

Zwanzig Jahre Sortenversuche mit Silomais in der Schweiz

Alice Baux, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon, Schweiz

Auskünfte: Alice Baux, E-Mail: alice.baux@agroscope.admin.ch, Tel. +41 22 363 47 22



Schieben der Narbenfäden: zum Zeitpunkt der Silomaisernte beträgt der Kolbenanteil in der Trockensubstanz 30 bis 60 %. Dieser Anteil kann unter bestimmten Umständen den Gehalt der verdaulichen organischen Substanz beeinflussen.

Einleitung

Dank der Züchtung von Hybriden in den 60er Jahren und dem Verfügbarwerden frühreifer Sorten ist die Maisproduktion im Norden Europas möglich geworden. Sie liefert ein Qualitätsfutter für das Vieh. Seit 1988 sind Maisorten im nationalen Katalog der Schweiz und in der Liste der empfohlenen Sorten von Swiss Granum mit dem Vermerk «Silomais» eingetragen. Mit mehr als 40000 Hektaren stellt der zur Silierung vorgesehene

Mais ungefähr zwei Drittel der Saatfläche für Mais in der Schweiz dar. Die Maissorten werden basierend auf einem von Agroscope koordinierten Versuchsnetz mit mehreren Standorten beurteilt. Die Standorte werden so ausgewählt, dass unterschiedliche Boden- und Klimabedingungen sowie die wichtigsten Maisanbauregionen der Schweiz im Versuchsnetz berücksichtigt sind. Neben der Beurteilung des genetischen Potenzials erlauben die von diesen Standorten gesammelten Daten eine Beurteilung der umweltbedingten Variabilität. Tatsächlich weisen

nicht alle Produktionsstandorte das gleiche Potenzial auf. Meisser und Weiss (2003) haben eindrücklich gezeigt, dass die bei Changins geernteten Pflanzen im Mittel kleiner waren als jene, die beim Reckenholz geerntet worden waren. Dies hat nicht nur Konsequenzen für den Silomaisertrag, sondern kann auch den Körneranteil beeinflussen. Mehrere Autoren (Struik *et al.* 1985; Meisser und Wyss 1999; Kruse *et al.* 2007). haben gezeigt, dass die Qualität des Silomais durch klimatische Bedingungen, insbesondere durch die Temperatur und die Verfügbarkeit von Wasser, beeinflusst wird. Andererseits haben Argillier *et al.* (1997) belegt, dass verschiedene Sorten, welche unterschiedlichen Umweltbedingungen ausgesetzt wurden, sich in ähnlicher Weise verhalten haben. Sollten unsere Daten diese Hypothese bestätigen, wäre eine Klassierung der Sorten auf der Basis von beobachteten Mittelwerten über mehrere Standorte gerechtfertigt. Das Ziel dieser Arbeit besteht einerseits darin, den erzielten Fortschritt darzustellen, der den Produzenten in Form der erarbeiteten Sortenlisten verfügbar gemacht wird. Andererseits will diese Arbeit auch die Einflüsse der Umwelt auf den Ertrag und die Qualität der verschiedenen Silomaisorten beleuchten.

Material und Methoden

Sortenversuche

Um in die Liste der empfohlenen Sorte von swiss granum aufgenommen zu werden, müssen neue Sorten in zweijährigen Anbauversuchen in verschiedenen Regionen der Schweiz Vorteile gegenüber den besten bereits im Anbau stehenden Sorten aufweisen. Die neuen Silomaisorten werden auf Grund präziser Kriterien beurteilt, welche im Anhang der Saat- und Pflanzgutverordnung beschrieben sind. Die Hauptkriterien sind die Frühreife, der Ertrag und die Qualität (Gehalt an verdaulicher organischer Substanz). Berücksichtigt werden auch die Standfestigkeit, Stängelbruch bei der Ernte und die Empfindlichkeit gegenüber Maisbeulenbrand (Tab. 1). Die Sorten werden in verschiedenen Reifegruppen geprüft, nämlich «frühreif» (FAO 190–220), «mittel-frühreif» (FAO 220–250) und «mittel-spät» (FAO 250–280). Sie werden mit Standardsorten in der entsprechenden Reifegruppe verglichen. Die Gruppe «frühreif» (FAO 190–220) bezieht sich auf Sorten, die für Grenzlagen bezüglich Kälte und Höhenlage in Frage kommen, oder für Spätsaaten, die ein ausreichendes Reifestadium vor den ersten Frösten erreichen müssen. Die Sorten der Gruppe «mittel-frühreif» sind in der Schweiz die am meisten angebauten. Diese Sorten eignen sich für den Anbau überall ausser in Höhenlagen. Die Gruppe «mittel-spät» bezieht sich auf Sorten, die für die besten

Zusammenfassung

Innert 20 Jahren hat der Ertrag von mittelfrühen Silomaisorten, die in der Schweiz am häufigsten angebauten Maissorten, im Mittel um 2 dt TS/ha/Jahr zugenommen, wobei für die Frühreife ein gutes Niveau beibehalten worden ist. Überdies sind Sorten mit gewichtigen agronomischen Defekten, wie eine zu geringe Standfestigkeit, ausgesondert worden. Die Entwicklung des Gehalts an verdaulicher organischer Substanz (VOS) ist schwieriger zu bewerten, da diese Eigenschaft stark von den Umweltbedingungen beeinflusst wird.

