

Biogas-Sonnenblumen: Züchtung auf Ertrag und Qualität

Sunflowers for biogas - Breeding for yield and quality

Volker Hahn^{1*}

Abstract

In Germany biogas is starting to become a major source of energy and the acreage of plants used for biogas production is increasing. Sunflowers can be used to broaden corn based energy crop rotations if they achieve high methane yields. The methane yield per hectare depends on the biomass yield, the amount of biogas per kg organic dry matter and the methane content in the biogas.

We investigated the biomass yield of sunflowers used for oil production across four environments in 2007 and found a total biomass yield of 108.4 dt.ha⁻¹. The mean yield of biomass types was 139.3 dt.ha⁻¹. Hybrids derived from descendants of genetic resources were tested in 2009 in two environments and showed higher biomass yields and comparable oil yields than the biomass types used in 2007. To investigate the stem quality of sunflower lines two sets (early and late material) with 75 lines were planted in 2008 and 2009 at two locations. The stems were harvested and sugar contents, lignin contents, and ash contents were estimated using near infrared spectroscopy. Significant differences of quality traits of the lines were found. Stem quality investigations of hybrids showed associations between biomass yield and stem quality. High yielding hybrids had higher sugar contents, and lower ash and lignin contents.

Keywords

Biomass, *Helianthus annuus*, methane yield, NIRS, stem quality

Einleitung

Biomasse wird zukünftig eine größere Bedeutung im Energiemix aufweisen. Hierbei wird die Gewinnung von Biomethan zumindest in Deutschland eine wichtige Rolle einnehmen. Grundlage für die Nutzung der Biomasse ist der Energieertrag, der je Flächeneinheit erzielt werden kann. Für die Nutzung von Biomasse in Biogasanlagen ist nicht nur der Trockenmasseertrag von Bedeutung, auch die Zusammensetzung des Gärsubstrates spielt eine wichtige Rolle um eine hohe Wirtschaftlichkeit der Anlage und damit einen konkurrenzfähigen Preis am Markt zu erzielen. Sonnenblumen könnten die stark maisbetonten Energiefruchtfolgen auflockern. Hierzu werden Hybriden benötigt, die neben einem hohen Biomasseertrag eine hohe Methanausbeute

je Gewichtseinheit Substrat erzielen. Zuchtziele von Biogassonnenblumen sind daher neben hohen Biomasse- und Fetterträgen geringe Gehalte an Lignin und Asche.

Biomasseertrag von Sonnenblumen

Um herauszufinden, welche Biomasseerträge Körnersonnenblumen erreichen, wurden im Jahr 2007 22 Hybriden an den vier Orten Hohenheim, Eckartsweier, Bonn und Rostock vierreihig mit jeweils zwei Wiederholungen angebaut. Mit einem Maishäcksler wurden die mittleren beiden Reihen geerntet und der Frischmasseertrag bestimmt. Anhand einer Probe, die zwei Tage bei 110°C getrocknet wurde, wurde der Trockensubstanzgehalt (TS) ermittelt. Die Körnersorten erzielten über alle Umwelten einen mittleren Ertrag von 108,4 dt.ha⁻¹ bei einem mittleren TS-Gehalt von 29,9%. Die Spannweite lag dabei zwischen 73,6 dt.ha⁻¹ und 137,7 dt.ha⁻¹ bei TS-Werten zwischen 25,9% und 35,8%. Vergleichend dazu wurden sechs Sonnenblumenhybriden bzw. Populationen angebaut, die in vorausgehenden Untersuchungen ein starkes Massenwachstum aufwiesen. Diese Biomassetypen zeigten einen mittleren Ertrag von 139,3 dt.ha⁻¹ bei einem TS-Gehalt von 25,1%. Die Spannweite der Biomassetypen lag zwischen 116,2 dt.ha⁻¹ und 152,8 dt.ha⁻¹ bei TS-Werten zwischen 23,8% und 25,7%. Die ertragreichste Biomassehybride wurde in Wertprüfungen geprüft und ist inzwischen unter dem Namen Metharoc in Österreich und Deutschland zugelassen.

