



Nährwert von Maissilage*

Roger DACCORD, Yves ARRIGO und René VOGEL, Eidgenössische Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion (FAG), CH-1725 Posieux

Trotz der weltweit grossen Verbreitung des Maisanbaues ist eine genaue Schätzung des Nährwertes von Maissilage immer noch problematisch, da die Einflussfaktoren mit den üblichen, einfachen chemischen Analysen nur ungenügend erfasst werden können.

■ **Entwicklungsstadium:** Nach der Blüte steigt der Kolbenanteil an (Abb. 2), gleichzeitig mit dem TS-Gehalt der Ganz-

Die inländische Anbaufläche für Silomais wurde während der letzten 20 Jahre stark ausgedehnt. Das Plateau war anfangs der 90er Jahre bei rund 40'000 ha erreicht. (Schw. Bauernverband 1993). Im EU-Raum dürfte sie gegenwärtig 3,3 Millionen ha übersteigen (Barrière und Emile 1990). Der hohe Nährwert, das hohe Ertragspotential und die gute Siliereignung haben dazu beigetragen, dass in zahlreichen Regionen die Maissilage als wichtige Energiequelle in der Milch- und Mastviehfütterung nicht mehr wegzudenken ist.

Chemische Zusammensetzung

Teig- bis gelbreif geerntete und gut konservierte Maissilage hat eine relativ stabile chemische Zusammensetzung (Tab. 1). Die grösste Streubreite tritt bei den Zellwandbestandteilen auf. Der hohe Zellwandgehalt im Stengel wird mehr oder weniger durch den tiefen Gehalt im Kolben verdünnt. Die Aufteilung der Maissilage bei Teigreife in Stengel, Blätter und Kolben verdeutlicht die Bedeutung des Kolbens (Tab. 2): Der Kolben macht rund 60 % der Ganzpflanze aus und speichert mehr als zwei Drittel des gesamten Rohproteins. Dagegen sind mehr als 75 % der Rohfaser im Stengel und in den Blättern enthalten.

Einflussfaktoren auf den Energiewert

Die Maissilage ist ein energiereiches Rauhfutter. Der Energiewert hängt von der Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) ab. Diese wird von folgenden Faktoren beeinflusst:

Tab. 1. Nährstoffzusammensetzung der Maissilage (ganze Pflanze und Stengel)

	Ganze Pflanze (n = 55)		Stengel (n = 8)	
	Durchschnitt	s	Durchschnitt	s
Trockensubstanz (%)	31,0	4,5	19,4	1,4
In der Trockensubstanz (g/kg):				
Organische Substanz	958	3	926	5
Rohprotein	84	5	76	10
Rohfaser	196	24	323	21
Lignozellulose (ADF)	227	29	366	22
Zellwand (NDF)	446	50	607	34
Rohasche	42	3	74	5
Kalzium	2,1	0,3	5,2	0,7
Phosphor	2,3	0,3	1,7	0,5
Magnesium	1,0	0,2	1,1	0,2

s = Standardabweichung

Tab. 2. Nährstoffzusammensetzung der Maispflanze (bei der Gelbreife, TS-Gehalt von 31 %)

		Trockensubstanz	Rohprotein	Rohfaser	Zellwand (NDF)	Lignozellulose (ADF)
Stengel	g/kg	160	24	423	717	469
	% Ganzpfl.	25	9	50	36	49
Blätter	g/kg	330	90	341	701	380
	% Ganzpfl.	17	22	27	24	26
Kolben (mit Lieschen)	g/kg	490	80	82	342	102
	% Ganzpfl.	58	69	23	40	25



Abb. 1. Die Maispflanze ergibt dank des hohen Körneranteils eine Silage mit einem hohen Energiegehalt, vorausgesetzt, dass die Ernte, die Silierung und die Protein- und Mineralstoffergänzung optimal erfolgen.

