

Wie viel Kalium braucht Silomais auf leichten Standorten?

A. Herrmann¹, F. Schröder¹, C. Kluß¹, P. Lausen², E. Techow², G. Feger³ und
F. Taube¹

¹ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau,
Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

² Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg

³ K+S Kali GmbH, Bertha-von-Suttner-Straße 7, 34131 Kassel

aherrmann@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Eine an den Bedarf der Silomaisbestände angepasste Versorgung mit Stickstoff und Grundnährstoffen ist Voraussetzung für die Erzielung hoher Ertragsleistungen. In den letzten Jahren hat die Grundnährstoffversorgung jedoch offensichtlich etwas an Bedeutung verloren. Ergebnisse eines Monitorings der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein belegen eine Verschlechterung der Kalium (K)-Versorgung insbesondere auf leichten Ackerstandorten über die letzten Jahre (LAUSEN und GOSCH, 2012), erkennbar an einem Anstieg der Bodengehaltsklassen A und B. Dies ist zum einen zurückzuführen auf den verringerten Einsatz mineralischer K-Dünger, z.T. bedingt durch die Preisentwicklung an den Düngermärkten. Zum anderen ist der K-Gehalt von Rindergülle, die neben Mineraldünger eine entscheidende Rolle bei der K-Versorgung von Silomais spielt, in den letzten Jahren rückläufig. Gerade auf leichten Standorten kommt der K-Versorgung jedoch eine große Bedeutung zu im Hinblick auf die Toleranz gegenüber Trockenperioden (ZÖRB et al., 2014). Ziel dieser Studie war es daher (i) die Ertragswirksamkeit der K-Versorgung im Silomaisanbau auf leichten Standorten zu untersuchen und (ii) zu prüfen, ob ein kritischer K-Gehalt zur Siloreife als Indikator des K-Status abgeleitet werden kann.

Material und Methoden

Die Untersuchung basiert auf einem Feldversuch, der 2007 in Form einer einfaktoriellen Blockanlage mit vier Wiederholungen (Parzellengröße 11 m x 6 m) am Standort Schuby, Geest, angelegt wurde. Die K-Versorgung von Silomais (Sorte Salgado, S200/K230) wurde in vier Stufen (0, 100, 200, 300 kg K₂O ha⁻¹) variiert und in Form von Kaliumchlorid vor der Maisaussaat Anfang April ausgebracht. Die N-Düngung erfolgte auf allen Parzellen einheitlich in Höhe von 140 kg ha⁻¹ (40 kg Unterfuß, 100 kg 1-2 Wochen nach Saat in mineralischer Form (2010, 2012: Entec, 2011: Harnstoff)). Die Phosphorversorgung wurde ebenfalls in 2 Teilgaben als Tripelphosphat appliziert: 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ 2-4 Wochen vor Aussaat, sowie 45 kg P₂O₅ ha⁻¹ zur Unterfußdüngung. Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgten nach guter fachlicher Praxis. Die Bodenbearbeitung wurde konventionell mit Pflug und Packer durchgeführt. Die einzelnen Versuchsvarianten lagen jedes Jahr auf der gleichen Parzelle, wodurch Anreicherungs- bzw. Aushagerungseffekte sichtbar gemacht werden konnten. Die Dynamik der Biomasseakkumulation wurde über 5 manuelle Beprobungen in der Vegetationsperiode und eine maschinelle Beerntung zur Siloreife erfasst. Zur manuellen Beprobung wurden jeweils 10 Pflanzen je Parzelle geerntet, gehäckselt und eine Unterprobe bei 58°C bzw. 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Analyse des K-Gehaltes des Maises erfolgte flammenphotometrisch (763 nm). Die Ergebnisse zu Futterqualitätsparameter beruhen auf NIRS-Schätzungen, welche für die Energiedichte auf GfE (2009) und Weißbach et al. (1996) basieren.