Von Standort zu Standort und von Jahr zu Jahr stellt man Unterschiede im Ertrag und in der Qualität fest. Wird ein Trockensubstanzgehalt von über 30 % erreicht, beeinflusst der Reifegrad bei der Ernte den VOS-Gehalt nicht mehr. Hingegen kann eine zu frühe Ernte die Qualität des Futters negativ beeinflussen, da der Kornanteil dann zu gering ist, was durch die bessere Verdaubarkeit der grünen Pflanzenteile nicht kompensiert wird. Es wurden Daten von verschiedenen Standorten verglichen. Die Standorte Changins (Nyon, VD) und Reckenholz (Zürich, ZH) weisen sehr unterschiedliche Eigenschaften auf: In Changins mit heisseren und trockeneren Sommern werden für die Ernte befriedigende Trockensubstanzgehalte (ungefähr 33 %) zwei bis vier Wochen früher erreicht als am Standort Reckenholz, wo auch die Erträge im allgemeinen etwas geringer ausfallen. Bei der Qualität des Nährwertes werden keine derart klaren Unterschiede beobachtet. Die verdauliche organische Substanz korreliert am Standort Reckenholz weniger gut mit dem Körneranteil ($R^2 = 0,01$, ns) als am Standort Changins ($R^2 = 0,21^{***}$), wo die Pflanzen kleiner sind. In Changins scheint die Entwicklung der Kolben die Verminderung der Verdaulichkeit der vegetativen Pflanzenteile als Folge der höheren Temperaturen kompensieren zu können. Die Auswertung der Sortenversuche mit Silomais der Jahre 1991 – 2010 zeigt, dass signifikante züchterische Fortschritte erzielt worden sind. Neuere Sorten, mit Fortschritten insbesondere bei den Trockensubstanzerträgen

Tab. 1 | Gewichtung der Beurteilungskriterien für Körner- und Silomaisorten

Silomais	Gehalt an VOS	Ertrag	Frühreife (TS-Gehalt)	Jugendentwicklung	Standfestigkeit Vegetation	Standfestigkeit bei der Ernte	Stängelbruch	Maisbeulenbrand
Gewichtung	0,4	0,5	1,25	0,5	0,25	0,75	0,75	0,25
Körnermais	Ertrag b	Frühreife (TS-Gehalt)	Jugendentwicklung	Standfestigkeit Vegetation	Standfestigkeit bei der Ernte	Stängelbruch	Maisbeulenbrand	Stängelfäule
Gewichtung	1,0	2,5	0,5	0,25	0,75	0,75	0,25	0,25

Lagen nördlich der Alpen, wie die Regionen rund um den Genfersee (Bassin Lémanique und Chablais), in Frage kommen. Die spätesten und ertragreichsten Sorten (FAO 270–550) können im Tessin und im Haupttal des Wallis angebaut werden, wo milde Temperaturen und die gute Verfügbarkeit von Wasser für den Mais günstig sind. Die Frühreife der Sorten wird geschätzt, in dem der Trockensubstanzgehalt (TS) bei der Ernte mit dem TS-Gehalt der Standardsorten verglichen wird. In der vorliegenden Studie dient die Sorte *Attribut*, welche in den Versuchen von 1996 bis 2007 vertreten war, als Referenzsorte, um die Sorten innerhalb dieser zwölf Jahre unter sich zu vergleichen.

Jedes Jahr werden die verschiedenen Sorten an sieben bis neun Standorten in Parzellen von 8 bis 12 m² mit drei Wiederholungen gesät. Sobald ein genügender Reifegrad erreicht ist, wird mit dem Maishäcksler geerntet. Dabei soll die Mehrheit der Sorten soweit als möglich einen Trockensubstanzgehalt von mindestens 30 % erreichen. Jede Sorte kann nach einem Versuchsjahr verworfen werden, falls sie als ungenügend eingestuft wird. Es kann aber auch im Hinblick auf eine mögliche spätere Aufnahme in die Sortenliste länger geprüft werden. Hat eine Sorte die Aufnahme erfolgreich absolviert, kann sie als Referenzsorte dienen. Dieses Vorgehen führt dazu, dass die Datensätze für die einzelnen Sorten unterschiedlich sind. Entsprechend zählen die Sorten, welche auf breiter Basis in der Schweiz in den kommerziellen Anbau gelangt sind als jene, die am besten beschrieben sind. Die Sorten *Attribut*, *Banguy* und *LG 22.65* sind während zwölf Jahren in den Versuchen vertreten gewesen. Jedes Jahr wird eine Varianzanalyse durchgeführt, um die Variabilität zu untersuchen, die mit dem Standort, der Sorte sowie der Interaktion von Standort und Sorte zu erklären ist. Die Interaktion von Standort, Jahr und Sorte wurde nicht untersucht, da die Liste der geprüften Sorten jedes Jahr ändert. Auf dieser Basis wurden für jedes Anbaujahr die mittleren Quadratsummen der Wechselwirkung von Standort und Sorte verglichen mit den mittleren Quadratsummen des Einflusses der Sorte auf den Ertrag, des Gehaltes an VOS und des Stärkegehaltes (Daten für drei Jahre aufgeführt). Man geht

davon aus, dass falls dieses Verhältnis schwach ist, der Einfluss der Wechselwirkung im Vergleich zum Einfluss der Sorte vernachlässigbar ist.