*Übersetzung: Annelies Bracher-Jakob, Neyruz

pflanze (Andrieu *et al.* 1988; Gruber *et al.* 1983). Die hohe Verdaulichkeit der Körner (vOS grösser als 90 %) kompensiert die abnehmende Verdaulichkeit des Stengels und der Blätter (vOS kleiner als 60 %; Abb. 3). Somit ändert sich die vOS der Ganzpflanze bis zur Gelbreife kaum und pendelt sich im Durchschnitt zwischen 72 bis 76 % ein (Barrière *et al.* 1991; Daccord *et al.* 1995). Die chemische Zusammensetzung dagegen verschiebt sich deutlich: Während zum Zeitpunkt der Blüte die Maispflanze reich an Rohfaser und löslichen Kohlenhydraten ist, überwiegt bei Wachstumsabschluss die Stärke (im Durchschnitt 300 g/kg TS; Abb. 4). Abbildung 5 veranschaulicht, welche Bedeutung das Entwicklungsstadium auf Verdaulichkeit und Körneranteil der Maispflanze hat. In einem an der Forschungsanstalt Posieux durchgeführten Versuch wurden die beiden Sorten Eclat und Senator zu drei verschiedenen Erntezeitpunkten geerntet. Bei Unterteigreife betrug der TS-Gehalt im Durchschnitt 25 % und der Gehalt an verdaulicher organischer Substanz (VOS) erreichte 740 g pro kg TS; der Körneranteil der Ganzpflanze belief sich auf 34 %. Bei Überteigreife, 11 Tage später, verbesserte sich bei einem TS-Gehalt von 30 % der Gehalt an VOS kaum (748 g), obwohl der Körneranteil auf 45 % gestiegen ist. Wurde der Mais nochmals um 22 Tage später bei Druschreife und einem TS-Gehalt von 35 % geerntet, kletterte der Körneranteil auf 53 %. Dieser hohe Anteil konnte das Altern der Stengel nicht kompensieren, mit der Konsequenz, dass die VOS der Ganzpflanze auf 713 g absank.

■ **Wachstumsbedingungen:** Ein Temperaturdefizit, ein Wassermangel oder ein Frühfrost verringern die vOS der Ganzpflanze. Dies ist auf die tieferen Körnergehalte und höhere Lignifizierung des Stengels und der Blätter zurückzuführen (Tab. 3). Andererseits kann unter optimalen Wachstumsbedingungen die vOS nach der Blüte dank einer stärkeren Körnerbildung (mehr als 50 % in der TS) ansteigen; diese kompensiert die häufig stärkere Verminderung der vOS des Stengels und der Blätter.

■ **Sorte:** Zwischen den Sorten bestehen systematische Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung, die mit der variierenden Fröheife und morphologischen Merkmalen zusammenhängen. Wenn die verschiedenen Maissorten unter entsprechenden Wachstumsbedingungen ihr Produktionspotential ausschöpfen können, dann treten bei gleichem Anbauort und Anbaujahr Sortenunterschiede in der vOS auf. Diese sind zwar schwach (2 bis 4 Einheiten) im Vergleich zur Variationsbreite, die durch unterschiedliche Wachstumsbedingungen verursacht wird (bis 6 Einheiten).

Die Selektion von standfesten Sorten trägt das Risiko in sich, dass Pflanzen mit stark lignifizierten und daher schlecht verdaulichen Stengeln bevorzugt werden.

■ **Konservierung:** Die durch die Konservierung bedingte Verminderung der vOS liegt im Bereich von 1 bis 2 Einheiten, falls die Maispflanze unter guten Bedingungen im teig- bis gelbreifen Stadium bei einem TS-Gehalt von 30 bis 35 % einsiliert wurde. Die Erwärmung der Maissilage bei der Silageentnahme verursacht in erster Linie Trockensubstanzverluste und einen Verzehrsrückgang.

■ **Häcksellänge:** Die Häcksellänge bestimmt den Verdichtungsgrad und beeinflusst dadurch die Silierqualität und den Futtermittelverzehr. Sie kann sich auch auf die vOS der Silage auswirken. Durch eine zu kurze Häcksellänge (theoretische Schnittlänge unter 5 mm) kann sich die vOS verschlechtern. Dieser Effekt beruht auf der verringerten Zellwandverdaulichkeit, deren Ausmass durch den Einsatz von Maishäckseln mit Quetschwalzen noch verstärkt wird (Daccord 1993).

