



# Wettereinfluss auf Wachstum und Reifung von Silomais\*

Marco MEISSER und Ueli WYSS, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux

**Das Wetter beeinflusst die Wachstumsentwicklung der Maispflanzen stark. Die benötigte Temperatursumme bis zum Erreichen des Stadiums der Blüte ist sehr konstant. Es besteht eine enge Beziehung zwischen Temperatursumme und Trockensubstanzgehalt des Kolbens beziehungsweise der Ganzpflanze. Bei normalem Wachstum ist die Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) und auch der Energiegehalt relativ konstant. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen, speziell nach der Blüte, zeigt die vOS insbesondere in Stengeln und Blättern tiefe Werte. Dadurch vermindert sich der Energiegehalt in der ganzen Pflanze.**

Die Produktion einer qualitativ guten Maissilage wird von der Maissorte mitbestimmt, die entsprechend sorgfältig auf die betrieblichen Bedürfnisse abzustimmen ist. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) ist dabei ein wesentliches Qualitätsmerkmal. Es ist bekannt, dass eine ungünstige Wetterentwicklung wie anhaltende Trockenheit, ungewöhnliche Temperaturen oder Nässe sowie starker Frost den Reifungsprozess und die vOS beeinträchtigt.

Die morphologische Zusammensetzung von Silomais, vorab der Kolbenanteil (Anteil Kolben in % bezogen auf die Trockensubstanz (TS) der Ganzpflanze) ist hauptsächlich sorten- und wetterabhängig. Gegen Wachstumsende kompensiert die TS-Einlagerung in den Körnern und die daraus resultierende Erhöhung des Kolbenanteiles die abnehmende Qualität von Stengeln und Blättern. Aufgrund der hohen und nahezu konstanten vOS der Körner ändert sich die vOS der Ganzpflanze kaum. Das Ausmass dieser Mechanismen, die den Energiegehalt beeinflussen, unterliegt recht grossen Jahreschwankungen.

Andererseits ist die vOS der vegetativen Pflanzenteile (Stengel und Blätter) ebenfalls ein wichtiges Qualitätskriterium. Seit einiger Zeit werden von Seiten der Züchter Anstrengungen unternommen, die vOS von Stengeln und Blättern zu verbessern (Barrière 1997; Herter *et al.* 1996a; Hepting 1984). Neben den Sortenunter-

schieden hängt die vOS der Restpflanze in hohem Masse vom Entwicklungsstadium ab. Schon kurz nach der Blüte beginnen Stengel und Blätter an Nährwert zu verlieren, was gegen Wachstumsende beschleunigt wird. Es scheint, dass diese Nährwertabnahme wetterabhängig ist.

Die vOS eines Futters kann auf verschiedene Arten bestimmt werden. Die an Schafen (*in vivo*) ermittelte Verdaulichkeit liefert verlässliche Ergebnisse. Aber der damit verbundene hohe Analysenaufwand schliesst einen routinemässigen Einsatz aus. Mit den üblichen angewendeten Labormethoden (enzymatische Methode und chemische Analyse der Roh-nährstoffe) lässt sich in der Regel der Nährwert genügend genau schätzen. Aber

sind sie empfindlich genug, um feine, wetterbedingte Schwankungen in der vOS zu erfassen? In der vorliegenden Arbeit geht es darum, diese Frage wie auch die Beziehungen zwischen den Wetterbedingungen, der vOS und der morphologischen Zusammensetzung von Silomais darzustellen.

## Erhebungen an der RAP

Die Maissorte LG 11, eine mittelspäte Körnermaissorte mit Silomaiseignung, wurde während 20 Jahren (1977 - 1996) auf Nährwert und Ertrag untersucht. Mit Ausnahme von 1990 ist dieser Mais immer an der Forschungsanstalt auf 650 m ü. M. auf einem sandigen, leicht humosen Schluffboden angebaut worden. Die Fruchtfolge bestand aus Mais/Mais/Kunstwiese oder Mais/Mais/Futterrübe/Kunstwiese.

