



Aerobe Stabilität von Maissilagen

Monique ROUEL und Ueli WYSS, Eidgenössische Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion (FAG), CH-1725 Posieux

Maissilagen weisen zwar sehr gute Gäreigenschaften aus, sie sind jedoch, insbesondere bei der Sommerfütterung, stark gefährdet durch Nachgärungen. Wie Untersuchungen an der FAG gezeigt haben, spielt in erster Linie der TS-Gehalt, also die Wahl des optimalen Erntetermins, eine entscheidende Rolle. Zwischen verschiedenen Maissorten konnten zusätzliche Unterschiede bezüglich der aeroben Stabilität festgestellt werden. Dafür dürfte vor allem die Essigsäure verantwortlich sein, die einen hemmenden Einfluss auf das Wachstum der Hefepilze hat.

Verantwortlich für die Nachgärungen sind in erster Linie die Hefepilze, die sich unter Lufteinfluss und bei hohen Temperaturen sehr stark vermehren. Daneben spielen aber auch die Schimmelpilze und in Gegenwart von Ethanol auch Bakterien als Auslöser eine Rolle (Woolford und Wilke 1984; Spoelstra *et al.* 1988; Spoelstra 1994).

Bei den Nachgärungen handelt es sich streng genommen nicht um eine Gärung, sondern bedingt durch die oben genannten Mikroorganismen um einen oxidativen Abbau von Restzucker, Milchsäure und weiteren organischen Verbindungen, wobei Kohlendioxid und Wasser gebildet wird. Diese Prozesse sind gekennzeichnet durch eine starke Erwärmung des Futters, durch einen pH-Anstieg und durch hohe Nährstoffverluste. Die Nachgärungen treten vorwiegend bei der Entnahme des Futters auf und werden durch zu geringe Entnahmemengen stark gefördert. Die Ursachen sind jedoch oft schon auf Fehler beim Einsilieren zurückzuführen. So wird, bei hohen TS-Gehalten und ungenügenden Häckselqualitäten, das Futter weniger stark verdichtet oder das Einsilieren des Futters erfolgt zu langsam, was zur Folge hat, dass die Luft nicht schnell genug entfernt wird und sich schon in der Anfangsgärphase eine Hefepopulation entwickeln kann.

Ob es auch zwischen den verschiedenen Maissorten Unterschiede hinsichtlich der Anfälligkeit gegenüber den Nachgärungen gibt, wird oft von der Praxis nachgefragt. Da 1992 an der FAG drei verschiedene Sorten angebaut wurden, und der Mais für Verdauungsversuche bei zwei unterschiedlichen Ernteterminen einsiliert wurde, bestand die Gelegenheit, den Einfluss des TS-Gehaltes und der Sorten-

wahl auf die aerobe Stabilität genauer zu untersuchen. Im vorliegenden Beitrag werden, neben dem Wachstumsverlauf und den Rohnährstoffgehalten beziehungsweise den Gärparametern, speziell die Aspekte bezüglich der aeroben Stabilität behandelt.

