

# Near Infrared Reflectance Spectroscopy(NIRS)에 의한 알팔파 乾草의 品質 評價

申正男, N·P. Martin\*

## Quality Prediction of Alfalfa Hay by Near Infrared Reflectance Spectroscopy(NIRS)

C. N. Shin and N·P. Martin\*

### Summary

Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) analysis of commercial farm alfalfa hay for crude protein (CP), neutral detergent fiber(NDF), and acid detergent fiber(ADF) was compared with wet chemistry results.

There were no differences between NIRS and wet chemistry results in CP and ADF content, but there were differences ( $P < .05$ ) between NIRS and wet chemistry results for sample No.2, 4, 5 in NDF content.

Key words: alfalfa hay, feed quality, crude protein, NDF, ADF, NIRS.

### I. 緒 論

家畜에 급여하는 飼草의 品質은 축산물생산에 결정적 요인이 된다. 그러므로 飼草의 品質 評價는 필수적이며 이 목적을 위하여 가속을 사용할 수도 있으나 시간과 경제적으로 부담이 되며 화학적인 방법에 의한 분석 평가도 시간과 시약이 필요하게 된다.

그러한 측면에서 Near infrared reflectance spectroscopy(NIRS)에 의한 사초의 평가는 시료의 前處理를 간단히 하거나 없이도 화학적 성분을 機器를 사용하여 빠르고 재현성 있게 측정하는 방법이라 할 수 있다. Marten(1985)은 NIRS를 사용하므로 기존 실험실 분석방법에 비해 시간이 25배나 절약된다고 했다. 그 원리는 어떤 화학적인 성분도 각기 다른 적외선을 흡수하는데 근거를 둔 분석방법으로 단일과장의 빛을 시료에 비추었을때 photo cell (그림 1)에 반사된 빛의 양을 분석하고 그것을 수학적 수치로 전환한다.

이때 컴퓨터는 이미 화학적으로 분석된 사초의 분석치와 비교하여 분석하려는 시료의 화학성분을 평가하게 된다. Norris(1976)는 이 방법이 한지형이나 난지형목초의 품질평가를 위한 가장 빠르고 정확한 방법이라고 제안했으며, 또한 Norris等(1976), Shenk等(1981)은 영년생 사초의 조단백질, 각종 섬유소, 인공반추위 건물소화율을 측정할때 NIRS를 성공적으로 사용할 수 있다고 보고 했다.

Norris(1976, 1985)는 NIRS의 장점을 다음과 같이 소개하였다. 첫째 측정시간이 1초 이하가 소요되므로 30초 내지 3분 정도가 필요하며, 둘째 試料 前處理의 단순성 인데 사초의 경우 알맞은 粒子(1mm)로 분쇄만 하면 된다. 셋째 한번의 작동으로 여러가지 성분을 동시에 측정할 수 있다. 넷째 시료가 소비되지 않으므로 다른 성분의 분석에 재사용이 가능하다. 단점으로는 機器의 값이 高價이며 calibration(측정용 방식)의 과정을 거쳐야 하며, 또한 데이터 처리의 복잡성이다.

Shenk等(1979)은 NIRS를 사초 품질평가수단으

啓明專門大學(Keimyung Technical College, Daegu 705-037, Korea)

\* 미네소타大學校 農科大學(College of Agriculture, University of Minnesota, St. Paul, USA)

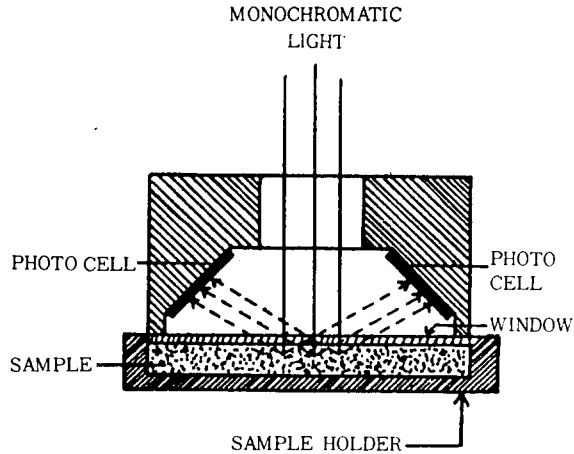


Fig. 1. Optical geometry for diffuse reflectance measurements based on using 0° illumination and 45° collection with large area photocells.

로 사용하여 좋은 결과를 얻기 위해서는 calibration을 할때 충분한 시료를 사용하고 이들 시료를 실험실에서 화학분석을 정확히 해야하며, 정확한 정보를 NIRS spectra로 부터 얻어내는 운영기술과 알맞은 파장의 선택이 중요하다고 언급했다. 이機器는 지난 10년 이상 광범위한 연구가 진행되어 사초나 다른 사료의 영양소함량과 사료가치를 평가하기 위하여 상업적으로도 이용이 가능하게 되었다 (Jones et al, 1987). 이 평가방법의 기술은 발전단계에 있으며 현재 발전단계로 보아서 앞으로 사료 산업에 널리 이용될 것이다.

