

Wassernutzungseffizienz und Wasserverbrauch von Sorghum bicolor im Vergleich zu Energiemais

Maria Wagner^{1*} und Steffi Knoblauch¹

Zusammenfassung

Unter potenziellen Verdunstungsbedingungen produziert Sorghum bicolor im mitteldeutschen Binnenlandklima sehr hohe Erträge, deutlich über Energiemais. Das erfordert aber auch große Wassermengen, die diese Kultur effizienter als der Mais nutzt. Die Wassernutzungseffizienz von Sorghum bicolor ist bei ausreichender Wasserversorgung besser als die von Energiemais. Mit abnehmendem Wasserangebot geht diese Vorzüglichkeit zurück. Unter den Niederschlagsverhältnissen im mitteldeutschen Trockengebiet ist die Wassernutzungseffizienz von Energiemais günstiger im Vergleich zu Sorghum bicolor. Die Erträge sind aber etwa gleich groß. Dafür ist die Sorghum bicolor-Hirse mehr als der Mais in der Lage, ihren hohen Wasserbedarf durch eine tiefere Bodenwasserausschöpfung zu decken.

Schlagwörter: Lysimeter, Bodenwasserentzug, Bodenwasserausschöpfung

Summary

Under potential vaporisation terms Sorghum bicolor in the Medium German interior climate produces very high yields, clearly about energy maize. However, this also requires big quantities of water which this culture uses more efficiently than maize. The water use efficiency of Sorghum bicolor is better with sufficient water supply than those of energy maize. With decreasing water offer this advantage is reduced. Under the precipitation relations in the Medium German dry region the water use efficiency of energy maize is more favourably in comparison to Sorghum bicolor. However, the yields are equally high. On the other hand Sorghum bicolor millet has a better ability than maize to cover its high water need by a deeper ground water exhaustion.

Keywords: lysimeter, ground dehydration, ground water exhaustion

Einleitung

Seit einigen Jahren sind verstärkte Bemühungen im Gange, die Sorghumhirsen in Mitteleuropa als Energiepflanze zu etablieren, um das Spektrum des vorrangig auf Mais und Ganzpflanzengetreide ausgerichteten Energiepflanzenbaus für die Biogasgewinnung vielfältiger und ökologisch ausgewogener zu gestalten. Derzeit fehlen für den gemäßigten Klimaraum Angaben zum Wasserverbrauch und zur Wassernutzungseffizienz von Sorghumhirsen.

Im Modellversuch mit Kleinlysimetern wurden im Zeitraum von 2008 bis 2010 Sorghum bicolor und als Referenzpflanze Energiemais auf zwei verschiedenen Böden mit gestaffelter Wasserversorgung hinsichtlich Wasser-Ertrags-Beziehungen, Bodenwasserentzug und Sickerwasserbildung bei optimiertem Düngungsregime untersucht. Die Feldlysimeteranlage Butteltstedt diente 2009 der Bestimmung der aktuellen und potenziellen Evapotranspiration, der Wassernutzungseffizienz und dem Ausschöpfungsvermögen von Bodenwasser von Sorghum bicolor.

Material und Methoden

Die im Kleinlysimeterversuch eingesetzten 48 Lysimeterbehälter sind monolithisch befüllt und besitzen einen Durchmesser von 40 cm (=0,125 m² Fläche) und eine Tiefe von 1,35 m.

Die Feldlysimeter haben eine Oberfläche von 2 m² und eine Tiefe von 2 bzw. 2,5 m zur Gewährleistung eines repräsentativen Pflanzenbestandes und uneingeschränkten Wurzelwachstums. Sie befinden sich inmitten eines 32 ha großen Feldschlages mit der gleichen landwirtschaftlichen Kultur zur Vermeidung von Oaseneffekten. Für die Ermittlung der Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag und Verdunstung sind sechs der Lysimeter kontinuierlich wägbare mit einer Genauigkeit von 100 g resp. 0,05 mm.

Die *Tabelle 1* gibt eine Übersicht über die Versuchsvarianten der Lysimeterversuche.

Faktor Pflanze: Als Vertreter der Hirsen wurde der mittelspäte wüchsige und trockenheitsverträgliche Hirsehybrid Goliath (Sorghum bicolor x bicolor) ausgewählt. Die massebildende, trockenheitstolerante Energiemaissorte Atletico (S 280) wurde als Vergleichspflanze gewählt.

Faktor Klima und Boden: Die langjährige Niederschlags-summe beträgt 551 mm, das langjährige Temperaturmittel 8,2°C.