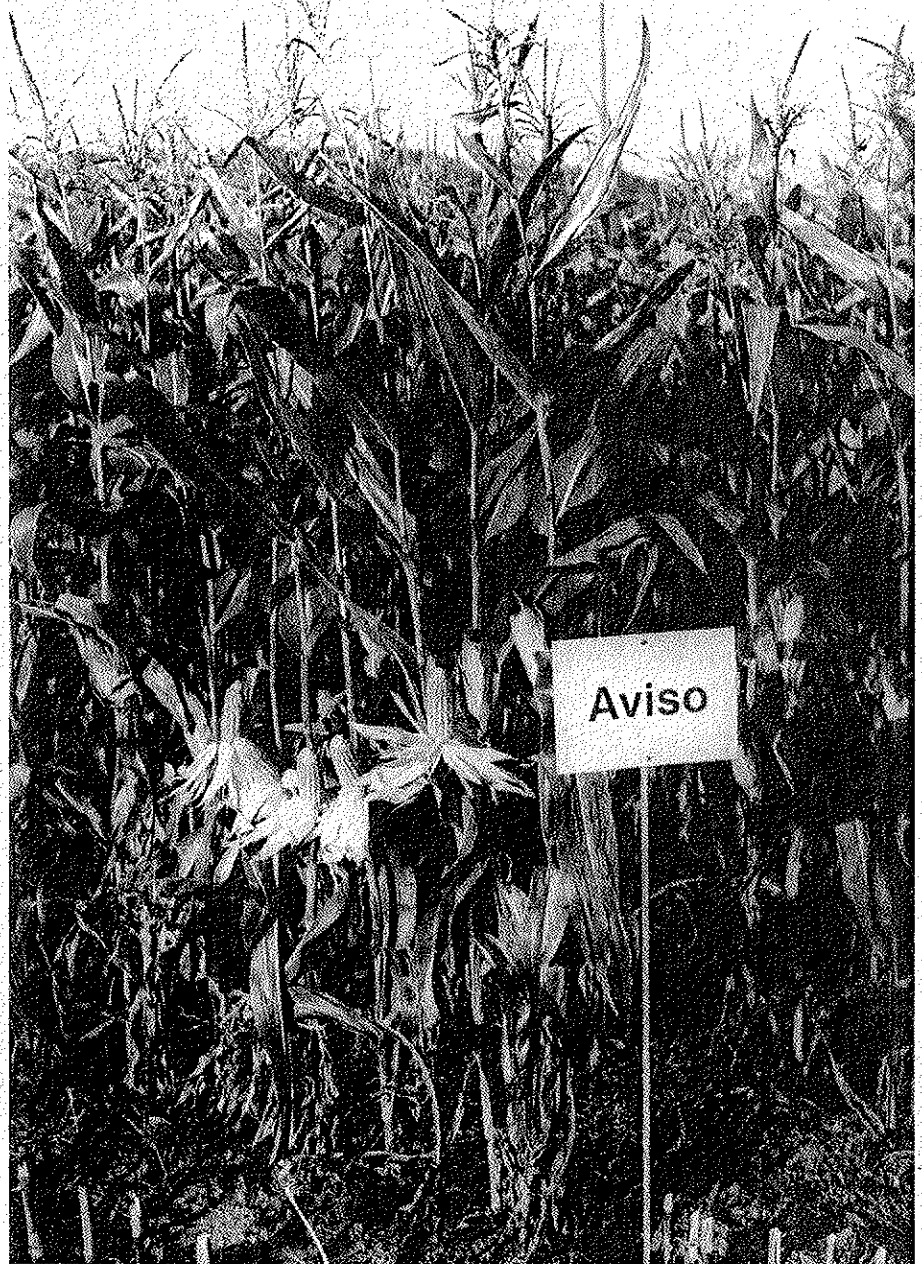


Abb. 1. Maissorten, die eine intensivere Milchsäuregärung durchmachen und bei denen weniger Essigsäure gebildet wird, sind etwas anfälliger gegenüber Nachgärungen.

Wachstumsentwicklung und Silierbedingungen

Bei den drei Maissorten handelte es sich um die mittelspäte Sorte LG-11 und die beiden frühreifen Sorten Aviso und Corso. Die Saat erfolgte am 6. Mai. Bereits am 20. Juli blühten die Sorten LG-11 und Aviso, Corso erreichte die Blüte zwei Tage später. Dies stellt übrigens den frühesten Blühtermin dar, der in den letzten 16 Jahren jemals an der FAG festgestellt wurde.

Ab dem Zeitpunkt der Blüte wurden alle zehn Tage Proben getrennt nach den Stengeln/Blättern und den Kolben gezogen, um die Entwicklung der Gehaltswerte verfolgen zu können. Die Wachstumsentwicklung wurde im Sommer 1992 stark beeinflusst von den geringen Niederschlagsmengen. Unter der Trockenheit hat insbesondere die Sorte Corso gelitten, so trockneten die Blätter ab der Teigreife im Vergleich mit den beiden anderen Sorten stärker ab, was auch aus der Abbildung 2 ersichtlich ist.