In die statistische Auswertung einbezogen wurden die Versuchsjahre 2010 bis 2012. Der Einfluss der Faktoren K-Versorgung, Erntetermin und Jahr auf den Ertrag, K-Entzug und Futterqualitätsparameter wurde mittels Varianzanalysen untersucht, unter Verwendung der Statistik-Software R (2012), wobei K-Versorgung, Erntetermin, Jahr sowie alle Interaktionen als fix angenommen wurden. Der Block wurde als zufälliger Faktor betrachtet und die Korrelationsstruktur, bedingt durch die Erntetermine, berücksichtigt. Mittelwertvergleiche wurden mittels multipler Kontrasttests (BRETZ et al., 2011) durchgeführt. Der kritische K-Gehalt wurde nach Herrmann und Taube (2004) abgeleitet unter Verwendung einer e-Funktion zur Quantifizierung der Beziehung zwischen TM-Ertrag und kritischem K-Gehalt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Effekte der K-Düngung auf den TM-Ertrag, den K-Entzug und die K-Bilanz werden der Übersichtlichkeit halber nur für den Termin Silomaisenernte präsentiert (Abb. 1). Die Ergebnisse der Untersuchung belegen einen deutlichen ertragssteigernden Effekt der K-Düngung. Im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle wurden Ertragssteigerungen von bis zu 91% bzw. 68 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2012 erzielt. Zwischen den gedüngten Varianten eines Jahres wurden jedoch keine statistisch abgesicherten Ertragsunterschiede gefunden, d.h. mit einer K-Düngung von 100 kg K₂O ha⁻¹ wurde bereits der Maximalertrag erzielt. Daraus kann allerdings nicht geschlussfolgert werden, dass eine K-Düngung in Höhe von 100 kg K₂O ha⁻¹ langfristig ausreichend ist. Das gleiche Bild wie für den TM-Ertrag zeigte sich für die Energiekonzentration (MJ NEL/kg TM) und den Energieertrag (GJ NEL ha⁻¹). Die K-Entzüge wurden deutlich durch die Jahreswitterung beeinflusst und variierten zwischen 49 kg K₂O ha⁻¹ (2012) in der ungedüngten Variante und 222 kg K₂O ha⁻¹ (2011) in der höchsten K-Stufe. Mit einer K-Düngung von 100 kg K₂O ha⁻¹ stieg der K-Entzug im Vergleich zur Kontrolle an, eine weitere Steigerung der K-Versorgung führte jedoch, mit Ausnahme des Jahres 2011, zu keinem statistisch gesicherten Anstieg des K-Entzugs. Die K-Bilanz nahm erwartungsgemäß mit steigender K-Düngung zu. Eine ausgeglichene K-Bilanz stellte sich im Mittel der Jahre bei einer K-Düngung zwischen 100 und 200 kg K₂O ha⁻¹ ein.

