

Bringt der Zuchtfortschritt bei Silomais auch Vorteile für die C-Einträge in den Boden

Antje Herrmann, Katharina Budde, Christoph Kluß und Friedhelm Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau

Einleitung und Problemstellung

Für Silomais ist ein im Vergleich zu anderen Getreiden und Futterpflanzen hoher züchterischer Ertragsfortschritt dokumentiert. So berichten LAIDIG et al. (2014) für deutsche Silomaisarten einen genetisch bedingten Ertragszuwachs von 0.192 t TM ha⁻¹ Jahr⁻¹ für die letzten 3 Jahrzehnte. Für US-amerikanisches Material wird ein linearer Ertragstrend von 0.128 bis 0.164 t ha⁻¹ Jahr⁻¹ für den Zeitraum 1930-1998 nahezu ausschließlich über höhere Kolbenerträge erklärt. Es kann angenommen werden, dass sich der Zuchtfortschritt nicht nur in einem Anstieg der Sprossmasse manifestiert, sondern indirekt auch das Wurzelsystem, d.h. die Wurzelmasse bzw. Wurzelarchitektur modifiziert wurde. Belastbare Studien hierzu liegen für Mais jedoch nur in einem sehr begrenzten Umfang vor. Nach einer Studie zum Zuchtfortschritt bei chinesischer Maisgenetik zeichnen sich neuere Sorten durch eine größere Wurzelmasse, Wurzellänge sowie einen höheren Anteil Wurzeln im Unterboden (30-60 cm) aus, was in einer verbesserten Wasser- und N-Nutzungseffizienz resultieren kann (NING et al. 2014). Eine US-amerikanische Studie belegt für neuere Sorten eine veränderte Wurzelarchitektur, beispielsweise eine geringere Anzahl nodaler Wurzeln und ein modifiziertes Verzweigungsmuster, welches eine effizientere Nährstoff- und Wasseraufnahme und verbesserte Ertragsleistung ermöglichen soll (YORK et al. 2015).

Ziel des Carbomais-Projektes war es, den Beitrag funktionaler Merkmale von Spross und Wurzel zum Zuchtfortschritt von Silomais zu quantifizieren. Hierbei wurden folgende Hypothesen geprüft: (i) der in den letzten 4 Jahrzehnten erfolgte Ertragsfortschritt hat zu einer überproportionalen Akkumulation von Wurzelmasse und zu einem Anstieg des Wurzel/Spross-Verhältnisses geführt, (ii) höhere Erträge neuer Maissorten sind mit einer gesteigerten Wurzelmasse (Brutto, Netto) im Unterboden korreliert, und (iii) bei ähnlichen Abbauraten der Wurzel weisen neuere Sorten günstigere Humusbilanzsalden auf als ältere Sorten.

Material und Methoden

Basis der Untersuchungen bildete ein zweijähriger Feldversuch (2015–2016), der am Standort Ostenfeld (Schleswig-Holstein) auf den Versuchsflächen der FH Kiel („Lindenhof“) mit den in Tab.1 dargestellten Silomaisorten durchgeführt wurde. Die vorherrschenden Bodenarten waren lehmiger Sand und sandiger Lehm und die Flächen waren mit durchschnittlich 50 Bodenpunkten bewertet. Der Standort zeichnet sich im langjährigen Mittel durch eine Durchschnittstemperatur von 8,9 °C bei 847 mm Jahresniederschlag aus. Im Versuchsjahr 2015 lagen der Jahresniederschlag mit 1007 mm und die Durchschnittstemperatur mit 9.7 °C über dem jeweiligen langjährigen Mittel. Das Versuchsjahr 2016 war geprägt durch einen unterdurchschnittlichen Jahresniederschlag (766 mm) bei einer Durchschnittstemperatur von 9.6 °C.

Der Versuch wurde als einfaktorielle, randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Das geprüfte Maissortiment ist Tabelle 1 zu entnehmen. Insgesamt wurden 10 Sorten aus dem mittelfrühen Sortiment ausgewählt, welche das Sortenspektrum der letzten 40 Jahre repräsentieren und sich durch ein hohes Ertragspotential und eine hohe Futterqualität auszeichneten. Die Aussaat fand am 11.05.2015 statt. Die N-Versorgung erfolgte nach N-Sollwert-Prinzip (180 kg N ha⁻¹). Die Grundnährstoffversorgung wurde in Höhe von 160 kg P₂O₅ ha⁻¹, 300 kg K₂O ha⁻¹ und 90 kg ha⁻¹ MgO appliziert, davon 30 kg N ha⁻¹ und 46 kg P₂O₅ ha⁻¹ als Unterfußgabe. Die maschinelle Silomaisernte fand am 26. Oktober (2015) bzw. 26. September (2016) statt.