In der Regel wurden von der Blüte bis zur Ernte alle zehn Tage Proben genommen und die Pflanzen in Stengel, Blätter und Kolben (inkl. Lieschen) zerlegt. Stengel, Blätter und ein repräsentativer Anteil Kolben wurden gehäckselt und anschliessend getrocknet. Die vOS wurde einerseits en-



Ein hoher Kolbenanteil allein garantiert noch keinen hohen Nährwert.

\*Übersetzung: Annelies Bracher-Jakob, Neyruz

Die französische Version «Influence du climat sur la croissance et le développement du maïs ensilage» erscheint in der *Revue suisse d'agriculture*.

zymatisch und andererseits chemisch nach Weender bestimmt. Im letzteren Fall wurde die vOS anhand der Rohnährstoffe mit der Regressionsgleichung des Grünen Buches (Daccord und Chaubert 1994) berechnet. Die enzymatische Methode wurde für die Jahre 1980, 1983, 1994 und 1995 angewendet, während die chemische Analyse immer erfolgte.

Die Temperatursumme bezieht sich auf die Basis 6°C. Bei dieser Methode werden die täglichen Temperaturen wie folgt kumuliert:  $T^{\circ} = ((T^{\circ}\text{min} + T^{\circ}\text{max})/2) - 6^{\circ}\text{C}$ .

## Temperatursumme und Wachstum

Die Temperatur bestimmt das Wachstum der Maispflanze. Die benötigte Temperatursumme bis zum Erreichen des Stadiums Blüte weist sehr konstante Werte auf (Tab. 1). Hingegen variiert die Wachstumsdauer (Anzahl Tage) von Jahr zu Jahr, woraus die unterschiedlichen Wetterbedingungen ersichtlich werden.

Es besteht eine sehr enge Beziehung zwischen der Temperatursumme und dem TS-Gehalt der Ganzpflanze und des Kolbens. Sowohl die Temperatursumme für die Zeitperiode Saat bis Ernte als auch für die Periode weibliche Blüte bis Ernte korreliert sehr gut mit den TS-Gehalten (Tab. 2). Die Temperatursumme erklärt mehr als 90 % der Variation im TS-Gehalt. Unsere Ergebnisse bestätigen die Arbeit von Bloc *et al.* (1983), in der für die Sorte LG 11 ein Korrelationskoeffizient von 0,97 zwischen der Temperatursumme (weibliche Blüte bis Ernte) und dem Wassergehalt der Körner ermittelt wurde. Diese Zusammenhänge ermöglichen eine genaue Schätzung des TS-Gehaltes des Kolbens aus einer gegebenen Temperatursumme. Auch der TS-Gehalt der Ganzpflanze und der TS-Gehalt des Kolbens sind eng miteinander korreliert. Die entsprechenden Koeffizienten der Regressionsgleichungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die Beziehung zwischen Ertrag und Temperatursumme, die aus 20-jähriger Erhebungstätigkeit hervorgeht, ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Faktor Temperatur erweist sich nicht als genügend sicher, um die Ertragsunterschiede erklären zu können.

## Bestimmung des Erntezeitpunktes

Die Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes ist heikel. Ohne in die Details zu

**Tab. 1. Sädatum, Entwicklungsdauer, Temperatursumme und Ertrag von Silomais**

	Sädatum Tag Nr.	Dauer Saat → Bl. Anzahl Tage	Σ Temp. Saat → Bl. °C	Σ Temp. Bl. → Bl. + 56 °C	Ertrag Bl. + 56 dt TS/ha	TS GP Bl. + 56 %
1977	141	82	787	436	144	23
1978	132	91	790	415	153	26
1979	130	82	808	514	189	28
1980	124	100	788	524	149	29
1981	121	93	795	571	185	28
1982	121	79	790	600	181	28
1983	151	59	764	614	171	28
1984	122	94	764	499	176	24
1985	127	80	753	590	158	29
1986	139	75	775	539	131	28
1987	120	106	882	586	143	32
1988	124	80	759	629	197	28
1989	123	77	700	651	201	28
1990	121	84	801	635	184	33
1991	129	82	757	698	144	34
1992	127	75	729	718	173	34
1993	120	78	734	606	197	26
1994	119	79	802	741	178	33
1995	124	82	791	602	163	30
1996	128	81	761	494	145	24
Durchschnitt	127,2	83,0	776,5	583,1	168,1	28,7
Var. Koeff.	6,5 %	12,1 %	4,8 %	14,9 %	12,6 %	11,3 %

