

Ernährungsphysiologische Bewertung von „Mais 2050“

Nutritional value of „maize 2050“

Ulrich Meyer¹, Liane Hüther¹, Remy Manderscheid², Hans-Joachim Weigel²,
Malte Lohölter¹, Anke Schenderlein¹

¹Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für
Tiergesundheit, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

²Institut für Biodiversität, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut
für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung des ernährungsphysiologischen Werts von Mais für Nutztiere unter dem Einfluss steigender atmosphärischer CO₂-Konzentration (380 ppm verglichen mit 550 ppm) hervorgerufen durch eine CO₂-Anreicherung unter Feldbedingungen (FACE) und dem Einfluss einer Variation der Wasserversorgung während des Pflanzenwachstums. Hierzu wurden der Roh Nährstoff-, der Faser- und der Stärkegehalt von Maispflanzen aus zwei Anbaujahren bestimmt. Zusätzlich fand für Maissilagen von drei aufeinander folgenden Ernteterminen (Ende August bis Ende September) eine Bestimmung des *in sacco*-Abbaus der Trockenmasse an Milchkühen statt. Erste Ergebnisse dieser Untersuchungen werden vorgestellt.

Schlüsselwörter: Mais, ernährungsphysiologischer Wert, FACE (CO₂-Anreicherung unter Feldbedingungen), Wiederkäuer, *in sacco* Abbaubarkeit

Abstract

The aim of the present study was to assess the influence of different levels of atmospheric CO₂ concentrations (380 ppm and 550 ppm) caused by Free Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE) and controlled summer drought on the nutritional value of corn for livestock. The crude nutrient, fiber and starch content of corn plants of two crop years were analysed. In addition the ruminal degradability of dry matter in cows (*in sacco*) of corn silages from three different harvesting dates from late August to late September was determined. First experimental results are briefly presented.

Key words: Corn, nutritional value, FACE (Free Air Carbon Dioxide Enrichment), ruminants, *in sacco* degradability

Einleitung

Mais hat als wichtiges Nahrungsmittel global einen hohen Stellenwert. Weiterhin ist Mais sowohl im mitteleuropäischen Raum als auch in anderen Regionen der Welt ein bedeutendes

betriebseigenes Futtermittel und ein Mischfutterbestandteil. Maisprodukte wie Silomais als Ganzpflanzensilage, Corn-Cob-Mix (CCM)-Silage und Körnermais finden in der Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, hauptsächlich von Wiederkäuern, Schweinen und Geflügel Verwendung. Nebenprodukte aus der industriellen Maisverarbeitung (z.B. der Stärke- und Alkoholherstellung) werden zumeist als Komponenten in der Mischfutterherstellung verwendet.

Durch den Anstieg der Konzentrationen von Kohlenstoffdioxid (CO₂) und weiteren Treibhausgasen wie z.B. Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) in der Atmosphäre werden für die Zukunft mit regional unterschiedlicher Ausprägung teilweise erhebliche Veränderungen des Klimas prognostiziert. Die Veränderungen von Klimawerten wie die steigende atmosphärische CO₂-Konzentration, erhöhte Umgebungstemperaturen und Änderungen der Niederschlagsverhältnisse verbunden mit extremen Wetterereignissen wie Dürreperioden oder starken Regenfällen lassen Auswirkungen unter Anderem auf die Zusammensetzung verschiedener wichtiger Futterpflanzen erwarten (Weigel und Manderscheid, 2005). Somit sind auch Änderungen des ernährungsphysiologischen Werts von Mais denkbar.

Freilanduntersuchungen zu den Effekten einer erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentrationen in Maisbeständen

Zur Untersuchung der Auswirkungen des Anstiegs der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre auf das Wachstum und die Qualität verschiedener Kulturpflanzen werden vom Institut für Biodiversität in Braunschweig Freiland-CO₂-Anreicherungsversuche durchgeführt. Dazu wird auf dem Versuchsfeld ein kammerloses Feldbegasungssystem (Free Air Carbon dioxide Enrichment, FACE) betrieben, das die Möglichkeit zum Vergleich der aktuellen Bedingungen (atmosphärische CO₂-Konzentration von ca. 380 ppm) mit dem für die Mitte dieses Jahrhunderts erwarteten Wert (ungefähr 550 ppm) bietet. Als zusätzlicher Faktor findet die Wasserversorgung während des Pflanzenwachstums (ausreichend bzw. Trockenstress) Berücksichtigung. Das im Rahmen der Maisversuche gewonnene Erntegut bildet die Basis für die am Institut für Tierernährung vorgenommenen weiterführenden Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Bewertung.

