

Prédiction de la composition chimique de variétés de sorgho par spectrométrie proche infrarouge

F. Chataigner, J.-C. Emile, M. Al Rifaï, P. Barre

INRA, UR 4, Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères, Le Chêne - RD 150, BP 80006, F-86600 Lusignan, France ; fabienne.chataigner@lusignan.inra.fr ; philippe.barre@lusignan.inra.fr ; jean-claude.emile@lusignan.inra.fr

Introduction

Dans un contexte où l'eau est de plus en plus rare, le sorgho grain (*Sorghum bicolor*) présente des atouts pour l'alimentation des ruminants *via* l'ensilage en plante entière. Pour évaluer son intérêt, il est nécessaire d'évaluer sa valeur alimentaire dans une grande gamme de variabilité. Les mesures directes sur animaux de même que les analyses chimiques au laboratoire sont coûteuses et fastidieuses.

Afin de pallier ces problèmes, la spectroscopie infrarouge est couramment utilisée pour prédire la qualité nutritionnelle des fourrages et du maïs ensilage (SHENK, 1979). Le but de notre étude est de développer une équation par spectrométrie proche infrarouge (SPIR) permettant de prédire la composition biochimique de sorghos grain destinés à l'ensilage. De plus, une comparaison avec une prédiction utilisant une équation maïs fourrage plante entière est proposée.

1. Matériels et méthodes

– Origine des échantillons

Une grande diversité de sorghos grain destinés à l'ensilage ont été cultivés de 2003 à 2007 à Lusignan : sorgho type nain, sucrier ou biomasse, de précocité, gabarit, morphologie et potentiels de rendement variables. Au total, 358 échantillons ont été récoltés, séchés à 60°C pendant 72 heures puis broyés à la grille de 1 mm. Ces échantillons ont été utilisés pour construire la base de calibration.

– Analyses spectrales

Après séchage à 40°C durant une nuit, les spectres ont été collectés à l'aide d'un spectrophotomètre monochromatique (NIRS 6500 ; Foss NIRSystems, Silver Spring, MD, USA). La mesure a été réalisée en réflectance dans des coupelles circulaires de 50 mm recouvertes d'un verre en quartz. Les données spectrales ont été mesurées tous les 2 nm de 1 108 à 2 492 nm. Les prétraitements des spectres appliqués ont été les suivants : SNV and Detrend ; 1,4,4,1. La calibration a été développée en utilisant la méthode de régression des moindres carrés (PLS) sous le Logiciel WINISI II.

– Analyses chimiques

Les analyses chimiques suivantes ont été réalisées sur les échantillons : Matière Minérale (cdr) par passage au four à 550°C pendant 3 heures, teneur en parois végétales (NDF ; VAN SOEST et WINE, 1967), matière protéique totale (Mat ; AOAC, 1996), Digestibilité (dCs) (AUFRÈRE et MICHALET-DOREAU, 1983) et teneur en amidon (Dir 1999/79/CE). Les résultats sont exprimés en pourcentage de la matière sèche.

2. Résultats et discussion

Le Tableau 1 présente les données de composition biochimique de la base de calibration ainsi que les paramètres de l'équation obtenue. Pour chaque paramètre chimique, la variabilité et la répartition des données obtenues sont satisfaisantes, ce qui est essentiel à la réalisation d'une calibration. Le nombre d'outliers représente moins de 5% des échantillons pour chaque paramètre chimique. Par ailleurs, la différence relativement basse entre le SEC et le SECV (8% en moyenne et au maximum 13% pour la digestibilité) suggère que le modèle est relativement stable. Enfin le RPDcv obtenu varie de 3,9 (dCs) à 6,5 (Amidon), ce qui permet d'affirmer que le modèle est de bonne qualité.

Le Tableau 2 présente les résultats de validation de l'équation sorgho vert à l'aide de 49 échantillons de sorghos récoltés en 2008 sur 2 lieux différents. Le GH et le NH moyens obtenus sont respectivement de 1,54 et 0,917. Ce dernier est relativement élevé car les échantillons utilisés pour la validation sont issus d'une année différente et, pour certains, d'un lieu différent. Il ressort une bonne prédiction pour les critères NDF, ADF et Mat, une assez bonne prédiction pour la dCs (caractérisé par un RMSEP un peu élevé mais une absence de biais). La teneur en cendres (cdr) est moins bien prédite, ce qui est classique avec la méthode NIRS car les minéraux n'absorbent pas dans les longueurs d'onde de l'infrarouge (VAN KEMPEN, 2001).

Le Tableau 3 présente les résultats de validation obtenus à l'aide des 49 échantillons sur une équation maïs plante entière. Celle-ci donne des performances correctes pour les critères NDF et dCs. Cependant, elle semble moins adaptée pour l'ADF (RMSEP=2,28 et biais=1,89) et pour le Mat (RMSEP=1,05 et biais=-0,89).