Σ Temp. = Temperatursumme; Tag Nr. 1 = 1. Januar; 32 = 1. Februar, usw.; Bl. = Blüte; Bl. + 56 = 8 Wochen nach Blüte; TS = Trockensubstanz; GP = Ganzpflanze

**Tab. 2. Regression zwischen Temperatursumme und TS-Gehalt der Ganzpflanze und des Kolbens sowie zwischen den beiden TS-Gehalten. Zeitperiode: 1977-1996, rund 8 Erhebungen pro Jahr**

Regressionsparameter; N = 164					
	ΣT/% TS GP		ΣT/% TS Kolben		% TS Kolben/% TS GP
$y = ax^2 + bx + c$ (1) $r = 0,96$	$a = 0,00002$	(1) $r = 0,97$	$a = 0,00001$	$r = 0,98$	$a = 0,0039$
Polynomialgleichung	$b = -0,0161$	(2) $r = 0,97$	$b = 0,0422$		$b = 0,1558$
	$c = 14,591$	(2) $r = 0,97$	$c = -34,544$		$c = 13,636$
	$a = 0,00002$		$a = 0,000009$		
	$b = 0,0158$		$b = 0,0641$		
	$c = 13,857$		$c = 5,1649$		
$y = ae^{bx}$ (1) $r = 0,97$	$a = 5,0927$	(1) $r = 0,96$	$a = 1,6544$	$r = 0,98$	$a = 12,914$
Exponentialgleichung	$b = 0,0013$	(2) $r = 0,96$	$b = 0,0024$		$b = 0,0176$
	$a = 13,766$		$a = 10,82$		
	$b = 0,0013$		$b = 0,0024$		

ΣT = Temperatursumme; TS = Trockensubstanz; GP = Ganzpflanze; (1) = Saat bis Ernte; (2) = Blüte bis Ernte

gehen (Nährwert, Energieertrag, Silier-eignung, Futtermittelverzehr), sei daran erinnert, dass das günstigste Silierstadium erreicht ist, wenn der TS-Gehalt der Ganzpflanze zwischen 30 und 34 % liegt. Diese Spannweite entspricht in etwa der Gelbreife. In diesem Reifestadium lässt sich das Korn von Hand kaum zerdrücken, ist aber mit dem Fingernagel anritzbar. Das Korninnere ist gelb und hart. Dagegen ist bei Glasreife der Korninhalt glasig und mit dem Fingernagel nicht mehr anritzbar. Der TS-Gehalt der Ganzpflanze übersteigt in diesem Fall 35 %.

Aus den Erhebungen an der RAP wird die Tendenz ersichtlich, dass die Entwicklungsdauer von Jahr zu Jahr immer kürzer wird. Die letzte Kolonne in Tabelle 1 enthält die TS-Gehalte der Ganzpflanze zwei

Monate nach der Blüte. Zwischen 1990 und 1996 lagen diese Werte um oder über 30 %, während zwischen 1977 und 1989 dies nur einmal der Fall war. Diese Situation erklärt sich aus der Tatsache, dass die Sommertemperaturen von 1990 bis 1996 relativ hoch waren (ausgenommen: 1996). Für den Praktiker ist es wichtig, solche Aspekte bei der Bestimmung des Erntezeitpunktes zu berücksichtigen. Recht häufig stehen alte Gewohnheiten im Widerspruch zu unseren Beobachtungen.