Tab. 3. Nährwert von Maissilage (nach Andrieu *et al.* 1988 und Daccord *et al.* 1994)

Produktionsbedingungen	TS-Gehalt der ganzen Pflanze %	Körnergehalt % in der TS	Verdaulichkeit der OS %	NEL	NEV	APD	RP
				MJ/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS
günstig	30 - 35	50 - 55	76	6,6	6,9	73	82
normal	25 - 35	40 - 50	73	6,4	6,5	71	84
trocken	30 - 35	20 - 30	68	5,7	5,8	64	105
kalt nach Milchreife	25 - 28	35 - 40	67	5,6	5,6	66	75

OS = Organische Substanz; NEL = Netto-Energie Milch; NEV = Netto-Energie Mast; APD = Absorbierbares Protein im Darm; RP = Rohprotein

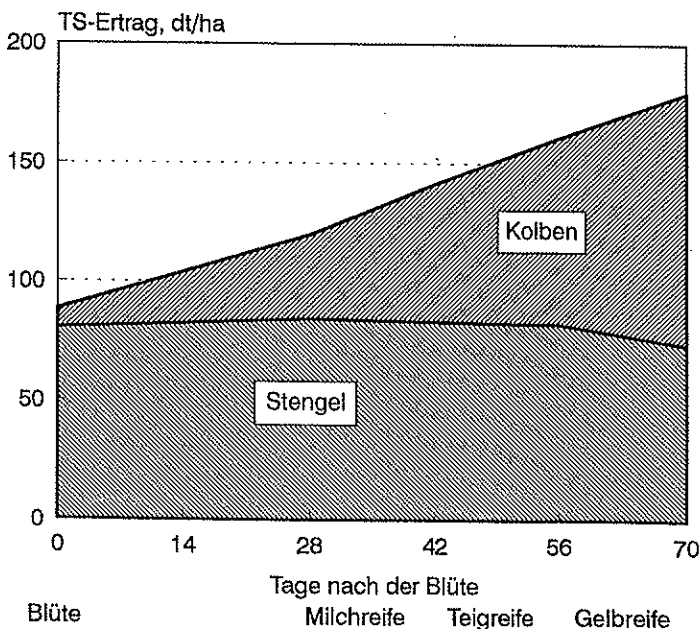


Abb. 2. Entwicklung des Trockensubstanzertrages der Maispflanze (nach Vogel *et al.* 1994).

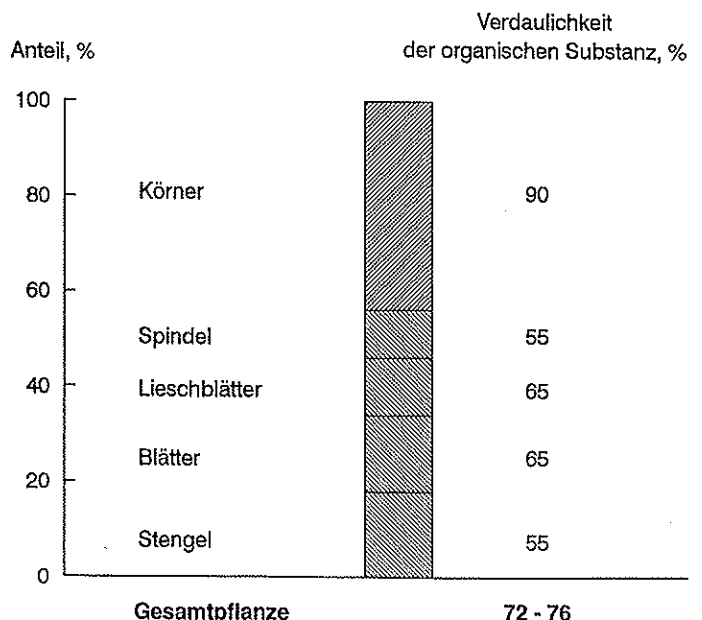


Abb. 3. Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Maispflanze (nach Daccord *et al.* 1995).