Zur Erfassung der ober- und unterirdischen Biomasseakkumulation wurden folgende Parameter erfasst: Dynamik der Spross-Trockenmassebildung inkl. verschiedener Pflanzenfraktionen (Blatt, Stängel, Kolben, Fahne) an 5 Terminen mittels Handbeprobung, wöchentliche Erfassung der Blattflächenentwicklung (LICOR LAI-2200C), Quantifizierung des Blatt-Gaswechsels (LICOR LI-6400XT) an 5 Terminen, Dynamik der Brutto-Wurzelmassebildung im Oberboden mittels ingrowth-core Methode (STEINGROBE et al. 2000) in 4-wöchentlichen Intervallen bzw. Erfassung der Netto-Wurzelmasse mittels Bohrkernmethode zur Blüte und zur Siloreife in 0-60 cm Tiefe. Die C- und N-Gehalte von Spross und Wurzel sowie relevante Futterqualitätsparameter wurden mittels NIRS/Nasschemie ermittelt. Die Varianz- und regressionsanalytische statistische Auswertung erfolgte mit der Software R.

Tab. 1: Im Versuch geprüfte Sorten, Jahr der Sortenzulassung und Reifezahl.

Variante	Sorte	Zulassung	Reifezahl
1	Brilliant	1971	FAO 230
2	Blizzard	1975	S250/K230
3	Tau	1977	S230/K220
4	Mutin	1980	FAO 240

5	Beketrio	1990	FAO 230
6	Helix	1994	S230/K220
7	Oldham	1999	S220/K230
8	LG 3232 Lupus	2003	S240/K240
9	Ronaldinio gedüngt	2006	S240/K240
10	LG 30224	2012	S230

Ergebnisse und Diskussion

Der zur Siloreife ermittelte Trockenmasse(TM)-Ertrag zeigte einen abgesicherten Einfluss der Sorte, wobei die älteren Sorten Brilliant, Blizzard und Mutin signifikant unterdurchschnittliche Erträge realisierten, während die neueren Sorten Lupus, Ronaldinio und LG 30224 einen überdurchschnittlichen Ertrag aufwiesen (ohne Abb.). Die regressionsanalytische Auswertung belegt einen signifikanten Anstieg des TM-Ertrags mit dem Jahr der Zulassung (Abb. 1), was den in der Literatur dokumentierten Zuchtfortschritt von Silomais bestätigt. Vergleichbare vom Bundessortenamt ermittelte Zahlen belegen einen Ertragsfortschritt von 1.41 dt TM ha⁻¹ (LAIDIG et al. 2014).

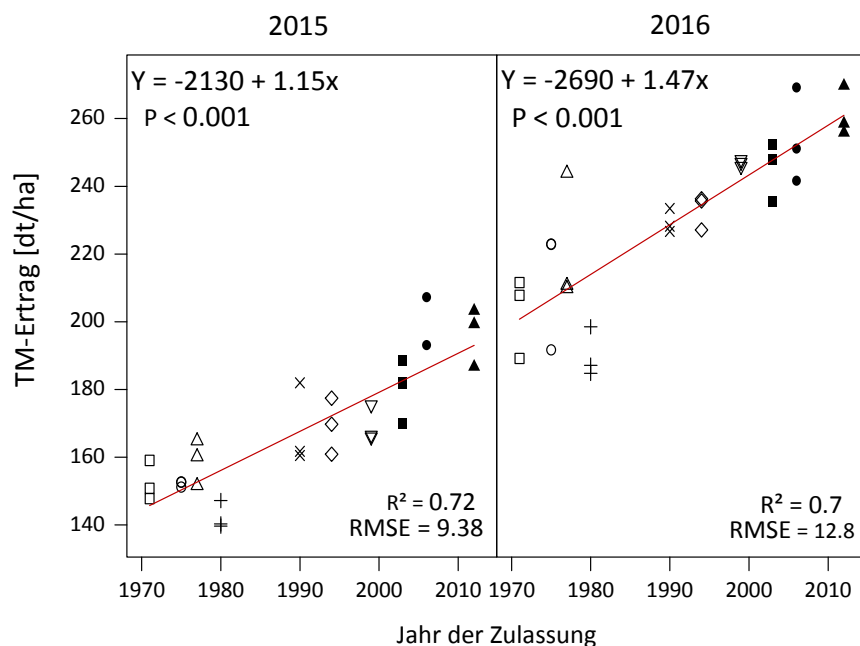


Abb. 1: Beziehung zwischen Jahr der Zulassung und dem Trockenmasseertrag der geprüften Sorten [dt TM ha⁻¹] zur Siloreife für das Versuchsjahr 2015.