Die Sorten wurden einerseits im Stadium Teigreife und andererseits 15 beziehungsweise 21 Tage später im Stadium Gelbreife in Hochsilos zu 9 m³ Inhalt (Durchmesser 2,2 m) einsiliert (Tab. 1). Für die Ernte wurde ein zweireihiger Häcksler mit Riffelblech eingesetzt und die theoretische Häcksellänge betrug 8 mm. Wie stark sich das Futter der verschiedenen Sorten nach dem Einsilieren verdichten liess, ist aus Abbildung 3 ersichtlich. Obwohl beim ersten Erntetermin schon alle drei Sorten einen durchschnittlichen TS-Gehalt von über 30 % und beim zweiten Termin von rund 40 % aufwiesen, ist die Bezeichnung des Stadiums Teig- beziehungsweise Gelbreife noch gerechtfertigt, da durch die höheren TS-Gehalte in den Stengeln/Blättern, bedingt durch den Wasserstress, die Gesamtpflanzen höhere TS-Gehalte aufwiesen. Zudem entsprach die Beschaffenheit der Körner diesen Stadien.

Der Kolbenanteil war bei der Sorte Corso im Vergleich mit den anderen Sorten wesentlich tiefer (Tab. 1); dies ist vor allem auf die Grösse der Pflanzen zurückzuführen. Bei der Sorte Aviso konnte der höchste Kolbenanteil festgestellt werden, wobei diese Pflanzen im Vergleich zu Corso fast 50 cm kleiner waren. Bezüglich den Erträgen konnten im Stadium Teigreife bei allen drei Sorten ähnliche Werte erzielt werden (Tab. 1). Dass der Ertrag bei der Sorte Corso bis zur Gelbreife fast nicht mehr gestiegen ist, ist auf die Trockenheitsprobleme zurückzuführen.

Gute Gärqualitäten der Silagen

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, wiesen beim Einsilieren die beiden Sorten LG-11 und Aviso im Stadium Teigreife praktisch

die gleichen und im Stadium Gelbreife sehr ähnliche Gehaltswerte auf. Bei der Sorte Corso wurden hingegen im Vergleich zu den anderen Sorten einerseits höhere Rohfaser-, andererseits tiefere Zucker- und Stärkegehalte festgestellt. Diese

Unterschiede sind jedoch keine direkten charakteristischen Sortenmerkmale, sondern vor allem auf die stärkere Anfälligkeit gegenüber dem Wasserstress zurückzuführen.

Die Gehaltswerte in den Silagen waren mit Ausnahme des Zuckergehaltes in der Regel höher als im grünen Material (Tab. 3). Beim Zucker fand ein Abbau statt, dieser diente vor allem den Milchsäurebakterien als Nährsubstrat. Da beim Mais, geerntet in der Gelbreife, eine weniger intensive Milchsäuregärung stattfand, wurde bei diesem Material auch etwas weniger Zucker abgebaut. Trotzdem war die Milchsäuregärung ausreichend, um den pH-Wert genügend stark abzusenken. Betreffend der Gärqualität wiesen alle Silagen aufgrund der gebildeten Gärsäuren, dem geringen Proteinabbau, und der tiefen pH-Werte eine sehr gute Qualität auf. Dies wirkte sich auch positiv auf die Konservierungsverluste aus. Die mit Hilfe der Bilanzbeutelmethode bestimmten TS-Verluste lagen bei allen Silagen unter 5 %.

Aerobe Stabilität durch TS-Gehalt beeinflusst

Die aerobe Stabilität wurde anhand von Temperaturmessungen, die jeweils alle zwei Stunden während 14 Tagen nach der Entnahme durchgeführt wurden, ermittelt. Als Zeitpunkt der Erwärmung beziehungsweise der aeroben Instabilität wurde der Moment angesehen, wo die Temperatur in der Silage um mehr als 1 °C über der Lokaltemperatur, die rund 20 °C betrug, lag. Die Prüfung der aeroben Stabilität