Der Braunerde-Tschernosem aus Löß ist eine typische Bodenform des Thüringer Beckens. Mit Grobporengehalten von >7 Vol.%, Bodendichten im Bereich von 1,33...1,64 g/cm³ und Nadelstichporengefüge bestehen günstige Bedingungen für die Durchwurzelung. In Verbindung mit nFK-Werten von 9,3...15 Vol.% (pF 2,5) ist von einem großen pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrat auszugehen.

¹ Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Str. 98, D-07743 JENA

* Ansprechpartner: Maria Wagner, m.wagner@lysimeter.tll.de

Tabelle 1: Versuchsvarianten der Lysimeterversuche

Faktor	Modellversuch mit Kleinlysimeter		
Pflanze	Sorghum bicolor (Goliath)	Energiemais (Atletico)	
Boden	Braunerde-Tschernosem aus Löß	Braunerde aus Bändersand	
Wasserversorgung	1,0 PET	0,6 PET	0,3 PET
N-Düngung	min. Düngung nach SBA ¹		
Feldlysimeterversuch			
Pflanze	Sorghum bicolor		
Boden	Braunerde-Tschernosem aus Löß	Para-Rendzina aus unterem Keuper	
Wasserversorgung	natürlicher Niederschlag		Zusatzwasser zur Aufrechterhaltung von ca. 80% nFK im Wurzelraum
N-Düngung	min. Düngung nach SBA ¹		min.-org. Düngung nach SBA, Rindergülle-N als Gesamt-N

¹ SBA-System ... Stickstoffbedarfsanalyse-system der TLL, Düngung nach N-Sollwert (Silomais 220, Sorghum bicolor 230 kg/ha)

Tabelle 2: Ausgewählte bodenphysikalische und -chemische Parameter des Braunerde-Tschernosem aus Löß und der Braunerde aus Bändersand

Horizont	Tiefe cm	Probenahme- tiefe cm	CaCO ₃ %	pH	Bodenart	Skelett %	nFK pF 2,5 Vol.%	nFK radiometr. Vol.%	C _{org} %	N _t %
Braunerde-Tschernosem aus Löß										
Ap	0...25	12...18	0,3	6,6	Lu	0,08	15,5	12,0	1,7	0,14
Ah	...43	30...36	0,3	6,5	Lu		13,6	13,3	1,2	0,1
Ah-Bv	...65	45...51	0,2	6,7	Lu	0,08	9,3	13,8	0,8	0,06
Ckc1	...110	75...85	17,8	7,4	Lu	4,4	14,2	13,9	0,3	0,02
Ckc2	...160	120...140	15,3	7,6	Lu	8,0	12,8	10,0	0,2	0,02
Ckc3	...195	160...195	12,8	7,6	Lu	7,0	15,0	9,9	0,3	0,01
Braunerde aus Bändersand										
Ap	0...20	15...20	c0	5,2	Su2	4,3	11,5 ¹	8,8 ²	1,3	0,10
Ah	...27		c0	5,2				8,5	1,3	0,10
Bv	...62	43...48	c0		Ss	2,7	5,1	7,0		
Cv1	...88	73...78	c0		Ss	0,3	7,5	7,0		
Cv2, 3	...160	105...110	c0		Ss	0,2	3,9	6,8		