Um eine weitere Ertragssteigerung zu erzielen, wurden aus der Genbank stammende Genetische Ressourcen in das Zuchtprogramm integriert. Zahlreiche Genetische Ressourcen zeigten zwar ein starkes Längenwachstum, wiesen aber gleichzeitig ein hohes Lagerisiko auf. Daher wurden die Genetischen Ressourcen mit standfesten Sonnenblumen-Elitelinien rekombiniert und die Nachkommen wurden auf ihre Standfestigkeit geprüft. Die selektierten Linien wurden mit Testern gekreuzt und 2009 an den beiden Orten Eckartsweier und Hohenheim auf ihren Biomasseertrag geprüft. Als Standard wurde die Sorte Metharoc verwendet. Der Standard erzielte in Eckartsweier einen Trockenmasseertrag von 109 dt.ha⁻¹ bei einem TS-Gehalt von 48,8%. Zwei Testhybriden erzielten mit 146 dt.ha⁻¹ bzw. 137 dt.ha⁻¹ signifikant ($P < 0,01$) höhere Trockenmasseerträge bei TS-Gehalten zwischen 37,5% bzw. 42,3%. In Hohenheim erzielte Metharoc einen Ertrag von 147 dt.ha⁻¹ bei allerdings nur 21,3% TS. An diesem Standort waren sechs Testhyb-

¹ Universität Hohenheim, Landessaatzuchtanstalt, Versuchsstation, Waldhof 2, D-77731 WILLSTÄTT

* Ansprechpartner: Volker HAHN, volker.hahn@uni-hohenheim.de

riden dem Standard signifikant ($P < 0,01$) überlegen. Diese Testhybriden wiesen Erträge zwischen $180 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ und $212 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ bei TS-Werten zwischen 19,7% und 23,1% auf. Unter diesen Testhybriden waren auch die beiden ertragreichsten Hybriden aus Eckartsweier zu finden. Die Fetterträge lagen in der Größenordnung des Standards.

Stängelqualität - Linien

Da die Steigerung des Biomasseertrags bei Sonnenblumen zu einem großen Teil auf eine größere Pflanzenlänge zurückzuführen ist, spielt die Stängelqualität eine große Rolle, um den Einsatz von Sonnenblumen in Biogasanlagen ökonomisch durchführen zu können. Bislang liegen nur wenige Untersuchungen zur Zusammensetzung der Inhaltsstoffe von Sonnenblumenstängeln vor. Daher wurden in den Jahren 2008 und 2009 in Hohenheim und Eckartsweier jeweils zwei Prüfungen mit 75 Linien als 15×5 Alpha-Design mit zwei Wiederholungen angelegt. Die Leistungsprüfung, die die frühen Linien enthielt, wurde ca. drei Wochen nach der Saat des späten Sets ausgesät, um eine gemeinsame Ernte der frühen und späten Linien zu ermöglichen. Drei Linien wurden als Standard in beiden Prüfungen eingesetzt. Zur Ernte wurden von fünf Pflanzen je Parzelle die Blätter und Körbe abgeschnitten. Die Stängel wurden mit einem Standhächsler zerkleinert, gewogen und bei 60°C vier Tage getrocknet. Die Proben wurden zurückgewogen, mit einer Schneidmühle gemahlen und gemischt. Die spektrale Zusammensetzung dieser Proben und der weiter unten dargestellten Proben der Hybridzeiternten wurde mit einem Polytec-NIRS-System (Polytec, Waldbronn, Deutschland) aufgenommen. Mit Hilfe des Software-Pakets Utilities (Sensologic, Norderstedt, Deutschland) wurden die 200 informativsten Spektren ermittelt, nachdem zuvor 25 zufällig ausgewählte Proben als Validierset entnommen wurden. Die 225 Proben wurden von der Firma Agrolab Laborgruppe (Bruckberg, Deutschland) auf die Inhaltsstoffe Rohasche, Zuckergehalt und ADL-Gehalt (Lignin) untersucht. Basierend auf diesen Referenzwerten wurden NIRS-Kalibrationen erstellt. Hierfür wurde das Software-Paket SLCalibration Wizard (Sensologic, Norderstedt, Deutschland) verwendet. Mit einem voreingestellten Satz von 60 Spektrenvorbehandlungen bzw. Transformationen wurden mit der Partial Least Square (PLS) Methode Kalibrationen erstellt. Für die Schätzung der Werte der Inhaltsstoffe aller Proben wurde