## Vergleich von Labormethoden zur Bestimmung der vOS

Die mit den oben erwähnten Labormethoden ermittelten Werte für die vOS wurden einander gegenübergestellt. Abbildung 2

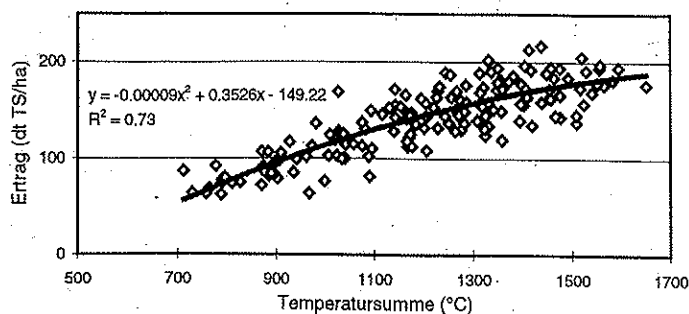


Abb. 1. Ertragsverlauf in Abhängigkeit der Temperatursumme. Datenerhebung von 1977 bis 1996, rund acht Beobachtungen pro Jahr; Sorte LG 11.

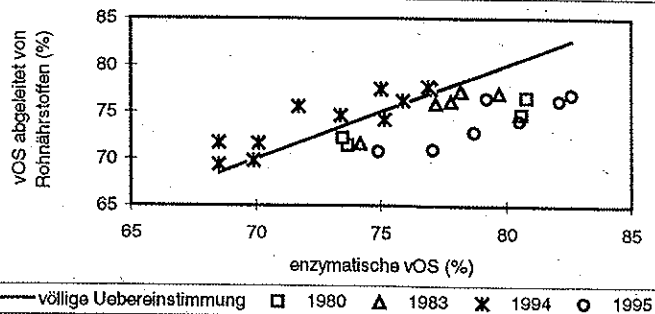


Abb. 2. Vergleich zwischen den enzymatisch bestimmten Verdaulichkeiten und den berechneten Werten anhand der Rohnährstoffe (Regression des Grünen Buches, Daccord und Chaubert 1994); Sorte LG 11.

verdeutlicht eine nicht besonders gute Übereinstimmung. Im Vergleich zur enzymatischen Methode wurde mit der chemischen Analyse der Rohnährstoffe die vOS in den Jahren 1980, 1983 und 1995 unterschätzt, während die Werte von 1994 überschätzt wurden. Die Abweichungen sind nicht zufällig, sondern Ausdruck eines Jahreseffektes, dem unterschiedliche Wetterbedingungen zugrunde liegen. In Posieux war der Sommer 1994 durch trockenes und vor allem sehr heißes Wetter gekennzeichnet. Der Mais ist sehr rasch ausgereift: in den 20 Beobachtungsjahren trat 1994 die Reife am frühesten ein. Die durchschnittlichen Temperaturen im Juli und August betragen 20,9 beziehungsweise 19,5 °C und am 31. August erreichte der TS-Gehalt der Ganzpflanze bereits 31 %. Es herrscht die Meinung, dass die enzymatische Methode Variationen in der vOS besser erfasst als die Regression des Grünen Buches. Allerdings weisen zahlreiche Autoren auf die Grenzen der Labormethoden hin (Barrière *et al.* 1991; Andrieu *et al.* 1993; Daccord *et al.* 1995), welche höchstens 60 bis 70 % der am Tier ermittelten

Verdaulichkeit erklären (Dardenne *et al.* 1993).

### Wettereinfluss auf die enzymatisch bestimmte vOS

Im Gegensatz zu Wiesenfutter, dessen Nährwert vor allem altersabhängig ist, bleibt der Nährwert von Mais nahezu konstant. Unter normalen Wachstumsbedingungen beeinflusst das Entwicklungsstadium den Nährwert der Maisganzpflanze aufgrund gegenläufiger Entwicklungen

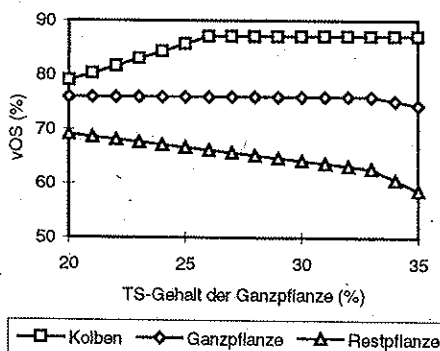


Abb. 3. Verlauf der vOS verschiedener Maispflanzenteile in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums. Modifiziert nach Struik (1983).

kaum. Die sinkende vOS der Restpflanze (Stengel und Blätter) wird von der Zunahme des Körneranteils kompensiert, deren vOS auf hohem und konstantem Niveau liegen (Abb. 3).