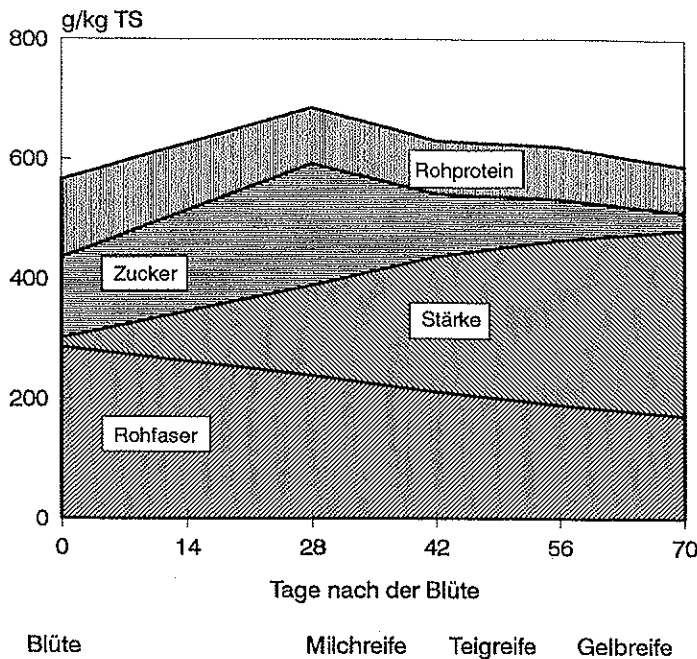


Abb. 4. Chemische Zusammensetzung der Maispflanze (nach Vogel et al. 1994).

Die Maispflanze weist oft eine ungenügende Struktur auf. Hauptverantwortlich sind eine zu kurze Häcksellänge bei der Ernte und Zerkleinerungswirkung der Siloentnahmefräse und allenfalls des Futtermischwagens. Optimale Gärbedingungen im Pansen sind nicht mehr gewährleistet. Der Strukturmangel erhöht die Gefahr einer Pansenübersäuerung, die einen Verzehrsrückgang verursachen kann.

Schätzung des Energiewertes

Aufgrund der gegenteiligen Entwicklung des Zellwand- und Stärkegehaltes im Verlaufe des Wachstums einer Maispflanze besteht keine enge Beziehung zwischen der chemischen Zusammensetzung und der vOS. Werden dagegen die Ergebnisse mehrerer Jahre betrachtet, dann wird die Beziehung zwischen der vOS und dem Zellwand- und Stärkegehalt sichtbar. Für einen gegebenen Rohfaser- oder Stärkegehalt ist dabei eine Variation der vOS festzustellen, die 10 Einheiten übersteigen kann. Die Zellwandbestandteile (Rohfaser oder NDF und ADF) sind aus diesem Grunde keine präzisen Schätzparameter für die vOS, die als Grundlage für die Berechnung des Energiewertes der Maissilage dient. Die gleichzeitige Berücksichtigung der Stärke verbessert die Schätzgenauigkeit nur geringfügig. An unserer Forschungsanstalt wurden folgende Regressionsgleichungen zur Schätzung der Verdaulichkeit der OS erarbeitet. Sie stützen sich auf insgesamt 108 Mais-

- proben mit an Schafen ermittelter vOS:
- $vOS = 76,5 + 0,0499 RF_{os} - 0,000267 RF_{os}^2$
 $R^2 = 0,76 \quad s = 3$
 - $vOS = 74,0 + 0,0610 ADF_{os} - 0,000232 ADF_{os}^2$
 $R^2 = 0,76 \quad s = 3$

wobei:
 vOS = Verdaulichkeit der organischen Substanz in %
 RF_{os} = Rohfaser, g/kg organische Substanz in der Trockensubstanz. Streubereich: 100 bis 400 g
 ADF_{os} = Lignozellulose, g/kg organische Substanz in der Trockensubstanz. Streubereich: 150 bis 450 g.
 R² = Bestimmtheitsmass
 s = Standardabweichung

Entgegen der weitverbreiteten Ansicht vor allem in angelsächsischen Ländern, erwies sich die Lignozellulose bei den untersuchten Proben nicht als genauere Schätzparameter als die Rohfaser. Die Standardabweichung der Residuen ist bei beiden Parametern gleich gross. Daher ist keine höhere Genauigkeit zu erwarten. Man muss akzeptieren, dass 25 % der Streuung der vOS nicht mit Variationen im Rohfaser- oder Lignozellulosegehalt erklärt werden können. Diese Schätzgleichungen sind Annäherungen an die tatsächlichen Verhältnisse, die trotzdem mehrheitlich befriedigende Ergebnisse für die Schätzung von Energiewerten ergeben. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass der Kalziumgehalt auch als Schätzparameter der vOS eingesetzt werden kann. Der Kalziumgehalt steigt mit abnehmender vOS an. Gekoppelt mit der Rohfaser oder der Lignozellulose verbessert Kalzium allerdings die Schätzgenauigkeit nicht genügend, um seine zu diesem Zwecke durchgeführte Analyse zu rechtfertigen.