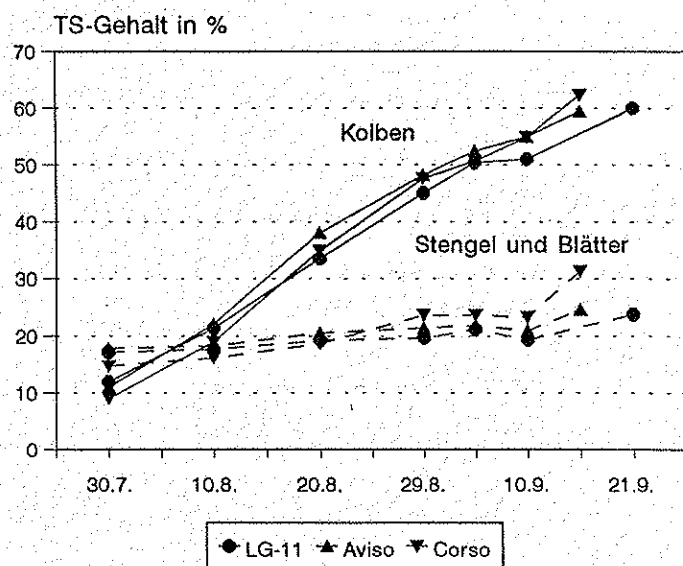


Abb. 2. Entwicklung des TS-Gehaltes in den Kolben, Stengeln und Blättern der drei verschiedenen Maissorten.

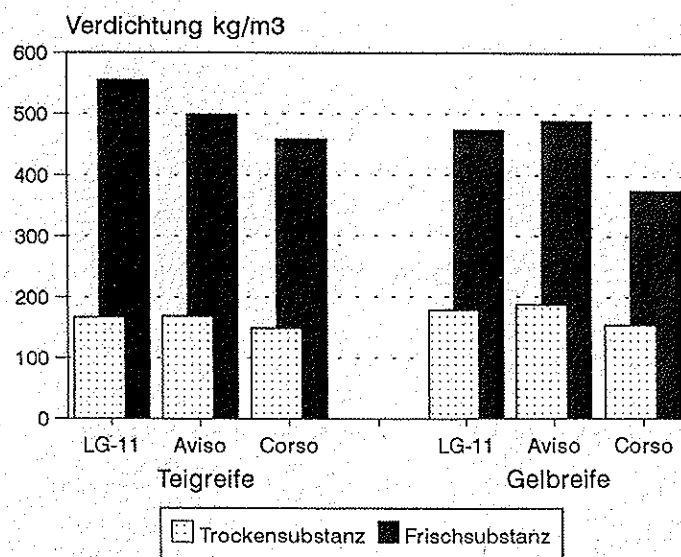


Abb. 3. Durchschnittliche Verdichtungen des Futters nach dem Einsilieren und Beschwerung mit Wasserpresse.

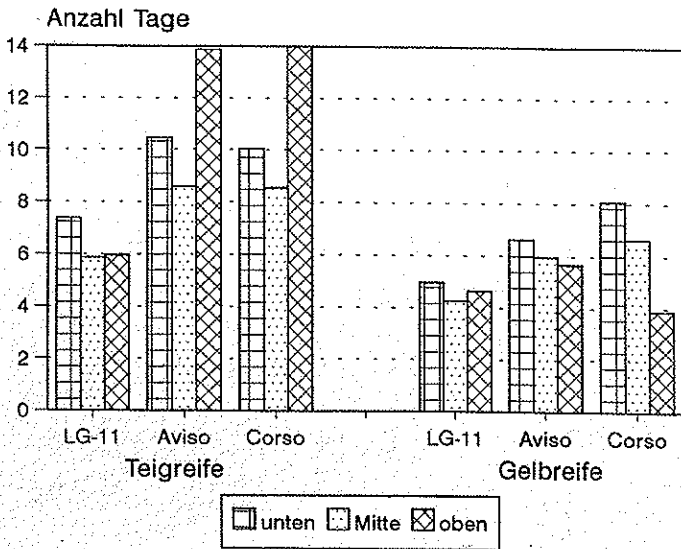


Abb. 4. Aerobe Stabilität des Futters nach der Entnahme, getrennt nach der untersten, mittleren und obersten Schicht im Silo.