Verglichen mit den Werten der Jahre 1983 und 1995 (Abb. 4 und 6) fällt für das Jahr 1994 die deutlich tiefere vOS der Restpflanze auf (Abb. 5). Diese Abweichung wird bereits kurz nach der Blüte bei einem TS-Gehalt der Ganzpflanze von rund 25 % ersichtlich. Bei Vegetationsende lag der TS-Gehalt der Restpflanze 1994 paradoxerweise etwas unter den Werten von 1983 und 1995: 21 % gegenüber 22 und 24 %. Die Abbildungen 4 bis 6 illustrieren ebenfalls den Verlauf der vOS beziehungsweise des Energiegehaltes der Ganzpflanze. 1983 stiegen die Werte bis zur letzten Probenahme an, trotz stagnierendem Kolbenanteil und einem TS-Gehalt von über 36 %. Die kühlen Temperaturen während des letzten 10-Tage-Intervalles haben vermutlich dazu beigetragen, dass die Abnahme der vOS der Restpflanze gebremst wurde (Abb. 4). In der Regel beobachtet man bei Vegetationsende eine Ver-

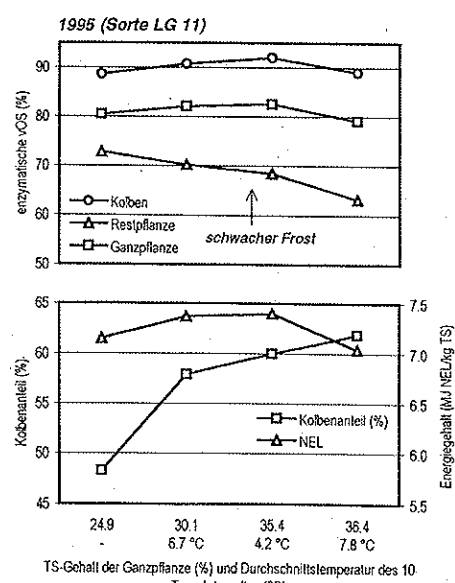
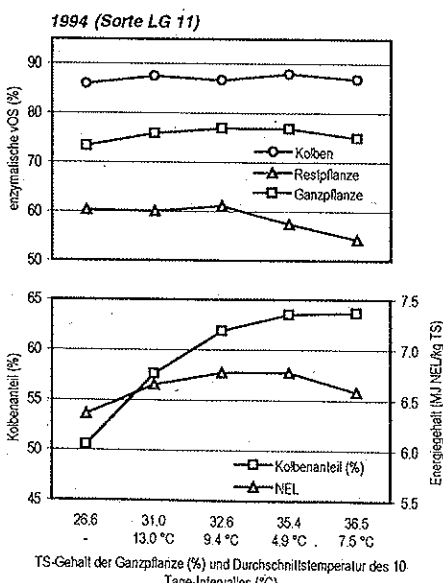
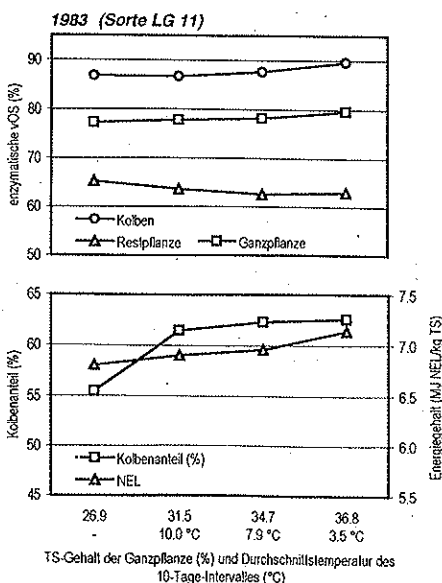


