

近赤外分析法による稲ワラ・稲ホールクroppのアンモニア処理および無処理飼料の成分分析の検討

誌名	埼玉県畜産試験場研究報告 = Bulletin of the Saitama Prefectural Livestock Experiment Station
ISSN	02899442
著者	富田, 道則 吉田, 宣夫 武政, 安一 高橋, 哲二
巻/号	27号
掲載ページ	p. 33-36
発行年月	1989年9月

近赤外分析法による稲ワラ・稲ホークロップのアンモニア処理および無処理飼料の成分分析の検討

富田道則 吉田宣夫 武政安一 高橋哲二

Prediction of Chemical Composition and Nutritive Value of Ammoniated Rice Straw and Forage Rice by Near Infrared Reflectance Spectroscopy

Michinori TOMITA, Norio YOSHIDA, Yasuichi TAKEMASA, Tetsuji TAKAHASHI

要 約

近赤外分析法 (NIR法) による稲ワラ (RS)・稲ホークロップ (RWC) のアンモニア (NH₃) 処理および無処理 (生草・乾草・サイレージ) 飼料87点を一つの母集団として、成分別キャリブレーションを作成し、その精度と作成したキャリブレーションの推定精度について検討した。さらに、NH₃ 処理および無処理飼料を一つの母集団として作成したキャリブレーションと、飼料別および調製方法別に分けて作成したキャリブレーションとの比較を行った。

RS・RWCのNH₃ 処理および無処理飼料を一つの母集団として作成したキャリブレーションの結果は、水分・粗蛋白質 (CP)・粗繊維 (CF)・細胞内容物質 (OCC)・細胞壁物質 (OCW)・低消化性繊維 (Ob)・OCC+Oaおよび酸性デタージェント繊維 (ADF) の各成分で寄与率 (R²) がそれぞれ0.89~0.97 と高い水準であった。また、検量線そのものの精度を表わす標準誤差 (SEC) は、それぞれ0.56~2.46 と小さい値であった。

作成したキャリブレーションを用いた精度の検定 (プレディクション) の結果は、水分・CP・OCC・OCW・Ob・OCC+Oa およびADFで、検量線の推定精度を表わす誤差の標準偏差 (SDP) がそれぞれ0.68~3.09 であった。レンジに対するSDPの割合 (EI 値) もそれぞれ14.3~22.1% と小さく、これらの成分は、精度よく推定できることが認められた。

また、NH₃ 処理および無処理飼料を一つの母集団として作成したキャリブレーションと、飼料別および調製方法別に分けて作成したキャリブレーションを比較しても検量線そのものの精度は、ほぼ同じ傾向であった。

以上のことから、RS・RWC の飼料および調製方法を区別することなくNIR分析は十分可能であり、適用範囲の広い検量線として実用的な価値が高いものと考えられた。

近年、フォレンジテストにおいて、近赤外分析法 (NIR法) が広く普及してきた。しかし、我が国においては導入後の歴史が浅く、NIR法による粗飼料の成分分析に関する研究は必ずしも十分検討されているとはいえない状況である。

そこで、稲ワラ (RS)・稲ホークロップ (RWC) のアンモニア (NH₃) 処理および無処理 (生草・乾草・サイレージ) 飼料に関する成分分析について、

NIR 分析を検討したので、その結果を報告する。

材料および方法

1. 供試材料

畜産農家および酪農組合から収集した稲ワラ (RS)18点 (乾草3点・NH₃処理15点) と稲

ホールクロップ (RWC)69点 (生草5点・乾草20点・NH₃処理40点・サイレージ3点・NH₃添加サイレージ1点)計87点の試料を用いた。

2 分析項目と分析方法

試料は、生草およびサイレージは60°Cで24時間、NH₃処理飼料は40°Cで24時間乾燥後、粉碎し化学分析に供した。

化学分析は、水分・粗蛋白質 (CP)・粗繊維 (CF)・および粗灰分から有機物 (OM)を常法⁵⁾により定量した。酵素分析法は、阿部らの方法¹⁾により、細胞壁物質 (OCW)、低消化性繊維 (Ob)を定量し、細胞内容物質 (OCC)および高消化性繊維 (Oa)の分画を行った。また、酸性デタージェント繊維 (ADF)の定量⁷⁾を行った。

