. 2004. Determination of Poly (Ethylene glycol)-binding to browse foliage as an assay of tannin, by NIRS. J. Agric. Food. Chem. (in press)

ספרות

AOAC, 1984. Official methods of Analysis, 14 th Ed., Wahington, DC.
 Barnes, R.J., Dhanoa, M.S., Lister, S.J., 1989. Standard normal variate transformation and de-trending of near-infrared diffuse reflectance spectra. *App.Sspectr.* 43, 772-777.

- Bertrand, D., Lila, Furtoss, V., Robert, P., Downey, G. 1987. Application of principal component analysis to the prediction of Lucerne forage protein content and in vitro DM digestibility by NIR spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.*, 41, 299-307.
- Brown, W.F., Moore, J.E. 1987. Analysis of forage research samples utilizing a combination of wet chemistry and near infrared reflectance spectrometry. *J. Anim.Sci.*, 64, 271-282.
- Brown, W.F., Moore, J.E., Kunkle, W.E., Chambliss, C.G., Portier 1990. Forage testing using near infrared reflectance spectroscopy. *J. Anim. Sci.*, 68, 1416-1427.
- Dryden, G. Mcl. 2003. Near Infrared reflectance Spectroscopy: applications in deer nutrition. <http://www.rirdc.gov.au>.
- Garcia-Ciudad, A., Garcia-Criado, B., Perez-Corona, M.E., Vazquez de Aldana, B.R., Ruano-Ramos, A.N. 1993. Application of NIRS to chemical analysis of heterogeneous and botanically complex grassland samples. *J. Sci. Food Agric.*, 63, 419-426.
- ISI. 1999. WinISI II, the complete software solution for routine analysis, robust calibrations and networking. Version 1.02A. Infracsoft International, Port Matilda, PA (USA).
- Landau, S., Dvash, L., Decandia, M., Xabiddu, A., Shapiro, F., Molle, G, Slilanikove, N. 2004. Determination of Poly (Ethylene glycol)-binding to browse foliage as an assay of tannin, by NIRS. *J. Agric. Food. Chem.* (in press)
- Makkar, H.P.S 2000. Quantification of tannins in tree foliage: A laboratory manual for the FAO/IAEA Co-ordinated Research project on "Use of Nuclear and related techniques to develop simple tannin assays for predicting and improving the safety

and efficiency of feeding ruminants on tanniniferous tree foliage".

<http://www.iaea.org/programmes/nafa/d3/index.html>. IAEA (Wien, Austria).

Marten, G.C., Brink, G.E., Buxton, D.R., Halgerson, J.L., Hornstein, J.S., 1984. Near Infrared reflectance spectroscopy analysis of forage quality in four legume species. *Crop Sci.*, 24, 1179-1182.

Meuret, M., Dardenne P., Biston, R., Poty, O. 1993. The use of NIR in predicting nutritive value of Mediterranean tree and shrub foliage. *J. Near Infrared Spectrosc.* 1, 45-54.

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.

O'Keefe, M., Downey, G., Brogan, J.C. 1987. The use of NIRS for predicting the quality of grass silage. *J. Sci. Food Agric.*, 38, 209-216.

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.

Silanikove, N., Shinder, D., Gilboa, N., Eyal, M., Nitsan, Z. 1996 Binding of Poly(ethylene glycol) to samples of forage plants as an assay of tannins and their negative effects on ruminal degradation. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 3230-3234.

Tilley, J.M.A., Terry, R.A., 1963. A two-stage technique for the in-vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18, 104-111.

סיכום עם שאלות מנחות

<p>מטרות המחקר לתקופת הד"ח תוך התייחסות לתוכניות העבודה. טכנולוגית NIRS חדשה במכון לגד"ש. לפני הפרויקט הנוכחי, כמעט ולא נעשות בדיקות מרעית בד"כ בגלל עלותן. מטרת המחקר הייתה להקים משוואות כיוול לכלל המזונות, במרעה ובמכלאה, הנצרכים ע"י בקר, ולבחון את הדיוק והמהימנות של טכנולוגיה זו לקביעת ערך תזונתי של מרעית. המטרות כולן הושגו בפרויקט, ואין אף מרכיב שלא ניתן לבדוק במעבדת NIRS גד"ש.</p>
<p>עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופת הד"ח. נסרקו ועברו בדיקות כימיות כ-2,000 דוגמאות של מספוא, מרעה טבעי וזרוע וחורש. הבדיקות הכימיות "הרטובות" כללו נעכלות כרמ"ל, ריכוז חלבון, ומשתני דופן תא צמחי. לצמחית החורש נקבעו גם טאנינים בשלש שיטות שונות.</p>
<p>המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. חיזוי חלבון כללי, נעכלות כרמ"ל ומשתני דופן תא צמחי מהימנים כמו בספרות והם אופרטיבי בכל הצמחים. לגבי שיחי חורש, נמצאה שיטה להערכת פעילות טאנינים, אך יש לשפר כיולים של משתני ד"ת ונעכלות כרמ"ל NIRS-ב.</p>
<p>הבעיות שנותרו לפיתרון. לא נעשו כיולים לשורה של חומרים משניים (טרפנים אלקלואידים, חנקות). ניתן אף לבצע כיולים לתכונות קרקע אחדות.</p>
<p>הפצת מידע: הרצאות בפני צוות גד"ש של המדען הראשי</p> <p>- רשימת פירסומים</p> <p>Landau, S., Dvash, L., Decandia, M., Cabiddu, A., Shapiro, F., Molle, G., Silanikove, N. 2004. Determination of Poly (Ethylene glycol)-binding to browse foliage as an assay of tannin, by NIRS. J. Agric. Food. Chem. (in press)</p> <p>אני ממליץ לפרסם את הד"ח ללא הגבלה</p>