미국의 경우 많은 농과대학이나 배합 사료공장등에서 영양소함량이나 飼料價値評價에 사용하고 있으며 그 결과를 축산농가의 가축사양지도나 乾草競賣時 가격기준을 결정하는 참고자료로 활용하고 있다. 미네소타대학 (Martin, 1987)의 경우 농민들이 의뢰하는 粗飼料나 건초경매에 출품된 乾草의 품질 평가를 위하여 전물, 조단백질, ADF, ADF-CP, NDF, Ca, P, Mg 함량을 측정하며 6 단계의 건초 품질 기준을 결정하는 비교사료가치 (relative feed value)를 산출하는 참고자료로 사용하고 있다. 또한 미네소타대학의 5개 농과대학에서는 봉고차에 NIRS를 설치하여 현장에서 飼料評價에 응용하는 프로그램도 진행중이다.

본 시험은 알팔파 건초 품질평가때 NIRS에 의

한 측정치와 실험실에서 화학분석에 의한 함량과를 비교하는데 그 목적이 있다.

## II. 材料 및 方法

試料로 사용한 알팔파 건초는 1988년 12월 2일 미국 미네소타주 Houston County의 건초競賣에出品된 일부인 5點이었으며 日乾 乾草로서 녹색도가 비교적 양호했고 3회째 刈取한 것으로 알팔파의 比率이 97% 이상이었다.

分析用 시료의 採取는 15~20 건초뭉치에서 hay boler로 약 500g을 채취하여 잘 혼합한후 30~40g을 종이봉지에 넣고 무게를 단다. 그후 마이크로웨이브 오븐 (micro wave oven)에 넣어 스워치를 고온에 두고 약 1분간 말려 乾物含量이 90~94%가 되도록 건조했다. 시료의 분쇄는 cyclon 분쇄기를 사용하여 1mm의 체를 통과시켰다.

NIRS에 의한 시료의 화학성분측정은 미네소타 대학 농학과에 있는 2개소의 다른 실험실에서 실시하였으며 사용한 機種은 미국의 Pacific Scientific社에서 제작한 Model 6350 monochrometer와 같은 회사제품인 Model 51A를 사용하였다. 측정순서는 NIRS의 스위치를 켜후 측정용 방정식이 內在된 disk를 넣고 표준시료를 잘 혼합해서 약 2g을 지름이 3cm인 水晶窓이 부착된 프라스틱 시료그릇에 담고 고무마개를 눌러달아 NIRS에 넣어 機器를 조절하면 측정준비가 된다. 그후 표준시료를 들어내고 평가하려는 시료를 위와같이 준비하여 측정한다.

化學成分分析時 조단백질(CP)은 AOAC方法(1980)에 따랐으며 Neutral detergent fiber(NDF), Acid detergent fiber(ADF)는 Goering과 Van Soest (1970)의 方法에 따랐다. 위와같은 전통적인 화학 성분분석은 국내에서 2곳의 다른 실험실에서 실시하였다.

## III. 結果 및 考察

NIRS와 전통적인 화학분석 방법으로 각각 2곳의 실험실에서 측정한 CP, NDF, ADF의 含量은 表 1과 같다.

CP의 함량은 分析方法間이나 같은 분석방법내에서도 실험실간에 큰 차이가 없었으며 그 범위는

**Table 1. Comparison of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) analysis to wet chemistry for alfalfa hay at four different lab, DM basis (%) \***

Sample NO.	Methods of analysis	Analysis		
		CP(%)	NDF(%)	ADF(%)
1	NIRS <sup>1)</sup>	17.5±0.16	47.1±0.45	32.8±0.20
	NIRS <sup>2)</sup>	17.0±0.35	49.7±1.80	38.3±0.65
	Chem <sup>3)</sup>	16.2±0.07	50.0±0.10	36.0±0.07
	Chem <sup>4)</sup>	17.1±0.07	52.4±0.10	34.5±0.25
2	NIRS <sup>1)</sup>	23.0±0.07	39.1±0.00	28.4±0.16
	NIRS <sup>2)</sup>	22.4±0.07	40.0±0.25	29.9±0.70
	Chem <sup>3)</sup>	22.0±0.00	43.5±0.07	29.3±0.25
	Chem <sup>4)</sup>	23.1±0.16	44.2±0.16	30.1±0.25
3	NIRS <sup>1)</sup>	19.0±0.07	43.0±0.50	31.1±0.07
	NIRS <sup>2)</sup>	18.9±0.16	41.6±0.50	32.9±0.50
	Chem <sup>3)</sup>	17.9±0.07	44.4±0.20	31.9±0.20
	Chem <sup>4)</sup>	18.8±0.10	42.9±0.00	31.3±0.16
4	NIRS <sup>1)</sup>	19.5±0.00	36.8±0.20	27.0±0.00
	NIRS <sup>2)</sup>	18.0±0.16	42.2±0.80	30.8±0.40
	Chem <sup>3)</sup>	18.3±0.07	44.6±0.20	32.2±0.25
	Chem <sup>4)</sup>	18.9±0.16	44.0±0.00	29.7±0.70
5	NIRS <sup>1)</sup>	15.5±0.07	42.1±0.16	31.7±0.07
	NIRS <sup>2)</sup>	15.4±0.07	49.6±1.30	35.0±0.50
	Chem <sup>3)</sup>	15.2±0.07	53.9±0.16	33.9±0.00
	Chem <sup>4)</sup>	15.3±0.07	51.5±0.40	32.5±0.10