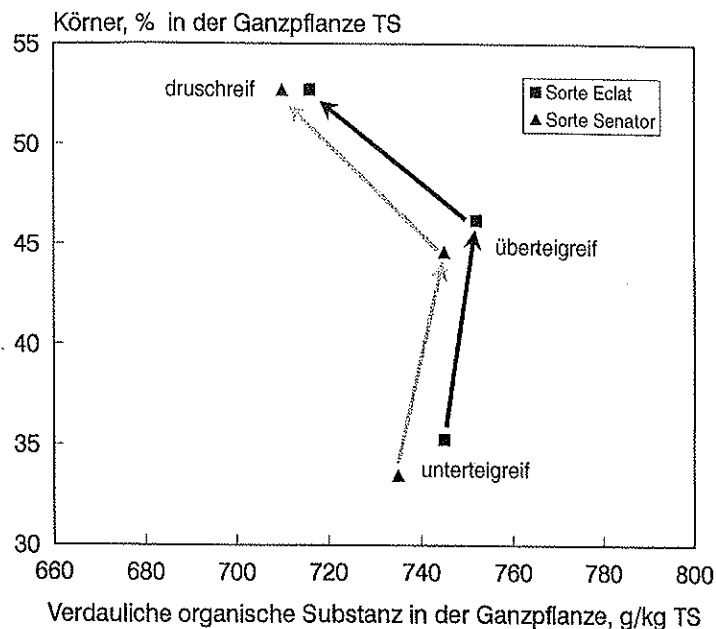


Abb. 5. Einfluss des Erntetermines auf den Gehalt an verdaulicher organischer Substanz und den Körneranteil der Maispflanze (nach Daccord et al. 1995).

Gleichung 1 liefert etwas höhere Schätzwerte als die Gleichung der INRA (Andrieu et al. 1981). Sie weicht auch geringfügig von der im Grünen Buch angegebenen Gleichung ab (Daccord und Chaubert 1994). Letztere hat einen engeren Anwendungsbereich. Die gültige Streubreite der Rohfaser liegt zwischen 190 und 240 g/kg organischer Substanz.

Die Verwendung enzymatischer Methoden (Zellulase) verbessert die Genauigkeit für die Schätzung der vOS der Maissilage verglichen mit chemischen Analysen nicht wesentlich. Aber Schätzgleichungen, die die Resultate beider Methoden berücksichtigen, erzielen eine höhere Genauigkeit (r ungefähr 0,80, s ungefähr 2; Dardenne et al. 1993).

Mit mikrobiologischen Methoden (Tilley & Terry) kann die vOS genügend genau geschätzt werden, wenn die auftretenden Probleme wegen des tiefen Rohprotein- und hohen Stärkegehaltes der Maispflanze gelöst sind. Da die chemischen Komponenten ebenso gut wie die vOS geschätzt werden können, ist die Nahinfrarotspektroskopie (NIR) eine interessante Methode. Aber es fehlt noch eine genügend breite und genaue Datenbasis, um sie kalibrieren zu können.

Schätzung des Proteinwertes

Die Maispflanze weist einen tiefen Rohproteingehalt (80 bis 90 g/kg TS) auf, der von der Milchreife an relativ konstant bleibt. Der Gehalt an absorbierbarem Pro-

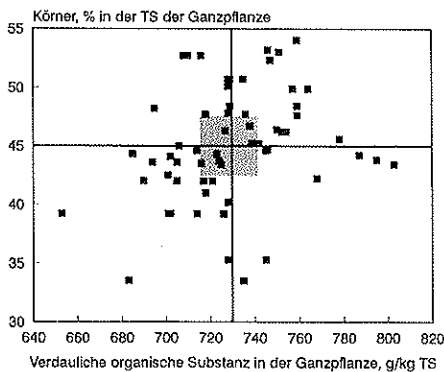


Abb. 6. Optimales Verhältnis zwischen dem Gehalt an verdaulicher organischer Substanz und dem Körneranteil in der Maispflanze (nach Daccord et al. 1995).