für die untersuchten Merkmale jeweils die Kalibration verwendet, die anhand des Validiersets den höchsten RPD-Wert (ratio performance deviation) aufwies. Die RPD Werte der Validationen betragen dabei 2,5 für das Merkmal Rohasche, 9,5 für den Zuckergehalt und 2,8 für den ADL-Gehalt. Mit Hilfe des Software Pakets PLABSTAT (UTZ 2004) wurden an den einzelnen Umwelten Varianzanalysen (ANOVA) mit den mittels NIRS geschätzten Werten durchgeführt. Mit den angepassten Prüfgliedmittelwerten wurden anschließend die Varianzkomponenten über alle Umwelten geschätzt. Alle Effekte im Modell wurden als zufällig betrachtet. Mittelwerte, Spannbreiten, Varianzkomponenten und Heritabilitäten der untersuchten Inhaltsstoffe sind in *Tabelle 1* angegeben.

Für beide Sets und alle Merkmale wurden hochsignifikante genotypische Unterschiede ermittelt. Im Vergleich zum späten Set wurden für das frühe Set geringere Heritabilitäten und genotypische Varianzen geschätzt. Der Grund dafür lag in einer deutlich stärkeren Interaktion zwischen Genotyp und Umwelt des frühen Sets (Daten nicht gezeigt). Zusammenfassend zeigen die Untersuchungen, dass eine züchterische Verbesserung der Inhaltsstoffe hinsichtlich einer besseren Vergärbarkeit von Sonnenblumenstängeln aussichtsreich erscheint. Erwünscht sind hohe Zuckergehalte und niedrige ADL- und Rohaschegehalte.

Zeiterntversuche - Hybriden

Um herauszufinden, wie sich die Stängelqualität von Sonnenblumenhybriden im Verlauf der Abreife ändert, wurden in den Jahren 2008 und 2009 Zeiterntversuche durchgeführt. Untersucht wurden 16 Hybriden (14 Körnertypen und die beiden Biomassetypen Metharoc und KW7504). Der Versuch wurde als 4×4 Gitter mit 2 Wiederholungen angelegt. Beginnend zwei Wochen nach der Blüte wurden im wöchentlichen Abstand von jeder Parzelle 5 Sonnenblumenstängel geerntet und wie oben dargestellt untersucht. In *Abbildung 1* sind die jeweiligen Mittelwerte, sowie die Werte der beiden Biomassetypen und beispielhaft zweier Körnertypen gezeigt. Der Rohaschegehalt stieg bei der Abreife geringfügig an, die massereichen Biomassetypen zeigten unter dem Mittelwert liegende Aschegehalte von 5 bis 6,5%. Die mittleren ADL-Gehalte stiegen von 8,3% in der ersten Ernte auf 11,4% in der letzten Ernte. Die Biomassetypen wiesen wiederum unter dem Mittelwert liegende Werte auf. Die mittleren Zuckergehalte der Stängel fielen

Tabelle 1: Mittelwerte, Spannweiten, genotypische Varianzen und Heritabilitäten der angegebenen Merkmale für das frühe und das späte Set mit jeweils 75 Genotypen über vier Umwelten

Table 1: Means, ranges, genotypic variance component estimates and heritabilities of the given traits for the late and early set of 75 genotypes across four locations

Merkmal (trait)	Reifezeit (maturity)	Mittel (mean)	Spannweite (range)	Genotyp. Varianz (genotypic variance)	Heritabilität (heritability)
Zuckergehalt (%)	Spät (late)	9,0	1,0 - 24,2	15,780**	0,77
(sugar content)	Früh (early)	8,3	2,7 - 19,3	8,066**	0,63
ADL (%)	Spät (late)	9,0	8,3 - 13,1	0,726**	0,69
(lignin content)	Früh (early)	8,3	8,7 - 12,1	0,253**	0,43
Rohasche (%)	Spät (late)	9,2	5,6 - 11,8	1,282**	0,75
(ash content)	Früh (early)	10,1	6,4 - 12,9	1,104**	0,68