Abb. 4-5-6. Beziehung zwischen der enzymatisch bestimmten vOS, Kolbenanteil und Energiegehalt in Abhängigkeit des Reifestadiums und der Durchschnittstemperatur des 10-Tage-Intervalles.

schlechterung der vOS (Daccord *et al.* 1995): Trotz einer kontinuierlichen Erhöhung des Kolbenanteiles kommt der Moment, wo die Abnahme der Restpflanzenqualität nicht mehr durch die TS-Anreicherung in den Körnern kompensiert werden kann. Daraus resultiert eine verminderte vOS in der Ganzpflanze, wie das für 1995 zutrifft. Der schwache Frost am 30. September und die anschliessend milden Temperaturen könnten die Ursache für diesen Knick sein (Abb. 6). Für 1994 ist dieser Abwärtstrend der vOS weniger offensichtlich. Vermutlich ist dies im heissen und trockenen Sommer begründet. Es ist möglich, dass diese Bedingungen eine frühe Lignifizierung des Stengels bewirkt haben. Die schlechte vOS der Ganzpflanze und der tiefe Energiegehalt untermauern diese Hypothese (Abb. 5). Barrière (1998) erinnert daran, dass eine hohe Sonneneinstrahlung und hohe Temperaturen die Lignifizierung fördern. Die sekundären Zellwände aus Lignin, die vorab gegen Wachstumsende gebildet werden, behindern die Mikroorganismen beim Zelluloseabbau. Daraus ergibt sich eine schlechte vOS. Gemäss Herter *et al.* (1996b) wirken sich relativ kühle Temperaturen in den Monaten August und September verbunden mit hohen Niederschlägen positiv auf die vOS aus. Allerdings müssen diese Ergebnisse erst noch bestätigt werden.

## Folgerungen

Die Wachstumsbedingungen haben einen entscheidenden Einfluss auf den Verlauf der Maisreife. Eine aufmerksame Beobachtung der Maisentwicklung ist nötig, um die Pflanzen im günstigsten Stadium (Gelbreife) zu silieren. In diesem Stadium kann das Korn kaum zerdrückt werden, ist aber mit dem Fingernagel anritzbar. Anstatt den Mais immer um denselben Zeitpunkt zu ernten, lohnt es sich, eine objektive Beurteilung des Entwicklungsstadiums vorzunehmen und den Erntezeitpunkt von Fall zu Fall festzulegen.

Die Wetterverhältnisse beeinflussen den Nährwert von Mais. Aus unseren Beobachtungen geht hervor, dass hohe Temperaturen besonders nach der Blüte den Verlauf der vOS verändern (1994). Vermutlich spielen sie auch eine Rolle bei Wachstumsende (1983 und 1995). Im übrigen belegen die in dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse, dass der Nährwert der Maispflanze massgeblich von der vOS der vegetativen Pflanzenteile (Stengel und Blätter) abhängt. Ein hoher Kolbenanteil al-

lein garantiert noch keinen hohen Nährwert.

Die Genauigkeit der klassischen Labormethoden genügt, um den Nährwert von Silomais befriedigend einzuschätzen. Allerdings erfordert die Erfassung feiner, wetterbedingter Variationen in der vOS empfindlichere Methoden. Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS), mit der insbesondere die verschiedenen Zellwandfraktionen rasch bestimmt werden können, erscheint in diesem Zusammenhang vielversprechend, aber sie bedingt einen beträchtlichen Kalibrierungsaufwand bei verschiedenen Wachstumsbedingungen.

## DANK

Wir möchten an dieser Stelle René Vogel und Bernard Papaux für ihre wertvolle Mitarbeit, insbesondere für die Beobachtungen der Maiskulturen und die zuverlässigen Probenahmen bestens danken.