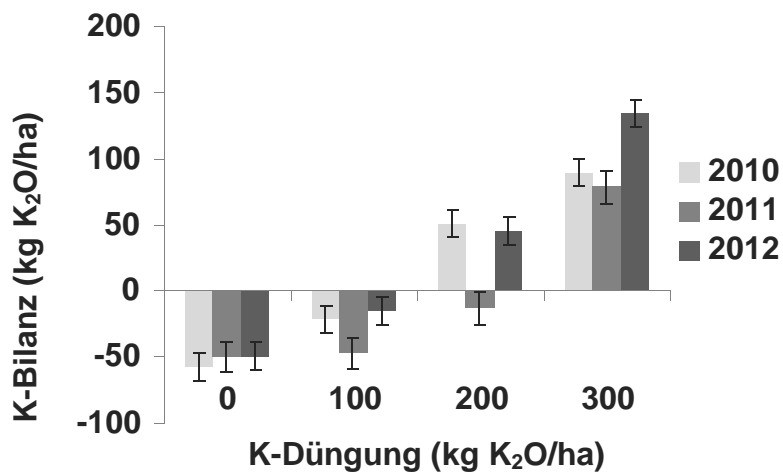
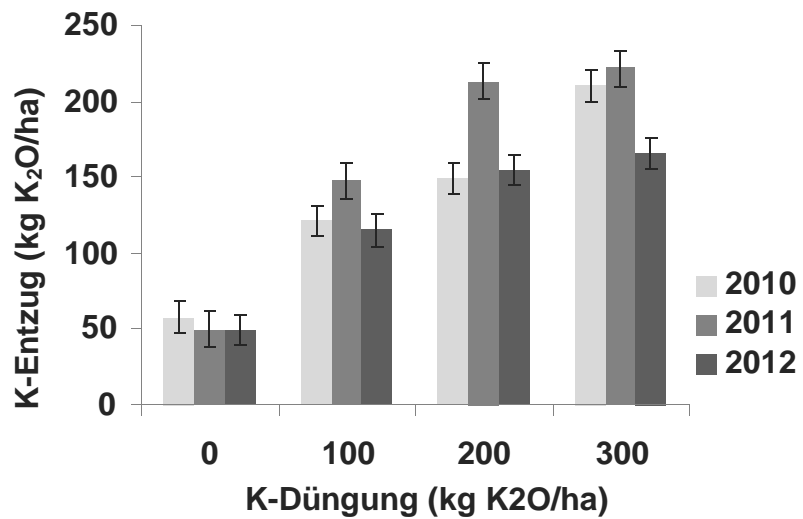
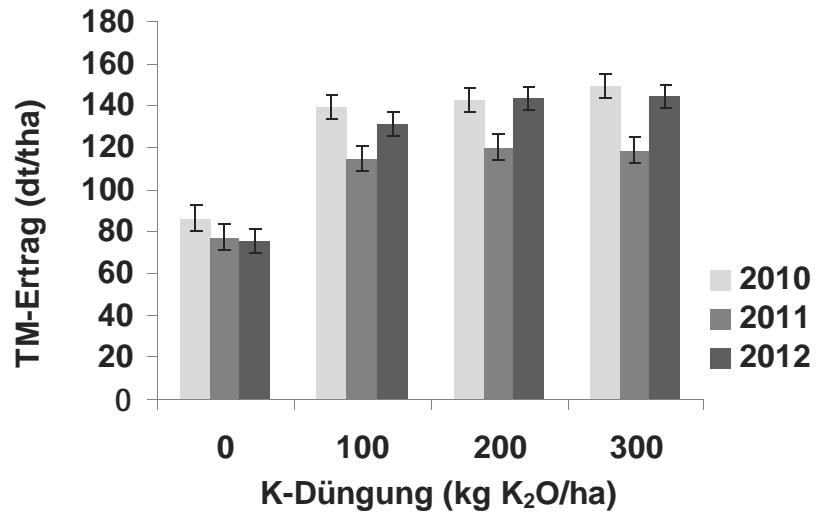


Abbildung 1: Trockenmasseertrag, K-Entzug und K-Bilanz von Silomais in Abhängigkeit der K-Düngung am Standort Schuby in den Versuchsjahren 2010-2012

Versuchsbegleitend wurden in allen Varianten in regelmäßigen Abständen Proben zur Untersuchung der Grundnährstoffversorgung entnommen. Zu Versuchsbeginn im Jahr 2007 befanden sich alle Varianten in der Gehaltsklasse A ($3 \text{ mg K}_2\text{O (100 g)}^{-1}$ Boden). In der ungedüngten und der $100 \text{ kg K}_2\text{O}$ -Variante veränderten sich die Gehalte über den Versuchszeitraum nur wenig, so dass die Parzellen auch im Herbst 2012 noch Gehaltsklasse A aufwiesen. In den Varianten mit 200 bzw. $300 \text{ kg K}_2\text{O}$ -Düngung stiegen die K-Gehalte leicht an und befanden sich im Herbst 2012 in Gehaltsklasse C ($11 \text{ mg K}_2\text{O (100 g)}^{-1}$ Boden). Auf leichten, sandigen Standorten der Geest scheint daher eine Aufdüngung in Gehaltsklasse C für die Ausschöpfung des Ertragspotentials von Silomais nicht erforderlich zu sein.