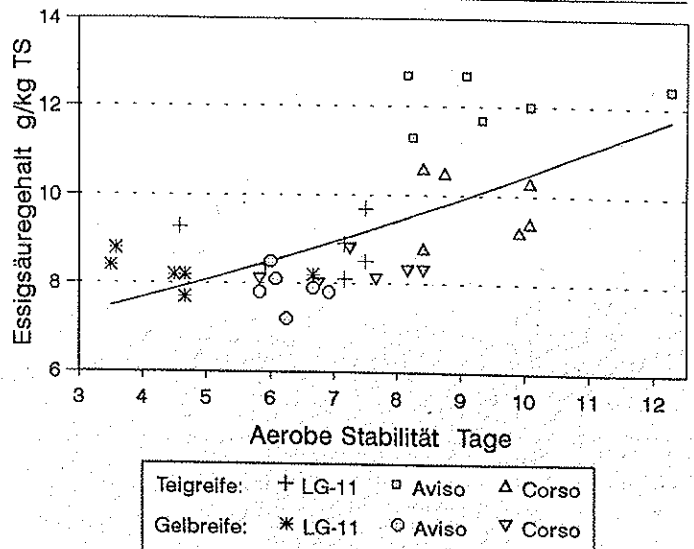


Abb. 5. Zusammenhang zwischen der aeroben Stabilität und den Essigsäuregehalten der Proben aus der untersten und mittleren Schicht der Silos.

Tab. 1. Kolbenanteile und Erträge aufgeteilt nach den Reifegraden und Sorten

		Teigreife			Gelbreife		
		LG-11	Aviso	Corso	LG-11	Aviso	Corso
Erntetermin	1992	2.9.	2.9.	2.9.	21.9.	16.9.	16.9.
Kolbenanteil	%	56,1	60,6	51,0	64,2	64,8	54,7
Ertrag	TS q/ha	147,9	146,9	148,6	156,8	151,4	149,9

Tab. 2. Rohrnährstoffgehalte des Ausgangsmaterials

		Teigreife			Gelbreife		
		LG-11	Aviso	Corso	LG-11	Aviso	Corso
TS-Gehalt	%	31,4	34,9	33,8	38,3	39,3	42,1
Rohasche	g/kg TS	36	35	38	35	34	39
Rohprotein	g/kg TS	80	79	80	76	76	79
Rohfaser	g/kg TS	177	178	210	165	172	214
Stärke	g/kg TS	320	324	278	377	368	333
Zucker	g/kg TS	106	103	97	67	81	59

Tab. 3. Durchschnittliche Rohrnährstoffgehalte und Gärparameter der Silagen

		Teigreife			Gelbreife		
		LG-11	Aviso	Corso	LG-11	Aviso	Corso
TS-Gehalt	%	31,3	34,2	32,8	38,0	38,0	41,5
Rohasche	g/kg TS	37	35	41	36	34	38
Rohprotein	g/kg TS	83	82	83	77	81	84
Rohfaser	g/kg TS	183	182	215	168	169	209
Stärke	g/kg TS	329	334	275	386	379	334
Zucker	g/kg TS	43	41	51	19	25	21
pH		3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	4,0
Ethanol	g/kg TS	2,8	3,2	2,8	2,9	2,7	2,1
Essigsäure	g/kg TS	8,8	12,0	10,1	8,3	8,1	8,2
Propionsäure	g/kg TS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Buttersäure	g/kg TS	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Milchsäure	g/kg TS	57,1	42,1	47,4	44,1	41,1	35,7
fl. S./Ges. S.	%	13,6	22,2	17,5	15,9	16,4	18,6
NH ₃ -N/Ges. N	%	5,0	4,8	5,6	5,0	5,5	5,7

fl. S./Ges. S.: Anteil der flüchtigen Säuren an der Gesamtsäure
 NH₃-N/Ges. N: Ammoniakstickstoffanteil am Gesamtstickstoff