¹pF 2,0; ²vorläufige Schätzung aus Neutronensondenmessung 2008, 2009

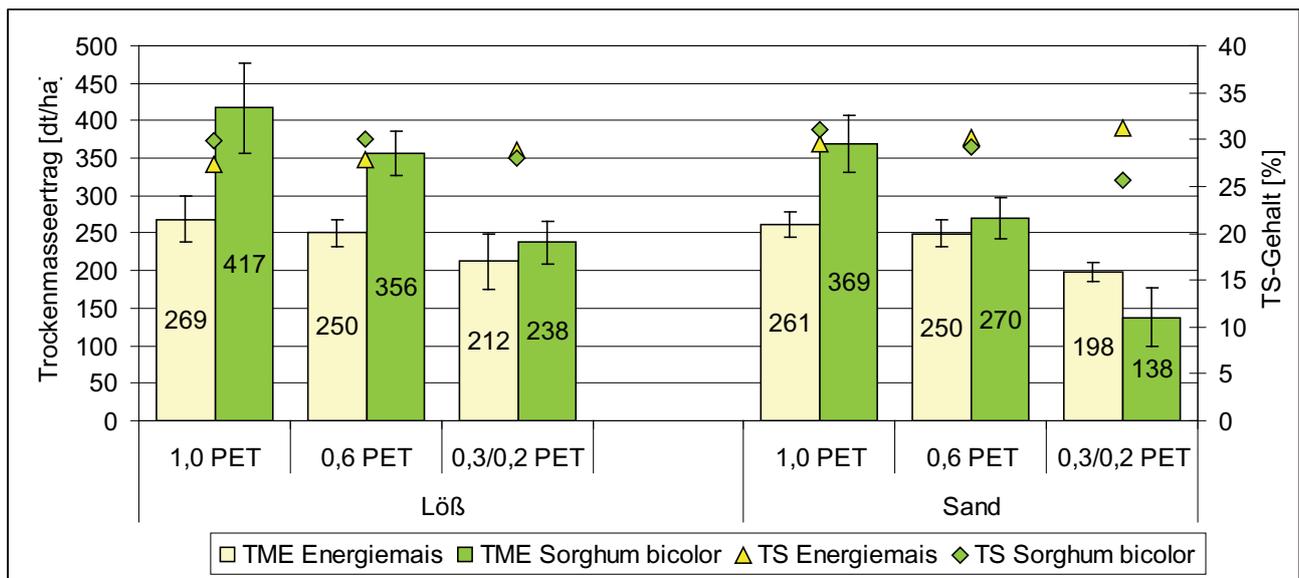


Abbildung 1: Trockenmasseertrag von Energiemais und Sorghum bicolor im Modellversuch (Jahresmittel 2009/2010) in Abhängigkeit von Boden und Wasserversorgung

Herkunftsort der Braunerde aus Bändersand ist die Düben-Dahlener Heide mit vergleichbaren klimatischen

Verhältnissen wie am Versuchsstandort. Ausgangssubstrat der Bodenbildung ist Sand bis schwach-schluffiger Sand

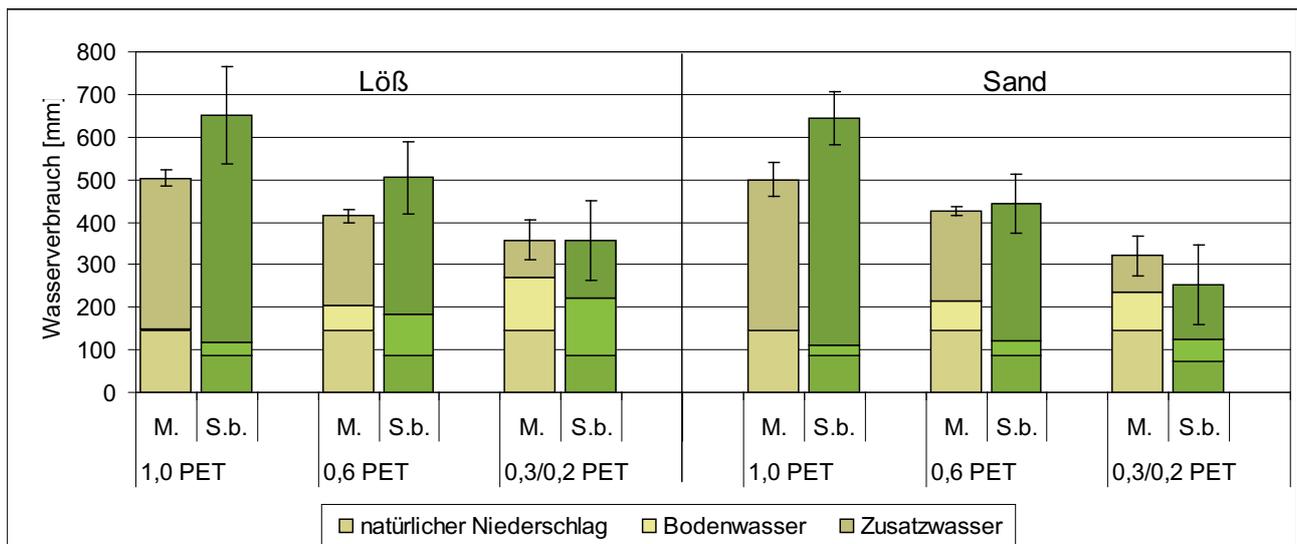


Abbildung 2: Wasserverbrauch von Energiemais (M.) und Sorghum bicolor (S. b.) im Modellversuch (Jahresmittel 2009/10) in Abhängigkeit von Boden und Wasserversorgung