tein im Darm (APD) ist somit ebenfalls bescheiden (70 g/kg TS). Die Abbaubarkeit des Rohproteins (im Durchschnitt 72 %) ist geringen Schwankungen unterworfen, so dass eine Schätzung des Proteinwertes nur für Extremproben angezeigt ist, deren vOS mit zuverlässiger Genauigkeit geschätzt wurde.

Hohe vOS des Stengels oder hoher Kolbenanteil?

Der Energiewert kann nichts aussagen über die spezifischen physiologischen Wirkungen der Energiequellen. So ergibt die Vergärung der Rohfaser nicht die gleichen Endprodukte wie die Vergärung der löslichen Kohlenhydrate und Stärke. Für eine Hochleistungskuh (mehr als 30 kg/Tag) mit einem hohen Kraftfutteranteil in der Ration ist es vorteilhafter, eine Maissilage mit einer hohen vOS des Stengels vorgelegt zu bekommen als eine Maissilage mit einer tiefen vOS, aber hohem Körneranteil (Barrière und Emile 1990). Optimale Werte sind ein Gehalt an vOS von 730 g/kg TS, der einer vOS von 76 % entspricht, und ein Körneranteil in der TS der Ganzpflanze von 45 % (Abb. 6). Für das Mastrind ist ein höherer vOS-Gehalt günstiger wegen des tieferen Kraftfutteranteils in der Ration.

In Maissilage betonten Rationen spielt die Häcksellänge bei der Milchkuh eine größere Rolle, weil das Futterverzehriveau über dem des Masttieres liegt. Wegen des höheren Nährstoffbedarfes stellt die Milchkuh an die quantitative wie an die qualitative Proteingergänzung der Maissilage höhere Ansprüche als das Masttier.

Folgerungen

Die Maispflanze ergibt dank des hohen Körneranteils eine Silage mit einem hohen Ener-

giegehalt, vorausgesetzt, dass die Ernte (Häckseln), die Silierung und die Protein- und Mineralstoffergänzung optimal erfolgen. Noch zu häufig ist die Maissilage nichts anderes als eine Mischung aus minderwertigen Stengeln und Blättern mit Körnern.

In den meisten Fällen sind Analysen, um den Nährwert der Maissilage zu schätzen, überflüssig. Dem Praktiker genügt es, das teig- bis gelbreife Stadium, in dem die Pflanze einen TS-Gehalt von 30 bis 35 % aufweist, richtig einzuschätzen. Dieses Reifestadium entspricht dem besten Kompromiss zwischen Ertrag, Gärqualität und Futterverzehr.

LITERATUR

Andrieu J., Demarquilly C. et Wogiat-Litre E., 1981. Tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages. In: *Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants*. Ed. INRA, 345-560.

Andrieu J., Demarquilly C. et Sauvain D., 1988. Tables de la valeur nutritive des aliments. In: *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. INRA, 351-443.

Barrière Y. et Emile J.C., 1990. Effet des teneurs en grain et de la variabilité génétique sur la valeur énergétique du maïs ensilage mesurée par des vaches laitières. *Agronomie* 10, 201-212.

Barrière Y., Demarquilly C., Hebert Y., Dardenne P., Andrieu J., Maupetit P., Lila M. et Emile J.C., 1991. Influences de la variabilité génétique et environnementale sur la digestibilité in vitro ou in vivo du maïs fourrage. *Agronomie* 11, 151-167.

Daccord R., 1993. Einfluss der Struktur von Maissilage auf deren Verwertung durch Mastmuni. *Landwirtschaft Schweiz* 6, 51-53.

Daccord R. und Chaubert C., 1994. Formeln und Regressionsgleichungen. In: *Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer*. Forschungsanstalt für wirtschaftliche Produktion, Posieux, 3. überarb. Aufl., Zollikofen, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, 328 S.