Analyse der Qualitätsmerkmale

Der Gehalt an verdaulicher organischer Substanz (VOS) stellt ein wichtiges Kriterium für die Milchproduktion und die Mastleistung der Rinder dar. Er bestimmt einen Teil des Energiewerts des Futters. Weitere Kriterien wie Stärke-, gesamter Faser-, Eiweiss- und Zellulosegehalt werden indirekt durch Spektrometrie im nahen Infrarotbereich (NIRS) ermittelt. Diese schnellen und nicht destruktiven Messungen ermöglichen es, eine grosse Zahl von Proben zu analysieren, was im Rahmen von Sortenstudien unerlässlich ist. Voraussetzung für diese Messungen ist eine regelmässige Kalibration des Gerätes auf der Basis chemischer Analysen. Die VOS-Gehalte werden in Abhängigkeit der Sorte *Attribut* berechnet, damit der Sorteneinfluss vom Umwelteinfluss unterschieden werden kann und sich Sortenunterschiede beschreiben lassen.

Meteorologische Daten

Werden die Standorte der zahlreichen Jahre kombiniert, ergibt sich eine Vielfalt an verschiedenen Umweltbedingungen. Die meteorologischen Daten (Niederschläge und mittlere Lufttemperatur 2 m über dem Boden) werden nahe bei den Standorten *Changins*, *Reckenholz* und *Eglisau* gemessen. Das Datum, an welchem die Seidenfäden (= Narbenfäden, d.h. Teile der weiblichen Blüten) sichtbar werden, wird an den Standorten *Reckenholz* und *Eglisau* jährlich notiert. Dieser Zeitpunkt kennzeichnet das Ende der vegetativen und den Beginn der reproduktiven Phase.

Resultate und Diskussion

Züchtungsfortschritt

In den Sortenversuchen wird eine jährliche Zunahme der Trockensubstanzerträge von etwa 2 dt/ha verzeichnet (Abb. 1). Dies ist ein Mittelwert berechnet aus den Daten von mehreren Versuchsstandorten und von allen Sorten,

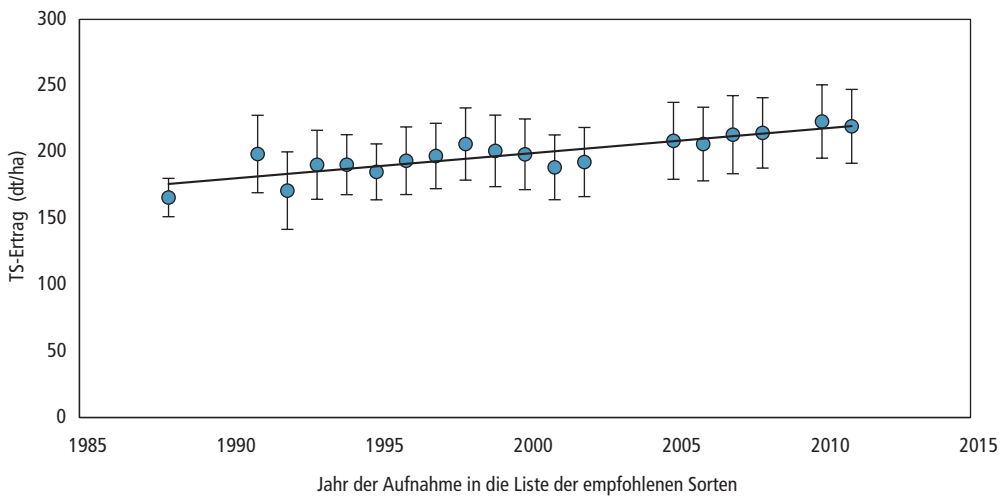


Abb. 1 | Mittlerer Ertrag für die Sorten, welche in der Liste der empfohlenen Sorten (ESL) eingetragen sind, geordnet nach dem Jahr der Einschreibung (1 bis 4 Sorten je nach Jahr). $Y=1,90x-3593,4$, $R^2=0,74$, $p<0,0001$

die in der Liste der empfohlenen Sorten eingetragen sind. Das Niveau der Frühreife, welches durch den Trockensubstanzgehalt gemessen wird, weist zwischen den Sorten deutliche Unterschiede auf, bleibt aber im Bereich der Sorte Attribut (Abb. 2a). Im Verlaufe der letzten 20 Jahre sind die Gehalte an VOS ziemlich stabil geblieben mit einer leicht positiven aber nicht signifikanten Steigerung von +0,3 g/kg TS/Jahr (Abb. 2b). Die Ertragssteigerung geht also nicht mit später abreifenden Sorten oder einer Verminderung der Qualität einher, sondern widerspiegelt einen echten, züchterischen Fortschritt.