Ursächlich für den Ertragsfortschritt ist vermutlich die modifizierte Pflanzenarchitektur neuerer Sorten, die sich in einer tendenziell höheren Blattfläche und einer mehr erektophil ausgerichteten Blatthaltung manifestierte. Für die Photosyntheseleistung hingegen konnte kein Zuchtfortschritt festgestellt werden.

Für die mittels ingrowth core Methode ermittelte Brutto-Wurzelmasse ergab die Varianzanalyse eine signifikante Interaktion zwischen Jahr und Sorte (Abb. 2). Ein Grandmean-Test zeigte jedoch lediglich im Versuchsjahr 2016 für die Sorte Ronaldinio eine signifikant geringere Wurzelmasse. Auch die Regressionsanalyse ergab keinen signifikanten Anstieg der zur Siloreife akkumulierten Brutto-Wurzelmasse (ohne Abb.), d.h. die Hypothese, dass der Zuchtfortschritt auch in einer Akkumulation von Brutto-Wurzelmasse resultiert hat, konnte nicht bestätigt werden.

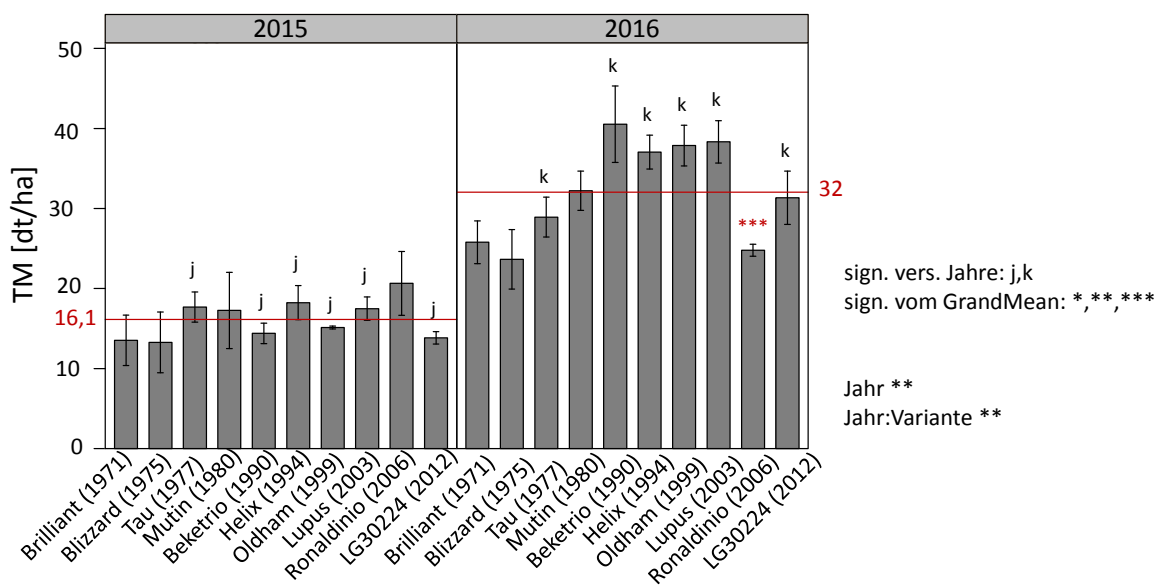


Abbildung 2. Kumulierte Brutto-Wurzelmasse [dt TM ha⁻¹] der geprüften Sorten in Abhängigkeit des Termins (T); Wurzelmasse erfasst mit der ingrowth-core Methode (4-wöchentliches Intervall).

Für die mittels Wurzelbohrern erfasste Netto-Wurzelmasse belegt die regressionsanalytische Auswertung, mit Ausnahme des Probenahmetermins Blüte im Jahr 2016, im Oberboden (0-30 cm) einen signifikanten Anstieg der Netto-Wurzelmasse mit dem Zulassungsjahr (Abb. 3), d.h. einen Zuchtfortschritt von bis zu 1.5 dt TM ha⁻¹ und Jahr. Die Ergebnisse bestätigen den für chinesisches Maismaterial dokumentierten Anstieg der Netto-Wurzelmasse neuerer Sorten (NING et al. 2014). Der Anstieg der Netto-Wurzelmasse kann dahingehend interpretiert werden, dass durch den Zuchtfortschritt, d.h. eine verbesserte Assimilatversorgung der Wurzelmasse über einen länger grün und damit photosynthetisch aktiv bleibenden Blattapparat (THOMAS & OUGHAM 2014), die Umsetzungsprozesse der Wurzel verzögert sind. Dies wird bestätigt durch Berechnungen des Wurzelumsatzes (Daten nicht präsentiert). Übereinstimmend berichten NING et al. (2014) eine geringere Abnahme der Netto-Wurzelmasse nach der weiblichen Blüte für neuere Sorten. Im Unterboden (30-60 cm) konnte

hingegen kein gerichteter Effekt auf die Netto-Wurzelmasse dokumentiert werden.