3 近赤外分光光度計

使用した機種は、Neotec FQA 51AとコンピュータN 100を用いた。

4 キャリブレーション用サンプルの抽出方法およびプレディクション用サンプル

水野らの方法³⁾に準じて、化学分析値のレンジ (分布範囲)を最大限広くとり、さらに、レンジ内で片寄りが生じないように頻度分布を可能な限り均一にするようにした。また、RS・RWCと飼料が異なり、調製方法が、NH₃処理・生草・乾草およびサイレージと異なるため、構成割合に準じたサンプル数を抽出した。

RS・RWCのNH₃処理および無処理飼料を一つの母集団としてキャリブレーションの作成に用いたサンプルは、RS10点 (乾草2点・NH₃処理8点)とRWC 44点 (生草3点・乾草15点・NH₃処理25点・NH₃添加サイレージ1点)の計54点を用いた。なお、CFについては、50点のサンプルを用いキャリブレーションのみ作成した (表1)。

表1 稲ワラ・稲ホールクロップのCalibrationとPredictionの内訳

		n	Calibration		Prediction	
			n=54	CF	n=33	ADF
稲ワラ	乾草	3	2	2	1	1
	NH ₃ 処理	15	3	15	7	7
	生草	5	3	2	2	2
稲ホールクロップ	乾草	20	15	13	5	5
	NH ₃ 処理	40	25	15	15	13
	サイレージ	3	0	2	3	2
	NH ₃ 添加サイレージ	1	1	1	0	0
	計	87	54	50	33	30

作成したキャリブレーションの推定精度の予測 (プレディクション)に用いたサンプルは、残りのRS8点 (乾草1点・NH₃処理7点)とRWC 25点 (生草2点・乾草5点・NH₃処理15点・サイレージ3点)の計33点を用いた。なお、ADFについては、30点のサンプルを使用した (表1)。

5 キャリブレーションの選定および推定精度の評価方法

キャリブレーションの選定は、水野らの方法³⁾に準じ、プレディクションによるNIRの推定値 (NIR値と化学分析値 (LAB値)との差を基に、誤差の標準偏差 (Standard deviation of prediction:SDP)およびバイアスが小さい水準にあることとした。また、キャリブレーションの使用波長数は、3波長までとした。

キャリブレーションの推定精度の評価方法は、水野らの方法³⁾に準じ、成分値のレンジに対するSDPの割合、Evaluation index:EI=(2×SDP/レンジ)×100%で評価した。

6 飼料および調製方法が異なるサンプルが検量線の精度に及ぼす影響に関する検討方法

RS・RWCのNH₃処理および無処理飼料を一つの母集団として作成したキャリブレーションと、飼料を同一としたRWC (NH₃処理41点・無処理28点)の69点を母集団としたキャリブレーションおよび調製方法を同一としたNH₃処理 (RS15点・RWC41点)の56点を母集団としたキャリブレーションを作成し、各母集団ごとの検量線そのものの精度について比較検討した。

検量線回帰式の評価に用いる統計量としては、校正用サンプルとは異なる有効性の確認用サンプルに基づくのが望ましいとされているが、回帰式の統計量自体も付加的な情報を提供するし、確認に有効なサンプルが十分ない場合、唯一な統計量となる報告⁶⁾がある。そこで、寄与率 (R²)と検量線そのものの精度を表わす標準誤差 (Standard error of calibration:SEC)を用い比較検討した。