Die Resultate dieser Gesamtauswertung zeigen, dass es grosse Standort- und Jahreseffekte gibt. Abbildung 3 zeigt die Unterschiede im Ertrag, im Stärkegehalt und im VOS-Gehalt zwischen den verschiedenen Standorten. Die beiden Deutschschweizer Standorte (Eglisau/Hüntwangen und Reckenholz) weisen potenziell leicht höhere Erträge auf als die Standorte in der Westschweiz

(Changins und Delley). Dagegen ist der VOS-Gehalt in der Regel in Changins höher als im Reckenholz. Der Ertragsunterschied ist für den Silomais ausgeprägter als für den Körnermais, was mit den Ergebnissen von Weiss und Meisser (2003) übereinstimmt. Gewisse Produktionsstandorte, wie zum Beispiel Changins, bringen kleinere Pflanzen hervor und damit einen geringeren Gesamtpflanzenenertrag. Die in Changins festgestellte bessere Qualität der Maissilage dürfte sich mit einem höheren Körneranteil an der gesamten Pflanze erklären lassen.

Abgesehen vom Sorteneffekt können die beobachteten Ertragsunterschiede teilweise mit den an den einzelnen Standorten erfassten Meteorodaten erklärt werden. Mit der Temperatur, welche während der Kornbildungs- und Kornreifephase erfasst wurde, lässt sich ein Drittel der Variabilität des Ertrags an den Standorten Reckenholz und Eglisau erklären. Tiefere Temperaturen während dieser Phase sind für den Trockensubstanzertrag

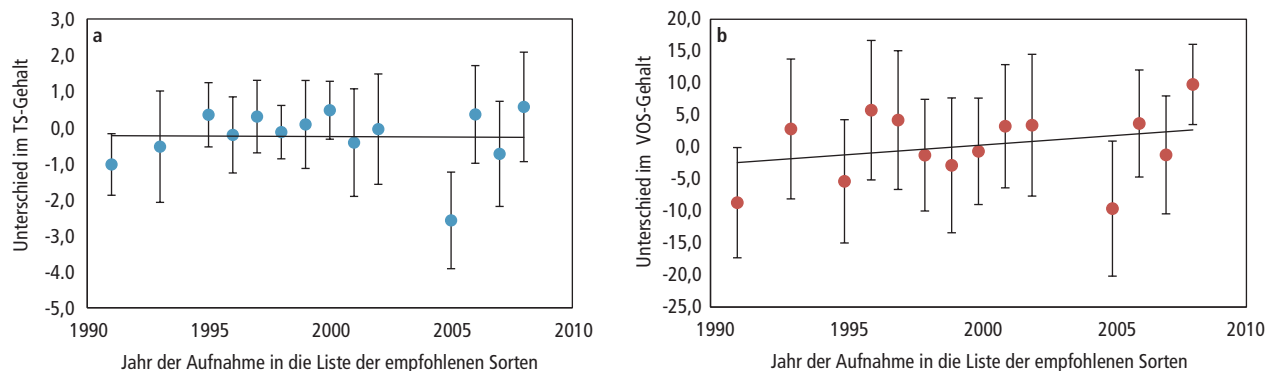


Abb. 2 | Relative Trockensubstanzgehalte (TS) (a) und Gehalte an verdaulicher organischer Substanz (VOS) (b) pro Sorte. Die aufgeführten Symbole entsprechen dem Jahr der Aufnahme der neuen Sorten in die ESL aus den Versuchen der Jahre 1996 bis 2007.

a) $y=-0,003x+5,19$, $R^2=0,0003$, $p=0,95$, b) $y=0,30x-600,32$, $R^2=0,08$, $p=0,32$. Die vertikalen Fehlerbalken geben die Standardabweichung an.

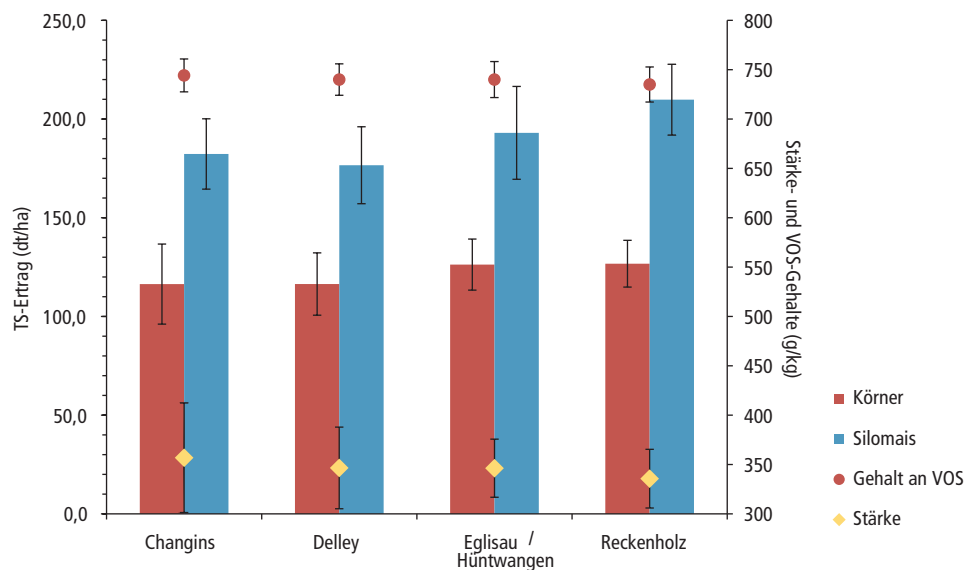


Abb. 3 | Mittlerer Ertrag (dt/ha) im Jahre 2010 für Silomaissorten und mittelfrühe Körnermaissorten an verschiedenen Standorten. Mittlerer Stärkegehalt (g/kg TS) und mittlerer Gehalt an verdaulicher organischer Substanz (VOS, g/kg TS) der Silomaissorten. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung an.