erfolgte mit dem Futter aus den Bilanzbeuteln. In allen Silos waren insgesamt neun Bilanzbeutel vorhanden, wobei sich je drei in der untersten, mittleren und obersten Schicht im Silo befanden. In der Abbildung 4 sind die Durchschnittswerte, getrennt nach den drei Schichten, dargestellt. Bei allen drei Sorten erwärmten sich einerseits die in der Teigreife geernteten Silagen im Vergleich zur Gelbreife weniger schnell und andererseits war das Futter zuunterst im Silo aerob stabiler als mitten im Silo. Diese Feststellungen sind in erster Linie auf die unterschiedlichen TS-Gehalte und die Verdichtungen des Futters zurückzuführen, die unten im Silo, bedingt durch das Eigengewicht, höher waren. Dass bei einer höheren Verdichtung die Luft weniger stark in das Futter eindringen kann, und demzufolge stärker verdichtetes Futter weniger anfällig gegenüber Nachgärungen ist, zeigen auch die Untersuchungen von Honig (1994) und Vogel (1992).

Unterschiedliche Ergebnisse wurden beim Futter aus der obersten Schicht festgestellt. Wie erwartet wurde, erwärmte sich das Futter, geerntet in der Gelbreife, bei allen drei Sorten oben schneller als in den unteren Schichten. Am wenigsten stabil war dabei der Mais der Sorte Corso, wo in der obersten Schicht auch *Monascus* Pilze festgestellt wurden.

In der Teigreife war das Futter der beiden Sorten Aviso und Corso oben im Silo wesentlich stabiler als in den unteren Schichten. Welches die Gründe für diese Unterschiede sind, ist nicht genau bekannt.

Auch Sortenwahl beeinflusst aerobe Stabilität

Bezüglich der aeroben Stabilität konnten auch Sorteneinflüsse festgestellt werden, so erwärmte sich das Futter der Sorte LG-11 sowohl in der Teig- als auch Gelbreife etwas schneller als von den Sorten Aviso und Corso (Abb. 3). Dass neben dem TS-Gehalt und der Verdichtung auch andere Faktoren die aerobe Stabilität beeinflussen, zeigen die Ergebnisse der Sorte Corso. Trotz der höheren TS-Gehalte und der schlechteren Verdichtung waren diese Silagen im Vergleich mit der Sorte LG-11 aerob stabiler. Gewisse Hinweise für diese Unterschiede können die Essigsäuregehalte geben, die einen hemmenden Einfluss auf das Wachstum der Hefepilze haben (Wolthusen *et al.* 1989). Aus Abbildung 5 ist der Zusammenhang zwischen den Essigsäuregehalten und der aeroben Stabilität ersichtlich. Ähnliche Beobachtungen, jedoch bei höheren Essigsäuregehalten, wurden auch von Weise (1989) festgestellt.

Optimales Erntestadium entscheidend

Die Ergebnisse des vorliegenden Versuches bestätigen die bekannte Feststellung, dass Mais mit einem höheren TS-Gehalt beziehungsweise höherem Reifegrad anfälliger gegenüber Nachgärungen ist. Zudem konnte innerhalb des Silos zum Teil ein Einfluss von der Schichthöhe festgestellt werden, was auf die unterschiedliche Verdichtung, bedingt durch das Eigengewicht, zurückzuführen ist.

Obwohl auch zwischen den drei Maissorten gewisse Unterschiede hinsichtlich der aeroben Stabilität beobachtet werden konnten, und sich insbesondere die Silagen mit dem günstigsten Gärverlauf (homofermentative Gärung) schneller erwärmten, bildet auch in Zukunft die Wahl des optimalen Erntestadiums (Ende Teig- bis Mitte Gelbreife) das wichtigste Kriterium beim Maissilieren. Durch die Einhaltung der Silierregeln (kurz häckseln - rasch einfüllen - gut verdichten - luftdicht abschliessen) und bei besonders anfälligem Material durch den zusätzlichen Einsatz von geeigneten Siliermitteln sollte das Problem Nachgärungen auch beim Silomais besser unter Kontrolle gebracht werden.

LITERATUR

Honig H., 1994. Amount and effects of gas exchanges in silage stacks. Workshop proceedings of the 15th General Meeting of the European Grassland Federation, Wageningen, 143-145.

Spoelstra S.F., Courtin M.G. and van Beers H., 1988. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 111, 127-132.