成績および考察

1 キャリブレーションの選定と推定精度の評価

RS・RWCのNH₃処理および無処理飼料を一つの母集団としたキャリブレーションを表2に示した。水分、CP、CF、OCC、OCW、Ob、OCC+OaおよびADFの寄与率(R²)は、それぞれ0.89~0.97と高い水準を示した。また、検量線そのものの精度を表すSECは、それぞれ0.56~2.46と小さい値であった。OMおよびOaのR²は、それぞれ0.78と0.85と他の成分に比較し低い水準

表2 稲ワラ・稲ホールクロップのアンモニア処理および無処理飼料を一母集団とした Calibrationの結果

成分項目	R ²	SEC	波長数	成分範囲
水分 %	0.896	0.68	3	2.53~12.14
C P %	0.974	0.56	3	4.63~18.53
O C C %	0.974	1.68	2	11.20~50.58
O C W %	0.949	1.83	2	38.44~69.66
Ob %	0.899	2.46	2	24.25~59.83
A D F %	0.948	1.28	3	22.98~44.23
OM %	0.786	1.30	2	80.37~92.82
Oa %	0.851	2.03	3	1.23~23.17
OCC+Oa %	0.937	2.38	3	21.82~61.88
CF %	0.969	0.99	3	19.44~36.92

注1) SEC: Standard error of calibration

注2) n=54 (CF, n=50)

であった。

使用波長数については、2波長式がOCC、OCW、ObおよびOMで選ばれ、3波長式が水分、CP、ADF、OaおよびOCC+Oaで選ばれた。

キャリブレーションに用いる波長数は、必要以上に多くの波長を用いた検量線を作成するとかえって推定精度を低下させると、水野らが報告³⁾している。検量線に用いる波長数は最大3波長を限度としていることから、これに準じて3波長までとした。

表3 稲ワラ・稲ホールクロップのアンモニア処理および無処理飼料を一母集団とした Predictionの結果

成分項目	SDP	Bias	成分範囲	EI
水分 %	1.03	-0.22	2.73~12.01	22.1
C P %	0.68	0.23	5.00~14.05	15.0
O C C %	2.68	-0.16	16.74~49.39	16.4
O C W %	2.45	-0.09	39.14~64.74	19.2
Ob %	2.95	0.59	28.39~58.11	19.8
A D F %	1.29	0.11	23.65~41.67	14.3
OM %	1.54	-0.02	80.87~89.95	34.0
Oa %	2.63	-0.05	2.18~20.07	29.4
OCC+Oa %	3.09	-0.06	26.20~61.27	17.6

注1) SDP: Standard deviation of prediction

注2) EI: Evaluation index (2×SDP/Range)×100%

注3) n=33 (ADF, n=30)

RS・RWCのNH₃処理および無処理飼料を含む母集団におけるプレディクションの結果を表3に示した。検量線の推定推度を表すSDPの値はCPで0.7%、水分とADFおよびOMで1~1.5%であった。また、酵素分析値のOCC、OCW、Ob、OaおよびOCC+Oaで2.5~3.1%であった。

成分値のレンジに対するSDPの割合EI値は、水分、CP、OCC、OCW、Ob、ADFおよびOCC+Oaの各成分でそれぞれ14.3~22.1%と、水野ら³⁾の評価方法のBランクで推定精度が高く、推定が十分可能な結果であった。また、OaおよびOMのEI値はそれぞれ29.4%と34.0%で評価方法のCランクで推定精度が僅かに高く、推定は可能な結果であった。

以上の結果から、RS・RWCのNH₃処理および無処理飼料を含む母集団におけるNIR分析は、水分、CP、OCC、OCW、Ob、ADFおよびOCC+Oaの各成分において十分推定可能な水準にあることが明らかであった。

2 飼料および調製方法が検量線の精度に及ぼす影響

飼料および調製方法が異なるサンプルを一つの母集団として作成したキャリブレーション(表2)と飼料を同一としたRWCのNH₃処理および無処理を含む母集団のキャリブレーション(表4)