Möglichkeiten zur ernährungsphysiologischen Bewertung von Mais

Die Bewertung des Futtermittels Mais kann zunächst durch chemisch-analytische Untersuchungen vorgenommen werden. Hierzu dienen die Ergebnisse der Weender Futtermittelanalyse (Naumann und Bassler, 1993), die durch eine differenzierte Analytik der Kohlenhydrate (Stärke, Zucker, NDF, ADF u.a.) sowie beispielsweise auch durch die Bestimmung von Mengenelementen, Spurenelementen, Aminosäuren, Vitaminen und Fettsäuren ergänzt werden kann. Weitere Kennzahlen z.B. zur energetischen Futtermittelbewertung oder zur Abbaubarkeit von Nährstoffen im Verdauungstrakt sind durch Untersuchungen am Tier zu ermitteln.

Erste Ergebnisse der ernährungsphysiologischen Untersuchung der im Braunschweiger FACE-Versuch geernteten Maispflanzen werden nachfolgend vorgestellt.

Rohnährstoffgehalt der Ganzpflanzen und der Maissilagen

Der Rohnährstoff- und der Stärkegehalt sowie die verschiedenen Faserfraktionen der Maisganzpflanzen aus zwei Versuchsjahren sind für die einzelnen Behandlungen (mit und ohne CO₂-Anreicherung bzw. Trockenstress) in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Gehalt der Maispflanzen an Trockensubstanz (T), Rohasche (XA), Rohfett (XL), Rohprotein (XP), Stärke (XX), Rohfaser (XF), Saurer Detergenzienfaser (ADF) und Neutraler Detergenzienfaser (NDF) Mittel von Versuchsjahr I und II

	Jahr		550 ppm CO ₂	550 ppm CO ₂	380 ppm CO ₂	380 ppm CO ₂	Differenzen innerhalb Jahr (p<0,05)		
			bewässert	Trockenstress	bewässert	Trockenstress	CO ₂	Wasser	CO ₂ *Wasser
T	%	I	27,7	28,1	28,1	28,6			
		II	35,8	40,5	36,4	39,1		*	
XA	%i.d.T	I	4,9	4,3	5,1	4,2		*	
		II	4,1	3,6	3,9	4,1			*
XL	%i.d.T	I	2,9	3,2	3,1	3,3			
		II	3,4	3,2	3,6	2,7		*	
XP	%i.d.T	I	6,0	5,7	6,0	5,6			
		II	5,8	5,4	5,8	6,2			
XX	%i.d.T	I	31,0	31,6	31,0	31,4			
		II	35,0	33,6	36,2	(23,8)			
XF	%i.d.T	I	21,4	19,3	21,0	19,4		*	
		II	19,3	20,7	19,0	21,9		*	
ADF	%i.d.T	I	23,5	22,3	23,5	21,7			
		II	22,4	23,8	21,9	25,9		*	
NDF	%i.d.T	I	51,9	49,4	52,7	49,0		*	
		II	43,4	46,6	43,1	50,0		*	

Die für die verschiedenen Untersuchungsparameter ermittelten Ergebnisse bewegen sich im Rahmen üblicher Werte für Maisganzpflanzen. Teilweise festgestellte Differenzen zwischen den Werten, insbesondere beim Fasergehalt, sind auf die unterschiedliche Wasserversorgung der Pflanzen während der Wachstumsperiode zurückzuführen.

Tabelle 2 zeigt die Zusammensetzung der in der Untersuchung zur Ermittlung des Trockenmasseabbaus an Milchkühen verwendeten Maissilagen. Diese stammen von drei Erntezeitpunkten (Ende August, Mitte September, Ende September) des zweiten Anbaujahres und umfassen wieder die einzelnen Behandlungen mit und ohne CO₂-Anreicherung sowie mit und ohne Trockenstress.