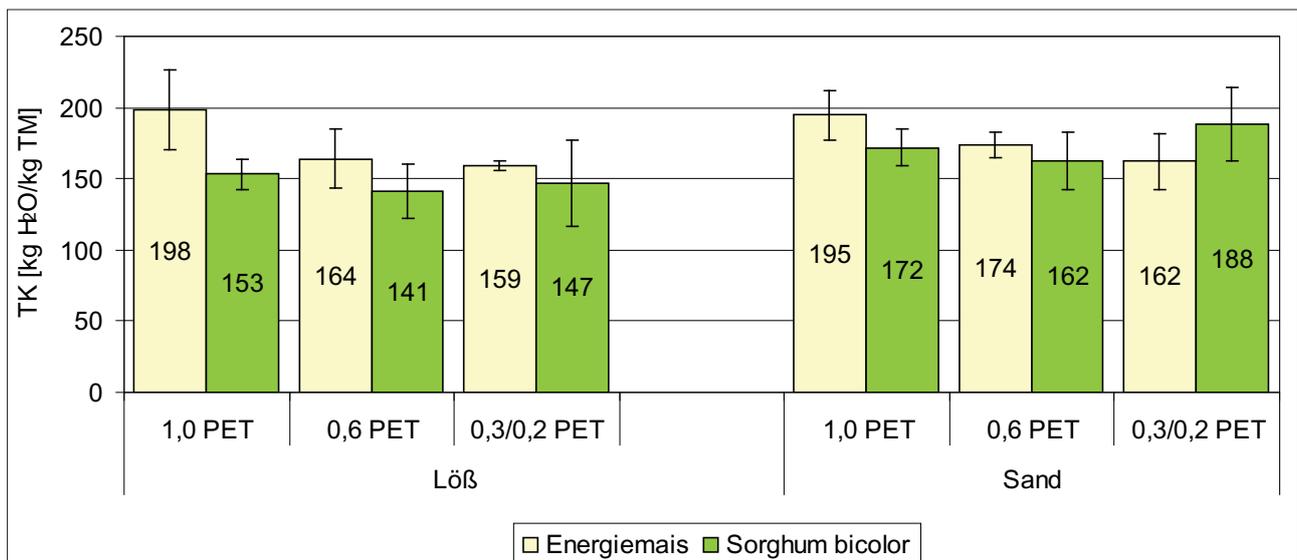


Abbildung 3: Transpirationskoeffizient (TK) von Energiemais und Sorghum bicolor im Modellversuch (Jahresmittel 2009/2010) in Abhängigkeit von Boden und Wasserversorgung

(Tabelle 2). Unterhalb 80 cm Tiefe finden sich z. T. lehmige Schichten (Tieflehm) im Wechsel mit sandig-kiesigen Lagen. Die nFK der sandigen Substrate liegt im Bereich von 3,9...11,5 Vol.% (pF 2,0).

Die Para-Rendzina aus unserem Keuper aus dem Thüringer Keuperbecken ist aus carbonathaltigen Mergelgesteinen hervorgegangen. Die Bodenart ist im Ap/Ah-Horizont mittel toniger Lehm. Darunter folgen lehmige, schluffige und tonige Verwitterungsprodukte des unteren Keupers (vgl. KNOBLAUCH 2011 in diesem Heft). Die nFK bewegt sich zwischen 8,1 und 17,4 Vol.% (pF 2,5).

Faktor Wasser: Im Kleinlysimeterversuch wurden mit Beginn der Hauptwachstumsperiode auf beiden Böden drei Abstufungen der Wasserversorgung geprüft. In der ersten Stufe werden > 80 % nFK für potenzielle Verdunstungsbedingungen durch Ausgleich der Wasserbilanz (1,0 PET)

realisiert, in der zweiten Stufe 60 % (0,6 PET) und in der dritten Stufe 30 % bzw. 2010 20 % der potenziellen ET (0,3/0,2 PET).

Zwei der mit Löß befüllten Feldlysimeter werden mit Zusatzwasser versorgt zur Bestimmung der PET des Pflanzenbestandes. Das wird erreicht durch Aufrechterhaltung eines Bodenwassergehaltes im Bereich von 80 % nFK im Wurzelraum. Alle übrigen Feldlysimeter werden unter natürlichem Niederschlag belassen (aktuelle Evapotranspiration, AET).