1) NIRS using equations based on chemical analysis in 1st lab.

2) NIRS using equations based on chemical analysis in 2nd lab.

3) Chemical analysis 1st lab.

4) Chemical analysis 2nd lab.

\*Mean of duplicates ± standard error

NIRS에 의한 2 곳의 다른 실험실의 것이 15.4~23.0% 였으며 화학분석치는 15.2~23.1% 였다.

NDF의 함량은 시료 2, 4, 5번에서 NIRS<sup>1)</sup> 실험실의 측정치가 화학분석치 보다 약간 낮은 경향이 있었다. 그런 이유로 NIRS<sup>1)</sup> 실험실의 calibration에 사용한 시료의 제한성이나 시료조제시 건조방법의 차이가 원인이 아닌가 생각된다. Calibration 시료 건조시 NIRS<sup>1)</sup>은 송풍건조기를 사용하였으며 그의 시료는 마이크로 웨이브 오븐을 사용하였다. 이러한 경향은 Donker 第(1988)도 함량의 변화는 건

조방법도 원인이 된다고 하였다. ADF의 함량은 測定方法間이나 同一方法内에서도 실험실간에 큰 차이는 없었으나 시료 1, 4, 5번의 NIRS<sup>1)</sup> 실험실의 것이 다소 낮은 경향을 보였다. 다음 表2는 NIRS와 화학분석방법으로 각각 2 곳의 실험실에서 평가한 결과를 평균하여 有意性を 검정한 결과이다.

CP함량은 NIRS와 화학분석치간에 有意差가 없었다. 이러한 결과는 O'keeffe 第(1987)이 농가생산 목초사일리지 131점을 재료로 NIRS와 화학분석 방법으로 CP 함량을 측정하였을때 정확성을 인정할 만큼 표준오차가 낮았다는 결과와 일치하며, Donker 等(1988)의 연구 결과와도 일치한다. Martin 等(1985)도 NIRS를 사용해 CP, ADF, ADF-N, NDF를 성공적으로 측정할 수 있다고 보고한바 있으며 건조를 시료로 위의 성분을 평가했을때 相關係數가 각각 0.98, 0.89, 0.82, 0.91로 CP의 상관계수가 가장 높았다고 보고 하였다.

NDF의 함량은 시료번호 2, 4, 5번에서 NIRS 측정치가 39.5, 39.5, 45.8%였고 화학실험실 분석치가 43.8, 44.3, 52.5%로 분석방법간에 有意差(P<0.05)가 인정되었다. Donker 等(1988)은 알팔과 사일리지를 재료로 NIRS와 화학분석치간의 NDF와 ADF 함량을 비교하기 위하여 평가 방법별로 각각 2 곳의 실험실에서 평가하였던바 분석방법간에 差異가 있는 것과 없는 것이 있었으며 동일한 방법내에서도 경우에 따라 실험실간에 有意差가 있었다고 보고 했다. Jones 等(1987)도 CP, NDF, ADF 함량을 NIRS 및 화학분석치간의 상관계수와 표준오차를 비교했는데 2 성분에 비해 NDF의 상관계수는 낮고 표준오차는 높았으며 Martin 等(1985)도 NDF의 표준오차가 ADF의 그것보다 높았다고 보고한 바 있다. ADF의 함량은 모든 시료에 있어 분석방법간에 차이가 없었다.

#### IV. 摘 要

Near infrared reflectance spectroscopy(NIRS)로 飼草를 평가하기 위하여 日乾 알팔과 건조 5點의 조단백질, NDF, ADF 함량을 測定하였으며 NIRS와 傳統의인 化學的方法에 의한 分析値를 比較하였다.