Tabelle 2: Gehalt der Maissilagen an Trockensubstanz (T), Rohasche (XA), Rohfett (XL), Rohprotein (XP), Stärke (XX), Rohfaser (XF), Saurer Detergenzienfaser (ADF) und Neutraler Detergenzienfaser (NDF) bei unterschiedlichen Erntezeitpunkten

Erntezeitpunkt		T	XA	XL	XP	XX	XF	ADF	NDF
		%				%i.d.T			
1	550 ppm CO ₂ bewässert	26,1	4,5	1,8	5,8	21,7	23,4	26,7	51,3
	550 ppm CO ₂ Trockenstress	27,0	4,3	2,0	5,8	17,4	23,7	26,2	51,3
	380 ppm CO ₂ bewässert	25,1	4,1	1,9	5,9	18,6	22,6	25,8	49,4
	380 ppm CO ₂ Trockenstress	27,8	4,1	1,8	6,3	15,2	23,6	26,1	52,1
2	550 ppm CO ₂ bewässert	30,8	3,9	2,7	6,0	30,0	21,4	24,6	44,4
	550 ppm CO ₂ Trockenstress	32,6	3,8	2,5	5,6	26,6	21,8	24,0	47,2
	380 ppm CO ₂ bewässert	31,5	3,8	2,4	5,1	28,3	22,4	25,0	48,4
	380 ppm CO ₂ Trockenstress	33,9	3,6	2,4	5,5	27,3	21,4	24,1	48,6
3	550 ppm CO ₂ bewässert	34,7	4,2	2,5	5,1	32,6	20,1	22,8	42,9
	550 ppm CO ₂ Trockenstress	40,6	3,7	2,5	5,1	31,9	20,0	23,3	45,3
	380 ppm CO ₂ bewässert	36,3	3,9	2,4	5,0	35,7	18,5	20,9	40,9
	380 ppm CO ₂ Trockenstress	39,0	4,1	2,1	6,3	26,7	20,4	23,4	47,3

Die Behandlungen mit ausreichender Bewässerung wiesen in Vergleich mit den Trockenstressvarianten zu allen Erntezeitpunkten einen geringeren Trockenmassegehalt auf (Erntezeitpunkt 1: 25,6 % bzw. 27,4 % T, 2: 31,2 % bzw. 33,3 % T, 3: 35,5 % bzw. 39,8 % T), wobei die Differenzen im Zeitverlauf stiegen (1,8; 2,1 und 4,3 %-Punkte).

Mit späterem Erntezeitpunkt zeigte sich bei der Untersuchung der Maissilagen ebenfalls die erwartete Abnahme des Gehalts an Gerüstsubstanzen sowie die Zunahme des Stärkegehalts. Die mit 550 ppm CO₂ behandelte Variante wies bei Trockenstress einen geringeren NDF-Gehalt auf als die Kontrolle mit 380 ppm CO₂. Der Unterschied vergrößerte sich mit fortschreitender Abreife von 0,8 über 1,4 auf 2,0 %-Punkte.

Der Vergleich der mit zunehmender Abreife steigenden Stärkegehalte zwischen den Behandlungen zeigt ein uneinheitliches Bild. Unter den Bedingungen einer knappen Wasserversorgung deuten sich Vorteile für die mit 550 ppm CO₂ behandelten Varianten an.

Die Gehalte an Rohasche, Rohfett und Rohprotein variierten zwischen den drei Erntezeitpunkten nur geringfügig, wobei Beziehungen zur CO₂-Konzentration oder zum Bewässerungsregime nicht erkennbar sind.

Ermittlung des Trockenmasse-*in sacco*-Abbaus der Maissilagen an Milchkühen

Die Bestimmung des *in sacco*-Abbaus der Trockenmasse der Maissilagen wurde in Anlehnung an die von Flachowsky et al. (1988) beschriebene Methodik vorgenommen. Hierzu kamen sechs am Pansen fistulierte nicht laktierende Kühe der Rasse Deutsche Holstein mit einer mittleren Lebendmasse von 663 ± 69 kg zum Einsatz.