Daccord R., Wyss U., Kessler J., Arrigo Y., Rouel M., Lehmann J., Jeangros B., 1994. Nährwert des Rauhfueters. In: *Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer*. Forschungsanstalt für wirtschaftliche Produktion, Posieux, 3. überarb. Aufl., Zollikofen, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, 328 S.

Daccord R., Arrigo Y., Vogel R. und Wyss U., 1995. Unveröffentlichte Versuchsergebnisse.

Dardenne P., Andrieu J., Barrière Y., Biston R., Demarquilly C., Feménias N., Lila M., Maupetit P., Riviere F. und Ronsin T., 1993. Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. II. Prediction of the in vivo organic matter digestibility. *Am. Zootech.* 42, 251-270.

Gruber L., Kopal H., Lettner F. und Parrer F., 1983. Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Nährstoffgehalt und den Ertrag von Silomais. *Das wirtschaftseigene Futter* 29, 87-109.

Schweizerischer Bauernverband, 1993. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung (70. Jahreshft), Brugg.

Vogel R., Wyss U. und Daccord R., 1994. Unveröffentlichte Versuchsergebnisse.

RÉSUMÉ

Valeur nutritive de l'ensilage de maïs

Malgré une production et une utilisation très répandues, l'ensilage de maïs est un fourrage dont la valeur nutritive reste difficile à estimer.

En particulier, sa valeur énergétique ne peut pas être évaluée avec précision au moyen des analyses chimiques conventionnelles. Les variations de la teneur en cellulose brute ou en lignocellulose (ADF) ne peuvent expliquer que partiellement les variations de la digestibilité de la matière organique qui sert de base au calcul de la valeur énergétique. L'analyse chimique de l'ensilage de maïs n'est intéressante que lorsque la récolte n'a pas pu se faire dans des conditions optimales (récolte trop tardive, développement défavorable).

Suivant les conditions de développement du maïs et sa variété, l'ensilage peut avoir une proportion de grains très variable pour une même teneur en matière organique digestible (MOD). Pour la vache laitière à haute production, une teneur d'environ 730 g de MOD/kg MS et une proportion d'environ 45 % de grains dans la matière sèche de la plante entière semblent être proches de l'optimum. Dans l'engraissement des bovins, une teneur en MOD plus élevée, grâce à une plus forte proportion de grains, est favorable.

La plante de maïs fournit un ensilage qui a une valeur énergétique élevée, pour autant que la récolte (stade et coupe), la mise en silo et la complémentation en matière azotée et en minéraux aient été faites dans les meilleures conditions. Encore trop souvent, l'ensilage de maïs n'est qu'un mélange de tiges et de feuilles fortement lignifiées avec des grains. Il est important que la récolte se fasse au stade optimal, c'est-à-dire au stade pâteux-vitreux, lorsque la plante a une teneur en matière sèche de 30 à 35 %. Ce stade représente dans nos conditions le meilleur compromis entre le rendement, la qualité de conservation et la consommation.

SUMMARY

Nutritive value of maize silage

In spite of its large production and utilisation maize silage remains a feed whose nutritive value is difficult to assess. Especially, its energetic value cannot be precisely evaluated with the conventional chemical analyses. The variations in crude fibre or in ADF cannot but partially explain the variations in the digestibility of organic matter, which serves as basis for the calculation of the energetic value. The chemical analysis of maize silage is not necessary but in cases of suboptimal harvest conditions (late harvest, bad development).

According to development and variety maize silages with the same digestible organic matter content (DOM) can have very different proportions of grains. For the high yielding dairy cow a DOM content of about 730 g/kg dry matter (DM) and a grain proportion of about 45% in the DM of the whole plant seem to be close to the optimum. In cattle fattening a higher DOM content due to a bigger proportion of grains is desirable.

The maize plant provides a silage with a high energetic value if harvesting (stage and cut) and ensiling as well as protein and mineral supplement were done under the best conditions. Still too often, maize silage is a mixture of lignified stalks, leaves, and grains. It is important to harvest maize in its optimal stage, i.e. wax ripe to yellow ripe, when the plant has a dry matter content of 30 to 35%. In our conditions, this stage represents the best compromise between yield, conservation quality and intake.

KEY WORDS: maize silage, nutritive value, digestibility of the organic matter