günstig (Abb. 4). Die während derselben Periode aufsummierten Niederschläge haben einen geringen Einfluss und sind kaum vom Temperatureinfluss zu trennen. Man darf davon ausgehen, dass die Wasserversorgung für die beobachteten Standorte und Jahre kein Problem war (Reckenholz und Eglisau von 1996 bis 2009).

Die Gewichtung des züchterischen Fortschrittes im Hinblick auf qualitative Merkmale wie Stärkegehalt und VOS-Gehalt ist schwierig, da diese Merkmale auch von Boden, Klima und Reifegrad bei der Ernte beeinflusst werden.

Das Reifestadium kann für gewisse Qualitätskriterien wie den Stärkegehalt und den Körneranteil von unterschiedlicher Bedeutung sein. Der Vergleich mit gleich frühreifen Standardsorten ermöglicht eine korrektere Bestimmung der Qualität. Gemäss unseren Untersuchungen ist der VOS-Gehalt bei tiefen Trockensubstanzgehalten tiefer. Er wird aber durch das Reifestadium nicht mehr beeinflusst, wenn die Ernte bei einem TS-Gehalt von über 30 % stattfindet (Abb. 5). Aus diesem Grund werden die Versuche geerntet, sobald die meisten Sorten einen TS-Gehalt von 30 % überschritten haben. Die am

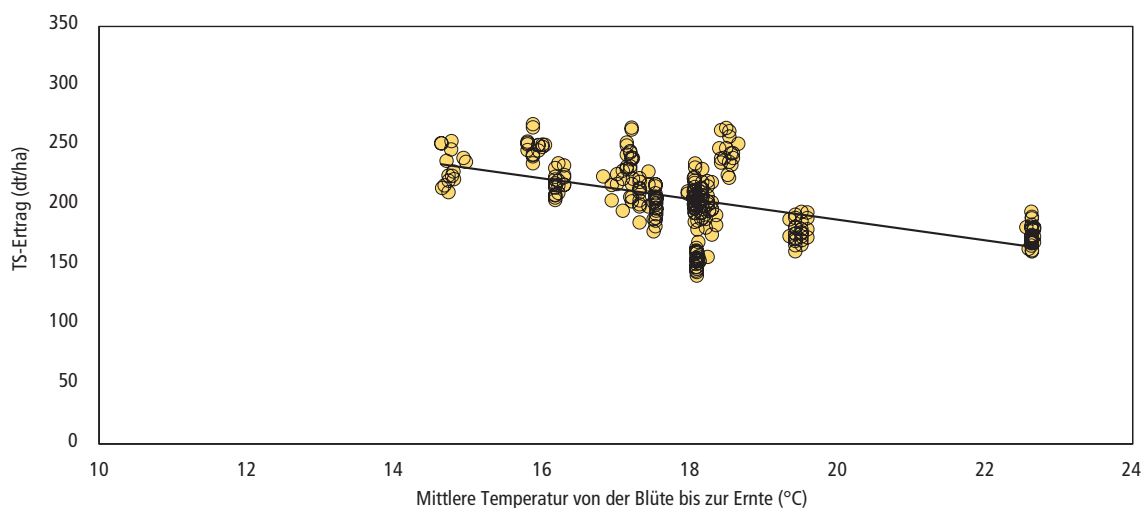


Abb. 4 | Trockensubstanzertrag (dt/ha) in Abhängigkeit von der mittleren registrierten Temperatur von der Blüte (weibliche Organe) bis zur Ernte für die Standorte Reckenholz und Eglisau. $Y = -8,65x + 361$, $R^2 = 0,31$, $p < 0,0001$.