Die Tiere befanden sich während des Versuchs ohne Einstreu in Anbindehaltung und erhielten täglich 4,1 kg Trockenmasse (T) einer Mischung aus 60 % Mais- und 40% Grassilage (auf T-Basis) und 2 kg einer Kraffuttermischung. Die zu inkubierenden Proben der Maissilagen wurden gefriergetrocknet und über ein 3 mm Sieb mit einer Zentrifugalmühle vermahlen. Von den so vorbehandelten Proben wurden jeweils 4 g in Nylonbeutel mit einer Größe von 10 x 20 cm und einer mittleren Porengröße von 53 ± 10 µm (Hersteller: Bar Diamond Inc., Parma, Idaho, USA) eingewogen. Die Inkubation der Proben erfolgte für jedes Tier über einen Zeitraum von 2, 4, 8, 16, 24, 48 und 96 Stunden. Nach der Inkubation wurden die Nylonbeutel gewaschen, getrocknet und gewogen. Vom Ausgangsmaterial und von den Inkubationsrückständen wurde der T-Gehalt bestimmt (Naumann und Bassler, 1993) und es wurden die potenziellen und effektiven Abbaubarkeiten der Trockenmasse ermittelt (Ørskov und McDonald, 1979).

Die potenzielle Abbaubarkeit der Trockenmasse und die effektive Abbaubarkeit (Passagerate von 4% pro Stunde) von Maissilagen aus drei Erntezeitpunkten mit und ohne CO₂-Anreicherung sowie mit und ohne Trockenstress sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Potenzielle und effektive Abbaubarkeit der Trockenmasse von Maissilagen bei unterschiedlichen Erntezeitpunkten

Erntezeitpunkt		Potenzielle Abbaubarkeit	Effektive Abbaubarkeit (Passagerate 4%/Stunde)
		%	%
1	550 ppm CO ₂ bewässert	68,0	50,9
	550 ppm CO ₂ Trockenstress	67,3	50,0
	380 ppm CO ₂ bewässert	69,6	51,6
	380 ppm CO ₂ Trockenstress	68,3	50,4
2	550 ppm CO ₂ bewässert	72,3	51,7
	550 ppm CO ₂ Trockenstress	72,3	49,8
	380 ppm CO ₂ bewässert	72,5	49,7
	380 ppm CO ₂ Trockenstress	72,4	50,3
3	550 ppm CO ₂ bewässert	73,4	51,6
	550 ppm CO ₂ Trockenstress	76,3	48,7
	380 ppm CO ₂ bewässert	74,8	51,3
	380 ppm CO ₂ Trockenstress	73,0	45,9

Die mittlere potenzielle Abbaubarkeit der Trockensubstanz nahm mit späterer Ernte zu (Erntezeitpunkte 1 bis 3: 68,3; 72,4 und 74,4%) und differierte zwischen dem höchsten und dem geringsten Wert um 9%-Punkte. Der höchste Wert wurde für die mit 550 ppm CO₂ behandelte Variante bei Trockenstress gemessen. Die effektive Abbaubarkeit der Trockensubstanz bei einer Passagerate von 4% je Stunde lag bei 50,2% und zeigte nur geringe Abweichungen zwischen den drei Erntezeitpunkten. (Erntezeitpunkte 1 bis 3: 50,7; 50,4 und 49,4%). Insgesamt zeigten sich nur geringfügige Effekte der CO₂-Anreicherung auf die Abbaubarkeit der Trockensubstanz von Maissilagen, so dass von keiner nennenswerten Veränderung des Futterwertes auszugehen ist.

Literatur

Flachowsky, G., Schneider, M., Ochrimenko, W. I., Richter, G. H., Löhnert, H.-J. (1988): Methodische Hinweise zur Anwendung der Nylonbeutel-Technik beim Wiederkäuer. Schriftenreihe der Lehrgangseinrichtung für Fütterungsberatung Jena-Remderoda 11:20-26

Naumann, C., Bassler, R. (1993): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt

Ørskov, E.R., McDonald, I. (1979): Estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92:499-503

Weigel, H.J., Manderscheid, R. (2005): CO₂ enrichment effects on forage and grain nitrogen concentration of pasture and cereal plant species. J. Crop Improvement 13:73-89