## LITERATUR

- Andrieu J., Demarquilly C., Dardenne P., Barrière Y., Lila M., Maupetit P., Rivière F. and Femenias N., 1993. Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. I. Factors of variation. *Ann. Zootech.* **42**, 221-249.
- 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.
- Barrière Y., 1997. Le maïs ensilage de demain, un maïs spécifique pour nourrir les ruminants. *Fourrages* **150**, 171-189.
- Barrière Y., 1998. Digestibilité du maïs: mettez de «l'énergie» dans vos ensilages. *Production laitière magazine* **277**, 40-50.
- Bloc D., Gay J.P. et Gouet J.P., 1983: Evolution de la teneur en eau et du poids de 1000 grains pendant la maturation du maïs. In: Physiologie du maïs - communications au colloque organisé par l'INRA, le CNRS et l'AGPM, Royan, 15-17 mars 1983. 135-145.
- Daccord R. und Chaubert C., 1994. Formeln und Regressionsgleichungen. In: Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Forschungsanstalt für Nutztiere, Posieux, 3. überarb. Auflage, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen. 305-317.
- Daccord R., Arrigo Y. und Vogel R., 1995. Nährwert von Maissilage. *Agrarforschung* **2**(9), 397-400.
- Dardenne J., Andrieu J., Barrière Y., Biston R., Demarquilly C., Femenias N., Lila M., Maupetit P., Rivière F. and Ronsin T., 1993. Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. II. Prediction of the *in vivo* organic matter digestibility. *Ann. Zootech.* **42**, 251-270.
- Hepting L., 1984. Grüner Mais bis zur Ernte steigt dadurch der Ertrag? *Top Agrar* **3**, 80-82.
- Herter U., Arnold A., Schubiger F. und Menzi M., 1996. Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. *Agrarforschung* **3**(11-12), 535-538.
- Herter U., Arnold A., Schubiger F. und Menzi M., 1996. Sorte, Ort, Jahr und Reife bestimmen die Silomaisqualität. *Agrarforschung* **3**(11-12), 539-542.

## RÉSUMÉ

### Influence du climat sur la croissance et le développement du maïs ensilage

Pendant 20 années consécutives, le cultivar de maïs LG 11 a servi de variété de référence à la Station fédérale de Posieux (RAP). Les observations recueillies dans le cadre de ce suivi ont permis d'étudier l'influence des conditions climatiques sur la croissance et le développement de cette variété.

La somme des températures (base 6 °C) de la période semis-floraison est très constante. Sur 20 ans, le coefficient de variation s'est élevé à 4,8 %. La somme des températures permet également de décrire avec précision l'évolution de la maturation du maïs. Les observations faites à la RAP confirment que la relation entre le cumul des températures et les teneurs en matière sèche de l'épi (respectivement de la plante entière) est étroite.

Les conditions de végétation influencent la valeur énergétique du maïs ensilage. Les stress climatiques survenant entre la floraison et la récolte (sécheresse persistante, températures inhabituelles, fort gel) sont connus pour provoquer une baisse de la digestibilité de la matière organique (dMO). Nos observations montrent que les différences de dMO de la plante entière observées entre les années peuvent atteindre plusieurs points. Les stress climatiques qui sont à l'origine de ces différences ne se sont pas tellement exercés sur l'épi mais bien plus sur la tige.

## SUMMARY

### The influence of weather conditions on growth, maturation and nutritive value of silage maize

For 20 consecutive years, the maize cultivar LG 11 has been serving as reference variety at the Federal Research Station for Animal Production (RAP). The collected data and observations provided an appropriate basis to investigate the influence of weather conditions on growth and development of this variety.

The Temperature sum (basis 6°C) for the time interval sowing to silking proved to be very constant, the coefficient of variation attaining 4.8 %. The heat sum is also well suited to elucidate the evolution of maize maturation. Our observations confirm the close relationship between the cumulated temperatures (heat sum) and the dry matter content of the ear and whole plant, respectively.

Growth conditions affect the energy value of silage maize. It is an established fact that unfavourable weather conditions occurring between silking and harvest, such as drought, unusual temperatures and heavy frost, result in a decrease in the digestibility of organic matter (dOM). According to our data, yearly differences in the dOM of the whole plant reach several unity points. The effect of the underlying weather stress on the ear is minor compared to the impaired digestibility of vegetative plant parts (stem and leaves).

**KEY WORDS:** weather conditions, growth, maturation, nutritive value, silage maize