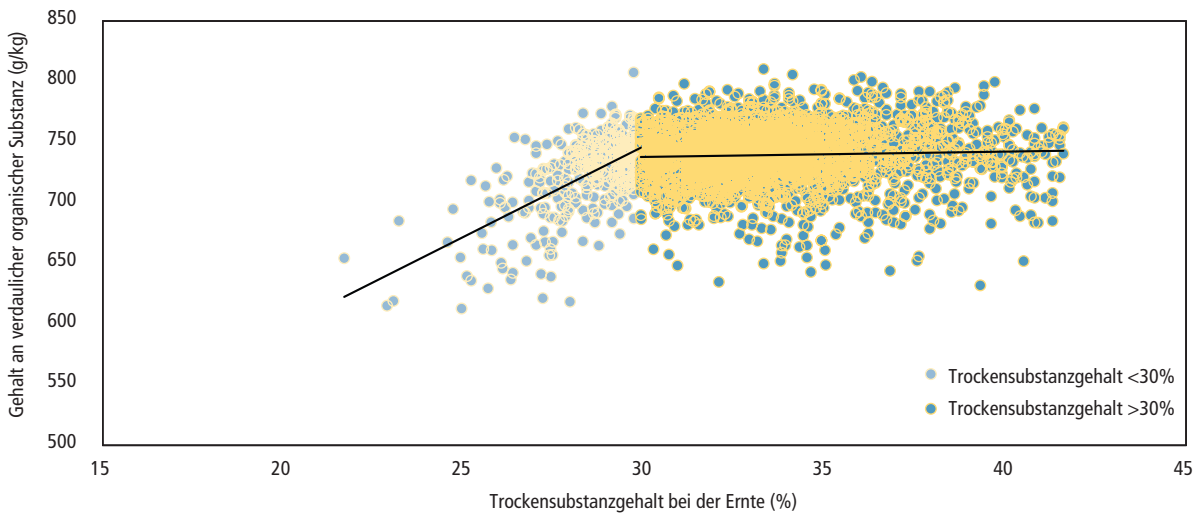


Abb. 5 | Variabilität der Verdaulichkeit der organischen Substanz (VOS, g/kg TS) von Silomais in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt (%) bei der Ernte. Regressionen für Trockensubstanzgehalte i) unter 30 %: $y=14,72x+304,67$ ($n=397$, $R^2=0,38$, $p<0,0001$) und ii) über 30 %: $y=0,25x+730,92$ ($n=2602$, $R^2=0,001$, $p=0,14$).

spätesten abreifenden Sorten können zuweilen benachteiligt sein, falls ein bedeutender Unterschied in der Reifezeit zum Rest der Gruppe vorhanden ist.

Der Stärkegehalt korreliert sehr gut mit dem Körneranteil ($r=0,88^{***}$) nicht aber mit dem VOS-Gehalt, welcher auch von anderen Faktoren abhängt. Wenn nämlich der Anteil «Körner» des Silomais wesentlich leichter verdaulich ist als der Rest der Pflanze, werden grosse Unterschiede bei der Verdaulichkeit der vegetativen Pflanzenteile beobachtet (Meisser und Wyss 1999). Die Umweltbedingungen beeinflussen also den VOS-Gehalt des Silomais durch den Körneranteil und durch

die Verdaulichkeit der restlichen Pflanze. Vergleicht man die Standorte Changins und Reckenholz stellt man fest, dass der VOS-Gehalt am Standort Changins besser mit dem Körneranteil korreliert als am Standort Reckenholz (Abb. 6). Dies legt nahe, dass der Körneranteil bei der Bestimmung der Verdaulichkeit im ersten Fall wichtiger ist als im zweiten. Dieser Schluss deckt sich mit den Resultaten von Struik *et al.* (1985). Diese Autoren haben den Verlauf des VOS-Gehalts während der Kornwachstumsphase verfolgt. Sie haben in einer ersten Phase eine starke Abnahme des VOS-Gehalts aufgezeigt, welcher mit hohen Temperaturen einherging; Diese Abnahme ist

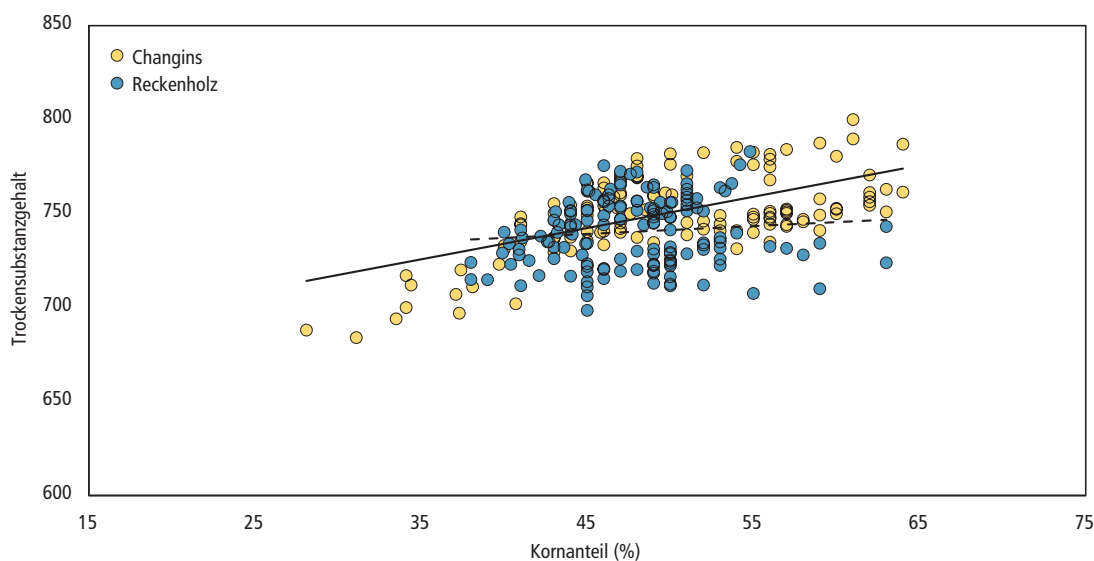


Abb. 6 | Gehalt an verdaulicher organischer Substanz (VOS, g/kg TS) in Abhängigkeit vom Körneranteil für die Jahre 1991 – 2010 und die Standorte Changins ($n=136$, $y=1,66x+667,4$, $R^2=0,36$, $p<0,0001$) und Reckenholz ($n=150$, $y=0,42x+720,25$, $R^2=0,01$, $p=0,1992$).