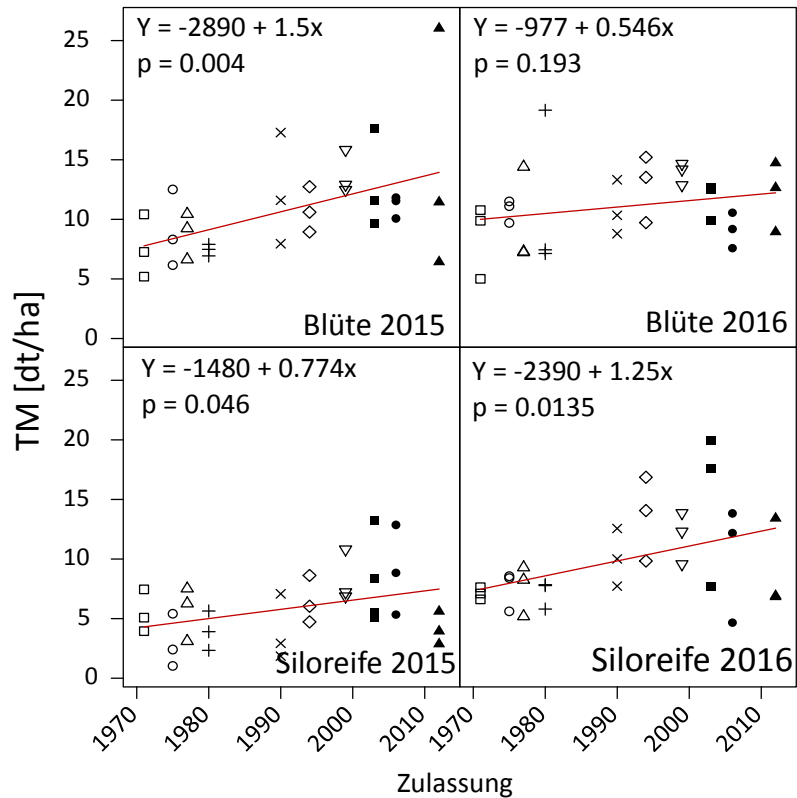


Abb. 3. Netto-Wurzelmasse [dt TM ha⁻¹] der geprüften Silomaisorten, erfasst mit der Bohrkernmethode zum Zeitpunkt der weiblichen Blüte (oben) und zur Siloreife (unten) in den Versuchsjahren 2015 und 2016.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse belegen einen Zuchtfortschritt der erntbaren oberirdischen Biomasse von 1.15 bzw. 1.47 dt ha⁻¹ und Jahr. Die höheren Erträge neuerer Silomaisorten sind jedoch nicht mit einer höheren Brutto-Wurzelmasse korreliert. Allerdings zeigen die Ergebnisse einen signifikanten Anstieg der Netto-Wurzelmasse von älteren zu neueren Sorten, d.h. die eingangs formulierte Hypothese kann nur zum Teil bestätigt werden. Die gesteigerte Netto-Wurzelmasse deutet auf eine verzögerte Wurzelseneszenz neuerer Sorten hin. Eine Zunahme des Wurzel-Spross-Verhältnisses und ein gesteigerter C-Eintrag in den Boden kann daher nicht bestätigt werden.

Literatur

LAIDIG, F., PIEPHO, H.-P., DROBEK, T. & MEYER, U. (2014): Genetic and non-genetic long-term trends of 12 different crops in German official variety performance trials and on-farm yield trends, *Theoretical and Applied Genetics* 127, 2599-2617.

LAUER, J.G., COORS, J.G. & FLANNERY, P.J. (2001): Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras, *Crop Science* 41, 1449-1455.

NING, P., LI, S., LI, X. & LI, C. (2014): New maize hybrids had larger and deeper post-silking root than old ones, *Field Crops Research* 166, 66-71.

STEINGROBE, B., SCHMID, H. & CLAASEN, N. (2000): The use of the ingrowth core method for measuring root production of arable crops – influence of soil conditions inside the ingrowth core on root growth, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 163, 617-622.

THOMAS, H. & OUGHAM, H. (2014): The stay-green trait. *Journal of Experimental Botany* 65, 3889-3900.

YORK, L.M., GALINDO-CASTAÑEDA, T., SCHUSSLER, J.R. & LYNCH, J.P. (2015): Evolution of US maize (*Zea mays* L.) root architectural and anatomical phenes over the past 100 years corresponds to increased tolerance of nitrogen stress, *Journal of Experimental Botany* 66, 2347-2358.