表4 稲ホールクロップのアンモニア処理・無処理を含むサンプルを母集団とした Calibrationの結果

成分項目	R ²	SEC	成分範囲
水分 %	0.910	0.61	2.53~10.87
C P %	0.968	0.58	4.63~18.53
O C C %	0.908	1.98	22.54~50.58
O C W %	0.877	1.94	38.44~63.23
Ob %	0.920	1.87	24.25~57.57
A D F %	0.894	1.15	22.98~38.82
OM %	0.614	1.18	82.45~92.82
Oa %	0.804	2.05	1.23~20.77
OCC+Oa %	0.895	2.40	29.95~61.88

注1) 使用波長数3波長

注2) n=69 (ADF, n=66)

を比較すると、ObでR²が0.899から0.920とSECが2.46から1.87と検量線そのものの精度が向上したが、他の成分項目では同様の結果であった。また、調製方法を同一としたRS・RWCのNH₃処理飼料を母集団とするキャリブレーション(表5)との比較では、ADFでR²が0.948から0.969と

表5 アンモニア処理の稲ワラ・稲藁クロップを含むサンプルを母集団とした Calibration の結果

成分項目	R ²	SEC	成分範囲
水分 %	0.803	0.55	3.07~10.87
C P %	0.928	0.63	6.67~18.53
O C C %	0.968	2.02	11.20~49.39
O C W %	0.950	1.95	38.44~69.66
O b %	0.908	2.35	24.25~59.04
A D F %	0.969	0.99	22.98~44.23
OM %	0.857	1.16	80.37~89.95
O a %	0.696	2.36	4.58~23.17
OCC+Oa %	0.918	2.87	21.82~61.88

注1) 使用波長数3波長

注2) n=56 (ADF, n=54)

SECが1.28から0.99と、やや精度が向上したが、Oaでは、R²が0.851から0.696とSECが2.03から2.36と低下した。他の成分項目については、ほぼ同じ傾向であった。

甘利ら²⁾は、乾草と牧草サイレージの混合キャリブレーションを用い、未知試料の乾草および牧草サイレージの各種成分を推定した結果、乾草および牧草サイレージのキャリブレーションを使って各種成分を推定した場合と比較して、ほぼ同じ傾向であり、実用的なレベルでは両者を区別することなく一つのものとして使用できる可能性を報告している。

また、水野ら^{3,4)}は、イネ科牧草の母集団のみならず、イネ科牧草とマメ科牧草を合わせた母集団においても、粗蛋白質や繊維成分に関連した項目について十分推定可能な水準にあることを明らかにしているが、単草種専用の検量線が更に高い推定精度が得られることも報告している。

NIR分析におけるキャリブレーションの作成に

は、化学分析をした多数のサンプルが必要となり、これを実施するには労力的に大変である。また、各々のサンプル数が少なく検量線の作成が不可能な場合、草種および調製方法が異なるサンプルを一つの母集団として検量線を作成し、その推定精度が十分可能な水準にあれば多少推定精度が劣っても、適用範囲の広い検量線として実用的な価値が高いものと考えられる。

以上のことから、RS・RWCの飼料および調製方法の異なるサンプルを一つの母集団としてのNIR分析は十分可能であり、適用範囲の広い検量線として実用的な価値が高いものと考えられた。

文 献

- 1) 阿部亮・堀井聰：日草誌、25、70~75、1979.
- 2) 甘利雅弘・阿部亮・田野良衛・榎木茂彦・芹沢駿治・古賀照章：日草誌、33、219~226、1987.
- 3) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司：草地試験報、38、35~47、1988.
- 4) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司：草地試験報、38、48~55、1988.
- 5) 森本宏監修：動物栄養試験法、第1版、280~298、養賢堂、東京都、1971.
- 6) 農林水産省草地試験場：近赤外反射光分光法(NIRS)による飼料品質の分析、草地試験場資料、No.62-6、1987.
- 7) 農林水産省畜産試験場：新しい飼料分析法とその応用、畜産試験場資料、No.56-1、1981.