Tab. 2 | Mittlere Quadratsummen der Umwelteffekte (Standort), der Sorte und der Interaktion zwischen Umwelt und Sorte (Standort x Sorte) für den Ertrag, den Gehalt an verdaulicher organischer Substanz (VOS) und den Stärkegehalt in den Sortenversuchen von 2008 bis 2010.

	2008				2009				2010			
	fg	Ertrag (dt/ha)	VOS (g/kg)	Stärke (g/kg)	fg	Ertrag (dt/ha)	VOS (g/kg)	Stärke (g/kg)	fg	Ertrag (dt/ha)	VOS (g/kg)	Stärke (g/kg)
Standort	7	62027***	24906***	107982***	6	62164***	70934***	48703***	7	73941***	28655***	80497***
Wiederholung	16	546ns	204ns	584ns	14	1455ns	835ns	862ns	16	756ns	608ns	1417ns
Sorte	24	1914***	17773***	4847***	24	1050***	1510**	825*	24	1069***	2589***	11264***
Standort x Sorte	168	328***	666***	1128***	144	398***	936*	762**	168	296***	421ns	1338***
Fehler	384	150	354	633	336	202	715	440	384	151	351	751

fg : Freiheitsgrade

*, ** und *** : signifikante mittlere Quadratsumme bei $p=0,05$, $0,01$ und $0,001$

ns : nicht signifikante mittlere Quadratsumme

in der Folge durch ein besseres Kornwachstum kompensiert worden. Bis zur Endreife hat die Qualität der Pflanzen, die bei hohen Temperaturen wuchsen, jene der Pflanzen, die bei tieferen Temperaturen wuchsen, eingeholt. Wenn die Qualität der grünen Pflanzenteile weniger gut ist, kann die Qualität der ganzen Pflanze dank einem hohen Körneranteil dennoch befriedigend sein, vorausgesetzt es wird nicht zu früh geerntet. Eine leicht vorgezogene Ernte wird an einem vergleichsweise kühlen Standort wie Reckenholz einen geringeren Einfluss auf den VOS-Gehalt haben als an einem wärmeren Standort wie Changins, wo der VOS-Gehalt stärker vom Kornanteil abhängt.

Einfluss der Wechselwirkung von Sorte und Umwelt

Die Varianzanalyse, welche in den Jahren 2008, 2009 und 2010 beim Ertrag, beim Gehalt an VOS und beim Stärkegehalt durchgeführt wurde, zeigt, dass der Einfluss des Standorts bei weitem am wichtigsten ist (Tab. 2). Der Einfluss der Sorte ist immer signifikant, aber deutlich weniger wichtig. Der Einfluss der Interaktion ist noch geringer, aber dennoch oft signifikant.

Im Gegensatz zu den Resultaten von Argillier *et al.* (1997) lässt unsere Studie den Schluss nicht zu, dass im Vergleich zum Einfluss der Sorte jener der Wechselwirkung zwischen Genotyp und Umwelt auf die Qualität vernachlässigbar ist. Dieser Einfluss auf die VOS ist im Vergleich zum Sorteneinfluss schwach, aber die Auswirkung auf den Stärkegehalt liegt meist in der gleichen Grössenordnung. Der Einfluss der Wechselwirkung zwischen Genotyp und Umwelt auf den Ertrag ist immer signifikant und ziemlich wichtig.

Diese Resultate bestätigen, dass es möglich wäre, die Qualität und den Ertrag des Mais zu verbessern, in dem für jede Region die am besten angepassten Sorten selektioniert würden. Die gegenwärtige Sortenauswahl, die auf nationalen Mittelwerten basiert, erlaubt es, Sorten zu selektionieren, welche punkto Qualität und agro-

nomischen Leistungen die besten und stabilsten Ergebnisse hervorbringen und dies unabhängig von den von Jahr zu Jahr unterschiedlichen Wachstumsbedingungen. Eine standortangepasste Sortenempfehlung würde somit bedingen, dass die Eigenheiten der jeweiligen Produktionsstandorte und die Variabilität der Witterungsbedingungen charakterisiert werden.

Schlussfolgerungen

In den letzten 20 Jahren haben die Erträge der Silomaisorten, die in der Liste der empfohlenen Sorten eingetragen sind, signifikant zugenommen, wobei ein gutes Niveau der Frühreife beibehalten wurde. Auch das Qualitätsniveau hat tendenziell zugenommen, aber es werden deutliche Unterschiede zwischen Standorten und Jahren beobachtet.