TABLEAU 1 – Caractéristiques de l'équation sorgho vert : SD : écart type ; SEC : erreur de calibration ; SECV : erreur de validation croisée ; RPDcv = SD/SECV.

Paramètre	Statistiques de la base de calibration					Caractéristiques de l'équation sorgho vert				
	Mean	SD	min	max	N	outliers	SEC	SECV	R ²	RPDcv
ndf	51.58	8.40	27.99	73.25	254	12	1.58	1.74	0.96	4.82
adf	26.32	4.85	12.74	40.84	232	9	0.97	1.09	0.96	4.46
dCs	63.88	7.40	44.62	81.62	258	4	1.68	1.90	0.95	3.89
Mat	7.85	1.88	4.06	12.56	230	5	0.27	0.30	0.98	6.17
cdr	5.20	1.05	3.28	9.85	233	5	0.22	0.26	0.96	4.12
Amidon	17.91	10.60	0.54	47.49	103	5	1.45	1.62	0.98	6.54

TABLEAU 2 – Validation de l'équation sorgho vert à l'aide d'échantillons récoltés en 2008 : SD : écart type ; SEL : erreur de laboratoire ; RMSEP : erreur de prédiction ; SEP : erreur de prédiction corrigée du biais ; R² : coefficient de corrélation de validation ; RPDval=SD/RMSEP.

Paramètre	Statistiques de la population de validation						Statistiques de validation de l'équation sorgho						
	N	moy	SD	min	max	SEL	RMSEP	Biais	SEP	Intercept	pente	R ²	RPDval
ndf	44	52.45	5.25	40.90	61.59	0.72	2.01	0.68	1.91	7.29	0.85	0.90	2.62
adf	45	26.50	3.34	19.33	32.67	0.43	1.31	-0.06	1.33	1.21	0.96	0.84	2.55
dCs	45	61.81	5.37	73.57	61.81	0.64	2.71	0.68	2.66	3.63	0.93	0.76	1.98
Mat	38	9.12	2.15	4.46	12.25	0.20	0.48	-0.27	0.41	-0.53	1.09	0.97	4.47
cdr	49	5.58	0.86	3.57	7.74	0.06	0.66	-0.02	0.67	0.77	0.87	0.42	1.31

TABLEAU 3 – Statistiques de l'équation maïs plante entière sur le set de validation sorgho : SD écart type ; RMSEP : erreur de prédiction ; SEP : erreur de prédiction corrigée du biais ; R² : coefficient de corrélation de validation ; RPDval=SD/RMSEP.

Paramètre	RMSEP	Biais	SEP	Intercept	pente	RSQ	RPDval
ndf	2.07	-0.83	1.92	1.42	0.99	0.87	2.54
adf	2.28	1.89	1.29	-2.25	1.01	0.85	1.47
dCs	2.91	-0.03	2.94	-6.31	1.10	0.71	1.85
Mat	1.05	-0.89	0.56	-1.15	1.25	0.97	2.05
cdr	0.87	0.18	0.86	2.66	0.51	0.11	0.99

Pour conclure, l'équation sorgho vert développée se caractérise par de bonnes performances et des résultats de validation très satisfaisants sur des échantillons issus d'année et de lieux différents. Afin de développer une base consensuelle sur le sorgho, il serait intéressant de l'enrichir à l'aide d'échantillons de variabilités différentes, provenant de lieux différents et de réaliser des collectes sur divers appareils NIRS. Il serait également intéressant d'enrichir la base de calibration sur le critère amidon. Ceci est en cours de réalisation dans le cadre d'un projet CTPS (B. AIZAC).

Remerciements

Les auteurs remercient Catherine Lévêque, Corinne Melin et Véronique Menanteau pour leur aide technique.

Références bibliographiques

- AOAC (1996) : "AOAC Official Method 968.06 Protein (Crude) in animal feed. Dumas Method", AOAC Official Methods of Analysis, 4, 13-15.
- AUFÈRE J., MICHALET-DOREAU B.. 1983. In vivo digestibility and prediction of digestibility of some by-products. pp. 25-33. In: EEC seminar, Melle Gontrode. 26-29 September.
- SHENK, J.S., WESTERHAUS, M. O., & HOOVER, M. R. (1979). Analysis of forages by infrared reflectance. Journal of Dairy Science, 62, 807-812.
- VAN KEMPEN T. (2001) "Infrared technology in animal production", World's Poult. Sci. J. 57,29-48 (2001).
- VAN SOEST P.J., WINE R.H. (1967) : "Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents", J. of the AOAC, 50, 50-55.