조단백질과 ADF의 함량은 NIRS와 化學分析値

Table 2. Comparison of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) analysis to wet chemistry for alfalfa hay, DM basis (%)\*

Sample NO.	Methods of analysis	Analysis		
		CP (%)	NDF (%)	ADF (%)
1	NIRS <sup>1), 2)</sup>	17.2 <sup>a</sup> ±0.21	48.4 <sup>a</sup> ±0.34	35.5 <sup>a</sup> ±1.60
	Chem <sup>3), 4)</sup>	16.6 <sup>a</sup> ±0.26	51.2 <sup>a</sup> ±0.70	35.2 <sup>a</sup> ±0.45
2	NIRS <sup>1), 2)</sup>	22.7 <sup>a</sup> ±0.26	39.5 <sup>a</sup> ±0.27	29.1 <sup>a</sup> ±0.38
	Chem <sup>3), 4)</sup>	22.5 <sup>a</sup> ±0.31	43.8 <sup>b</sup> ±0.22	29.7 <sup>a</sup> ±0.27
3	NIRS <sup>1), 2)</sup>	18.9 <sup>a</sup> ±0.17	42.3 <sup>a</sup> ±0.50	32.0 <sup>a</sup> ±0.30
	Chem <sup>3), 4)</sup>	18.3 <sup>a</sup> ±0.28	43.7 <sup>a</sup> ±0.44	31.6 <sup>a</sup> ±0.21
4	NIRS <sup>1), 2)</sup>	18.8 <sup>a</sup> ±0.45	39.5 <sup>a</sup> ±1.52	28.9 <sup>a</sup> ±1.10
	Chem <sup>3), 4)</sup>	18.6 <sup>a</sup> ±0.19	44.3 <sup>b</sup> ±0.15	30.9 <sup>a</sup> ±0.74
5	NIRS <sup>1), 2)</sup>	15.4 <sup>a</sup> ±0.04	45.8 <sup>a</sup> ±2.24	33.3 <sup>a</sup> ±0.96
	Chem <sup>3), 4)</sup>	15.2 <sup>a</sup> ±0.04	52.5 <sup>b</sup> ±0.71	33.2 <sup>a</sup> ±0.40

1), 2) Chemical analysis in 1st and 2nd lab.

3), 4) NIRS using equations based on chemical analysis in 1st and 2nd lab.

\*Mean of 4 replication± standard error

a, b) Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

間에 差異가 없었으나 NDF의 함량은 시료번호 2, 4, 5에서 有意差(P<.05)가 있었다.

## V. 引用文獻

- Association of official agricultural chemists. 1980. Official method of analysis (22th Ed). AOAC. Washington, DC.
- Donker, J.D., M. Ahrar, N.P. Martin, and R. Ellingboe. 1988. An evaluation of NIRS of silages for CP, NDF, and ADF, ADAS annual meeting and divisional abstracts p.134. American dairy science association, June 26-29 University of Alberta; Edmonton.
- Goering, H.K., and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agr. Handbook. 397. ARS, USDA, Beltsville.
- Jones, G.M., S.W. Nancy, P.B. Judy, and M.R. Eugenie. 1987. Use of near infrared reflectance spectroscopy in forage testing. J. Dairy Sci. 70: 1086-1091.
- Marten, G.C. 1985. Current applications of NIRS technology in forage research, p.45-48, in near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): analysis of forage quality. G.M. Martin, J.S. Shenk, and F.E. Barton, II, ed. USDA, Agri Handbook No. 643.
- Martin, N.P., and J.G. Linn. 1985. Extension application in NIRS technology transfer. p.48-53. in near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): analysis of forage quality. G.C. Martin, J.S. Shenk, and F.E. Barton, II, ed. USDA, Agric. Handbook No. 643.
- Martin, N.P. 1987. NIRS analysis of alfalfa. Crops and soil magazine. June-July p.20-22.
- Norris, K.H., R.F. Barnes, J.E. Moore, and J.S. Shenk. 1976. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. J. Anim. Sci. 43:889-897.
- Norris, K.H. 1985. Definition of NIRS analysis. Page 6. in near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): analysis of forage quality. G.C. Marten. J.S. Shenk, and F.E. Barton, II, ed. USDA, Agri. Handbook No. 643.
- O'keeffe, M., G. Downey, and J.C. Brogan. 1987. The use of NIRS for predicting the quality of grass

- silage. *J. Sci. Food Agric.* 38:209-216.
11. Shenk, J.S., M.O. Westerhaus, and M.R. Hoover. 1979. Analysis of forages by infrared reflectance. *J. Dairy Sci.* 62:807-812.
  12. Shenk, J.S. I. Landa, M.R. Hoover, and M.O. Westerhaus. 1981. Description and evaluation of a near infrared reflectance spectrocomputer for forage and grain analysis. *Crop. Sci.* 21:355-358.