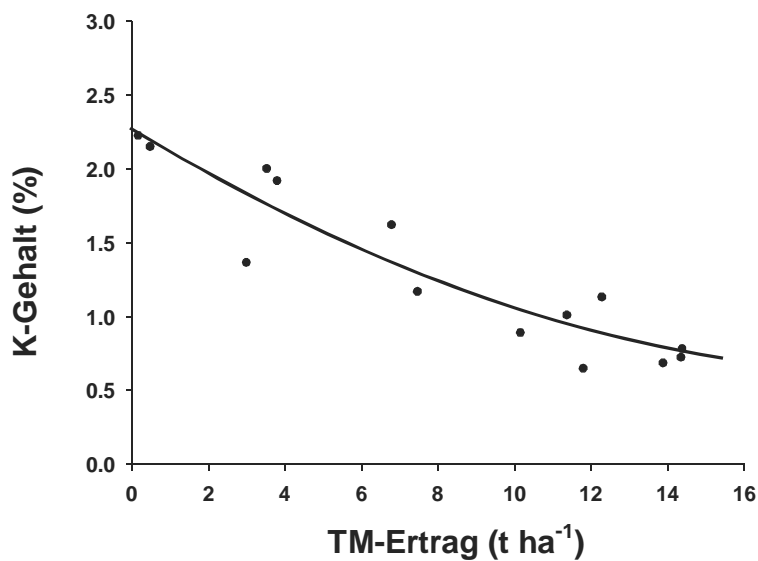


Abbildung 2: Beziehung zwischen kritischem K-Gehalt (%) und Trockenmasseertrag (t ha^{-1}). Die Daten wurden anhand von 5 Probenahmeterminen während der Vegetationsperiode (beginnend Mitte/Ende Juni), und der Silomaisernte abgeleitet. $y = 2.264 \cdot e^{-0.0769 \cdot W}$, mit W der oberirdischen Biomasse in t TM ha^{-1}

Aus den Zuwachsbeprobungen wurde der „Kritische K-Gehalt“ abgeleitet, d.h. der minimale K-Gehalt in Mais, der für die Erzielung des Maximalertrages erforderlich ist. Dieser kritische K-Gehalt sinkt im Verlauf der Vegetationsperiode, d.h. mit zunehmendem Ertrag, ab. In Abbildung 2 ist der zum jeweiligen Messtermin mindestens erforderliche K-Gehalt der Einzeljahre dargestellt. Dieser Gehalt bezieht sich auf die Gesamtpflanze und ist daher nicht mit den Ertragsgrenzwerten nach BREUER et al. (2003) vergleichbar, da diese sich auf die jeweils stadienspezifisch aktivste Blatttage beziehen. Erreicht man also zur Siloreife einen Trockenmasseertrag von 13 t ha^{-1} , ist bei einem K-Gehalt von 0.83% in der Trockenmasse von einer ausreichenden K-Versorgung auszugehen. In älteren Arbeiten werden z.T. höhere Werte genannt. So soll die Photosyntheserate von Maisblättern bei K-Gehalten unter 1.1 bis 1.5% deutlich eingeschränkt sein und für Körnermais ein K-Gehalt von 1.3% erforderlich sein zur Erzielung von 90% des Maximalertrages (LEIGH et al., 1984). Ein Einfluss der N-Versorgung bzw. Bestandesdichte auf den K-Gehalt kann, abgesehen von schwerwiegender Mangelversorgung, weitgehend ausgeschlossen werden (CIAMPITTI et al., 2013). Sortenunterschiede in der K-Aufnahmeeffizienz von Mais sind meist auf Unterschiede in der Wurzelarchitektur zurückzuführen (FARINA et al., 1983; FEIL et al., 1992; NAWAZ et al., 2006, CAO et al., 2007). Es liegen allerdings keine aktuellen, belastbaren Untersuchungen zu Sorteneffekten aus dem nordwesteuropäischen Anbauraum vor. Bevor der „Kritische K-Gehalt Silomais“

als Werkzeug in der Beratung Eingang finden kann, sollte er daher an weiteren Standorten und Silomaisorten überprüft werden.