Ergebnisse

Modellversuch mit Kleinlysimetern

Unter potenziellen Verdunstungsbedingungen lag das Ertragsniveau von Sorghum bicolor deutlich höher als das des

Tabelle 3: Wassernutzungseffizienz von Sorghum bicolor auf Feldlysimetern 2009 unter potentiellen und aktuellen Verdunstungsbedingungen

	Länge der Wachstumszeit (Aufgang bis Ernte) d	Trockenmasse- ertrag dt/ha	Wasserverbrauch mm	Transpirationskoeffizient kg H ₂ O /kg TM
unter potenziellen Verdunstungsbedingungen in der Hauptwachstumszeit				
Sorghum bicolor	134	304	568	184
Silomais (1993)	135	189	361	191
unter aktuellen Verdunstungsbedingungen (natürlicher Niederschlag), tiefgründiger Braunerde-Tschernosem (Löb)				
Sorghum bicolor	134	201	480	229
unter aktuellen Verdunstungsbedingungen (natürlicher Niederschlag), Para-Rendzina (unterer Keuper)				
Sorghum bicolor	134	159	385	242

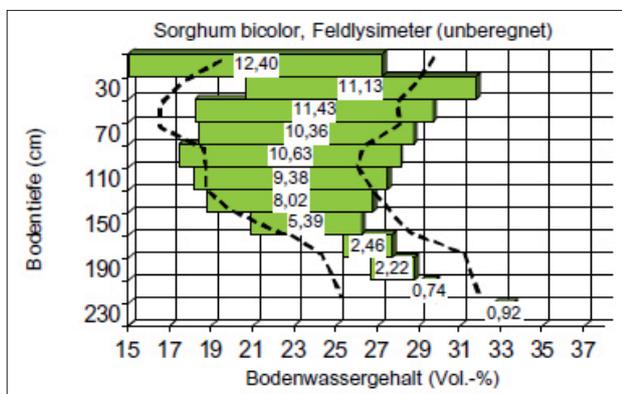


Abbildung 4: Intensität der Bodenwasserausschöpfung von Sorghum bicolor 2009. Die gestrichelten Linien markieren den ÄWP und die FK bzw. den pflanzennutzbaren Bodenwasserbereich.

Energiemais (Abbildung 1). Die Ertragsüberlegenheit von Sorghum bicolor ging mit abnehmendem Wasserangebot relativ stark zurück, auf dem Sandboden mit geringerer Wasserbereitstellung fiel der Ertrag bei 0,3/0,2 PET unter den von Mais. Sorghum bicolor erreichte bei 9 Tagen längerer Wachstumszeit (145 d) den siliertechnisch erforderlichen TS-Bereich von 28 - 32 %, den der Mais in Normaljahren problemlos erlangt.

Für das Erreichen potenzieller Verdunstungsbedingungen benötigte Sorghum bicolor deutlich mehr Zusatzwasser als der Energiemais (Abbildung 2). Auf dem Löb wurde auch der Bodenwasserspeicher stärker in Anspruch genommen. Unter potenziellen Verdunstungsbedingungen fällt der TK von Sorghum bicolor auf beiden Böden günstiger aus

als beim Energiemais. Mit abnehmendem Wasserangebot geht diese Vorzüglichkeit von Sorghum bicolor gegenüber Energiemais zurück. Ab der Versorgungsstufe 0,3 PET steigt der TK von Sorghum bicolor auf Sand über den Wert von Energiemais und die WUE der Hirse wird schlechter.

Feldlysimeter

Die Ergebnisse der Feldlysimeter bestätigen, dass Sorghum bicolor unter potenziellen Verdunstungsbedingungen sehr hohe Erträge produziert. Das erfordert aber auch hohe Wassermengen. Die WUE ist vergleichbar zu der von Silomais (Sorte Pirat, 1993). Unter Bedingungen natürlichen Niederschlags liegt der TK sowohl auf dem Braunerde-Tschernosem als auch auf der Para-Rendzina mit geringerem Wasserbereitstellungsvermögen deutlich höher und unterstreicht das Ergebnis aus dem Kleinlysimeter-Modellversuch, dass die WUE von Sorghum bicolor im Vergleich zum Mais mit abnehmender Wasserversorgung sinkt.

Allerdings ist die Sorghum bicolor-Hirse mehr als der Mais in der Lage ihren Wasserbedarf durch Aufnahme von Bodenwasser zu decken (Abbildung 4). Ihre maximale Bodenwasserentzugstiefe lag bei 200 cm, Silomais erreichte 1993 eine Ausschöpfungstiefe von 120 cm (KNOBLAUCH 2009).

Literatur

KNOBLAUCH, S., 2009: Langjährige Ergebnisse über das pflanzenspezifische Aneignungsvermögen von Bodenwasser landwirtschaftlicher Kulturen auf einem tiefgründigen Braunerde-Tschernosem aus Löb, 13. Gumpensteiner Lysimetertagung am 21. und 22. April 2009.