Spoelstra S.F., 1994. Influences of air on silage preservation and aerobic stability. Proceedings of the 15th General Meeting of the European Grassland Federation, Wageningen, 566-577.

Vogel R., 1992. Silierbedingungen für Silomais und Wirksamkeit der Impfung mit Milchsäurebakterien. *Landwirtschaft Schweiz* 5 (4), 161-168.

Weise G., 1989. Aerobic stability of silages and factors influencing it. Proceedings of the International Symposium on production, evaluation and feeding of silage, Rostock, 131-136.

Wolthusen Elke, Weissbach F. and Derno M., 1989. Fermentation acid content and aerobic stability of silages. Proceedings of the International Symposium on production, evaluation and feeding of silages, Rostock, 123-130.

Woolford M.K. and Wilkie Ann C., 1984. Investigations into the role of specific microorganisms in the aerobic deterioration of maize silage. *J. Agric. Sci* 102, 97-104.

RÉSUMÉ

Stabilité aérobie de l'ensilage de maïs

La tendance à l'échauffement de l'ensilage de maïs est-elle différente d'une variété à l'autre? Cette question est souvent posée dans la pratique. La variété mi-tardive LG-11 et les deux variétés précoces, Aviso et Corso, ensilées sous forme de plante entière à deux stades de maturité, correspondant l'un à un grain stade pâteux mou et l'autre à un grain stade pâteux dur, nous ont permis d'analyser l'influence de la teneur en matière sèche et de la variété sur la stabilité aérobie du fourrage au moment du désilage.

Le déficit hydrique enregistré durant l'été 1992 a particulièrement marqué la croissance de la variété Corso, dont les teneurs en cellulose brute sont les plus hautes et celles en sucres et en amidon les plus basses. Pour les trois variétés, la fermentation lactique a été suffisante pour faire chuter le pH en-dessous de 4, même si elle a été moins importante dans le fourrage récolté au stade pâteux dur, et l'excellente qualité fermentaire des ensilages a permis de maintenir les pertes en matière sèche

inférieures à 5%. Au désilage, le fourrage récolté au stade pâteux dur a été le premier à atteindre le seuil d'instabilité aérobie (échauffement). Son plus faible tassement, dû à des teneurs élevées en matière sèche, a favorisé la pénétration de l'air dans le fourrage et permis un redémarrage plus rapide de l'activité des microorganismes aérobies. Le fourrage se trouvant au fond du silo, plus fortement tassé que celui se trouvant au milieu ou dans la partie supérieure du silo, a présenté la meilleure stabilité aérobie. Bien que la variété LG-11 ait eu la plus mauvaise stabilité aérobie aux deux stades de récolte, probablement en raison de teneurs en acide acétique trop faibles pour pouvoir limiter le développement des microorganismes aérobies, l'influence de la variété est moindre que celle de la teneur en matière sèche au moment de l'ensilage.

SUMMARY

Aerobic stability of maize silage

Whole plant silage made of the semi-late maize variety LG-11 and of the two early varieties Aviso and Corso ensiled at two stages of maturity (dough-ripe and yellow ripe) gave us the possibility to examine the influence of dry matter content and variety on the aerobic stability of the fodder when it was unloaded.

The water deficit in summer 1992 particularly marked the growth of Corso which had the highest contents in crude fibre and the lowest sugar and starch contents. In all three varieties, lactic fermentation was sufficient to bring all pH-values under 4, although the fermentation of the yellow ripe fodder was less intensive. The excellent fermentation quality of the silages kept dry matter losses under 5%.

When unloading, the yellow ripe fodder became warm first. Its lower degree of consolidation as a result of high dry matter contents made air infiltration in fodder easier and thus aerobic activity of the microorganisms started earlier. Fodder from the lower part of the silo, better consolidated than fodder from other parts in the silo, had the best aerobic stability. The influence of the variety was lower than the influence of dry matter content, although the variety LG-11 had the worst aerobic stability for both ensiling stages, probably due to the low acetic acid contents not being able to limit the development of aerobic microorganisms.

KEY WORDS: aerobic stability, maize varieties, whole plant maize silage, stage of maturity, fermentation quality, acetic acid