Schlussfolgerungen

Der Kaliumdüngung kommt im Silomaisanbau eine große Bedeutung zu: Kalium steigert den Trockenmasse- und den Energie-Ertrag. Mais hat ein gutes K-Aufnahmevermögen, jedoch ist mit einer Erhöhung der K-Düngung nur bis zu einem bestimmten Grad eine Ertragssteigerung verbunden. Auf leichten Standorten der Geest scheint für die Ausschöpfung des Ertragspotentials eine Aufdüngung in Gehaltsklasse C nicht sinnvoll. Eine Düngung nur nach der durch die Ertragservartung bestimmten K-Abfuhr erscheint hier angebracht. Der kritische Kaliumgehalt kann künftig ein geeignetes Instrument zur Kontrolle der erfolgten Kaliumdüngung darstellen und sollte durch weitere Versuche auf anderen Standorten und mit einem größeren Sortenspektrum für die Düngungsberatung abgesichert werden

Literatur

- BRETZ, F., HOTHORN, T. & WESTFALL, P. (2011): Multiple comparisons using R. Chapman & Hall/CRC Press.
- BREUER, J. et al. (2003): Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen. Anwendung in Landwirtschaft, Gemüse- und Obstbau. Agrimedia.
- CAO, M.J., YU, H.Q., YAN, H.K. & JIANG, C.J. (2007): Difference in tolerance to potassium deficiency between two maize inbred lines. *Plant Production Science* 10, 42-46.
- CIAMPITTI, I.A., CAMBERATO, J.J., MURRELL, S.T. & VYN, T.J. (2013): Maize Nutrient Accumulation and Partitioning in Response to Plant Density and Nitrogen Rate: I. Macronutrients. *Agronomy Journal* 105, 783-795.
- FARINA, M.P.W., CHANNON, P. & Phipson, J.D. (1983) Genotypic differences in the potassium requirement of two maize cultivars. *Crop Production* 12, 84-86.
- FEIL, B., THIRAPORN, R., GEISLER, G. & STAMP, P. (1992): Yield, development and nutrient efficiency of temperate and tropical maize germplasm in the tropical lowlands. II. Uptake and redistribution of nitrogen, phosphorus and potassium. *Maydica* 37, 199–207.
- GfE (2009): New equations for predicting metabolisable energy of compound feeds for cattle. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 18, 143-146.
- HERRMANN, A. and TAUBE, F. (2004): The range of the critical nitrogen dilution curve for maize (*Zea mays* L.) can be extended until silage maturity. *Agronomy Journal* 96, 1131-1138.
- LAUSEN, P. und GOSCH, K. (2012): Die Bodenfruchtbarkeit ist vielfach rückläufig. <http://www.kali-gmbh.com/de/pdf-articles/article-20120912-bauernblatt-die-bodenfruchtbarkeit-ist-vielfach-ruecklaeufig.pdf>.
- LEIGH, R.A. and WYN JONES, R.G. (1984): A hypothesis relating critical potassium concentrations for growth to the distribution and functions of this ion in the plant cell. *New Phytologist* 97, 1-13.
- NAWAZ, I., ZIA-UL-HASSAN, RANJHA A. M. & ARSHAD, M. (2006): Exploiting genotypic variation among fifteen maize genotypes of Pakistan for potassium uptake and use efficiency in solution culture. *Pakistan Journal of Botany* 38, 1689-1696.
- WEIßBACH, F., SCHMIDT, L. & KUHLA, S. (1996): Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der NEL aus der umsetzbaren Energie. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 5, 117.
- ZÖRB, C., SENBAYRAM, M. & PEITER, E. (2014): Potassium in agriculture – Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology* 171, 656-669.