Der Gehalt an verdaulicher organischer Substanz (VOS) weist für die einzelnen Standorte, Jahre und Sorten Unterschiede auf. Die Interaktion zwischen Genotyp und Umwelt ist gering, was andeutet, dass eine Sorte mit einem hohen VOS - Gehalt in dieser Hinsicht produktiv ist, unabhängig vom Produktionsstandort in der Schweiz. Die Interaktion zwischen Genotyp und Umwelt ist hingegen signifikant für den Ertrag und die Qualitätsparameter, was andeutet, dass eine regionale Sortenselektion interessant sein könnte. Ein solches Vorgehen würde eine vorangehende Charakterisierung der Standorte erfordern. Um das qualitative Potenzial einer Sorte auszuschöpfen ist es wichtig, dass die Sorte bei einem Trockensubstanzgehalt von mindestens 30% geerntet wird. Dies ist umso wichtiger je eher das Produktionsgebiet heisse Sommer aufweist, da in solchen Gebieten die Körner eine wichtige qualitätsbestimmende Rolle spielen. ■

Riassunto**20 anni di studio varietale del mais da silo in Svizzera**

In 20 anni la resa delle varietà di mais da silo semi-precoci (le più coltivate in Svizzera) è aumentata in media di 2 q SS/ha/anno, mantenendo un buon livello di precocità. Le varietà che presentano i maggiori difetti agronomici come un'eccessiva sensibilità all'allettamento, sono state eliminate. L'evoluzione del tenore in materia organica digeribile (MOD) è più difficile da stimare, a causa del forte impatto delle condizioni ambientali su questo criterio. Osserviamo delle differenze di resa e qualità tra i siti e gli anni. Oltre al 30 % di SS, il livello di maturità alla raccolta non ha più nessun influsso sul tenore MOD. Per contro, un raccolto troppo anticipato può penalizzare la qualità del foraggio, a causa di una proporzione dei granelli troppo debole, non compensata dalla migliore digeribilità delle parti verdi.

Sono stati confrontati i dati provenienti da diversi luoghi. I siti di Changins (Nyon, VD) e di Reckenholz (Zurigo, ZH) presentano delle caratteristiche molto diverse: a Changins, dove le estati sono più calde e più secche, raggiungiamo dei tenori in MS soddisfacenti per il raccolto (ca. 33 %) 2–4 settimane prima di Reckenholz dove le rese sono, generalmente, inferiori. Non si osserva una differenza altrettanto netta per la qualità nutrizionale. La MOD è meno correlata alla proporzione di granelli a Reckenholz ($R^2=0,01$, ns) rispetto a Changins ($R^2=0,21^{***}$) dove le piante sono più piccole e pertanto lo sviluppo delle pannocchie sembra essere in grado di compensare la diminuzione della digeribilità delle parti vegetative, legata alle temperature più elevate.

La valorizzazione dei risultati dello studio varietale del mais da silo sull'arco di 20 anni mostra come siano avvenuti progressi genetici significativi, in particolare per quanto riguarda la resa in SS e la qualità, a beneficio dei produttori.

Literatur

- Argillier O., Barriere Y., Traineau R., Emile J. C. & Hébert Y., 1997. Genotype x environment interactions for digestibility traits in silage maize estimated from in vivo measurements with standard sheep. *Plant Breeding* 116 (5), 423–427.
- Kruse S., Herrmann A., Kornher A., & Taube F., 2008. Evaluation of genotype and environmental variation in fibre content of silage maize using a model assisted approach. *European Journal of Agronomy* 28, 210–233.

Summary**20 years of variety testing in forage maize in Switzerland**

In the last 20 years, the yield of mid-early forage maize increased by 2 dt dry matter/ha/year. Varieties with major agronomical problems such as lodging were eliminated. The improvement of quality, and more specifically the content of digestible organic matter (DOM), is more difficult to evaluate, as it is highly influenced by environmental condition. Both yield and quality vary among locations and years. Dry matter content at harvest only influences the DOM up to 30 %, when seed filling is not complete and therefore grain content too low. This is one more reason not to harvest variety trial too soon, so that the late varieties can reach the minimum DM content (30 %).

Data from several locations were compared. For example, differences appeared between Changins (Nyon, VD) and Reckenholz (Zurich, ZH): in Changins, summers are warmer and dryer. Satisfying dry matter content for harvest was usually reached 2 to 4 weeks earlier than in Reckenholz. Yields were lower but with similar content of DOM. DOM was less correlated to grain content in Reckenholz ($R^2=0.01$, ns) than in Changins ($R^2=0.21^{***}$), where plants are smaller and ear development seems to be able to compensate the lower digestibility of the rest of the plant. New varieties showed significant improvement compared to older ones, especially for yield and quality parameters such as DOM. Variety trials over 20 years allowed these improvement to be available for the farmers.

Key words: forage maize, variety, digestible organic matter, genotype x environment interaction.

- Meisser M. & Wyss U., 1999. Influence du climat sur la croissance et le développement du maïs d'ensilage. *Revue suisse d'Agriculture* 31 (2), 71–76.
- Meisser M. & Weiss G., 2003. Valeur nutritive du maïs d'ensilage: quelle est l'importance des facteurs de variation. *Revue suisse d'Agriculture* 35 (1), 5–10.
- Struik P. C., Deinum B. & Hoefsloot J. M. P., 1985. Effects of temperature during different stages of development on growth and digestibility of forage maize (*Zea mays* L.). *Netherlands Journal of Agricultural Sciences* 33, 405–420.