** signifikant mit $P < 0,01$; significant at $P < 0,01$

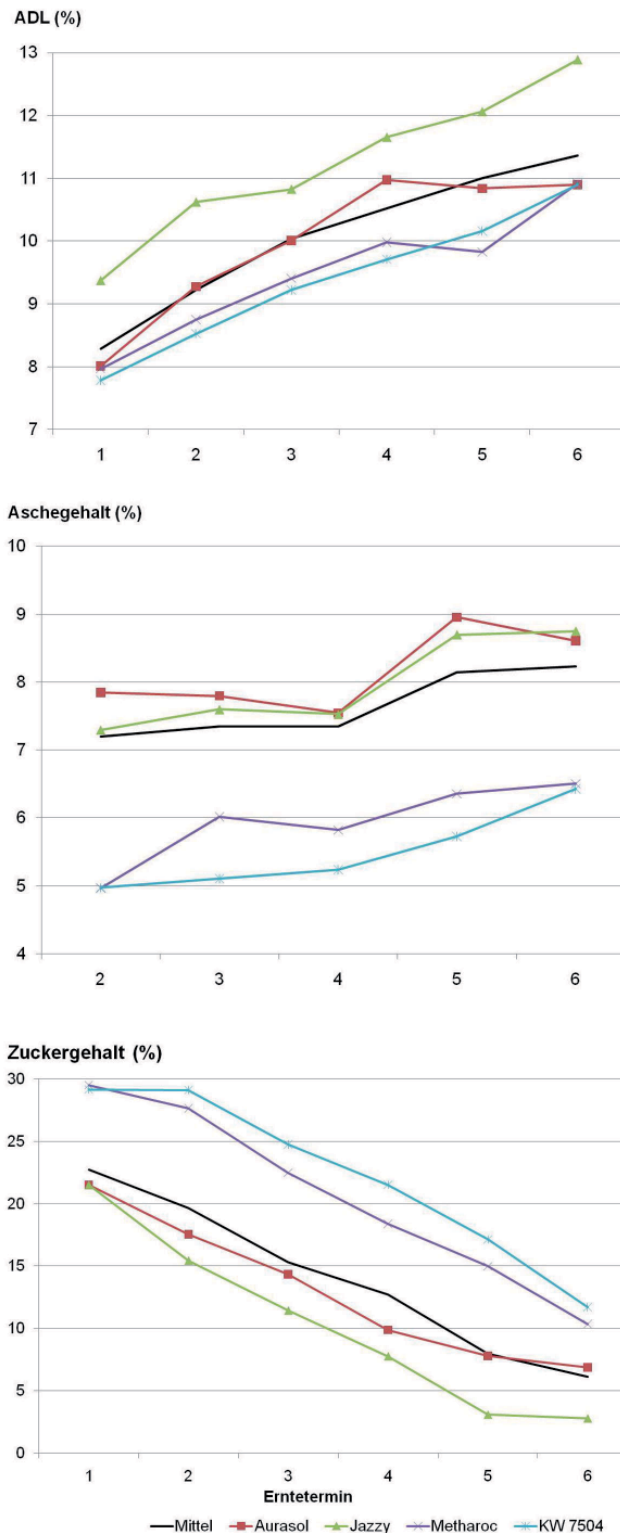


Abbildung 1: ADL-, Rohasche- und Zuckergehalte von Sonnenblumenstängeln zu verschiedenen Erntezeitpunkten

Figure 1: Lignin, crude ash and sugar content of sunflower stems of different harvest times

von 22,7% auf 6,1% ab. Die Biomassetypen wiesen über dem Durchschnitt liegende Werte auf. Basierend auf diesen Ergebnissen sieht es so aus, als ob eine Steigerung der Biomasse gleichzeitig die Stängelqualität von Sonnenblumen verbessert, da hohe Zuckergehalte und niedrige Asche- und Ligningehalte erwünscht sind, um eine hohe Biogasausbeute zu erhalten.

Zusammenfassung

Für die Verwendung als Biogassubstrat müssen Sonnenblumen einen hohen Methanertrag pro Hektar erzielen. Dieser wird erreicht durch hohe Biomasseerträge und eine hohe Methanausbeute des Substrats. Die Untersuchungen zeigen, dass durch den Einsatz genetischer Ressourcen der Biomasseertrag von Sonnenblumen gesteigert werden kann. Ein Hauptaugenmerk muss dabei auf der Selektion von standfestem Material liegen. Untersuchungen zur Zusammensetzung der Inhaltsstoffe von Sonnenblumenstängeln ergaben signifikante genotypische Unterschiede. Daher ist es möglich, diese Zusammensetzung züchterisch zu beeinflussen. Erwünscht sind hierbei hohe Zuckergehalte bei niedrigen Lignin- und Aschegehalten. Eine Steigerung der Biomasse verändert die Inhaltsstoffe der Sonnenblumenstängel in der gewünschten Richtung.

Danksagung

Ich danke der KWS Saat AG, Einbeck und insbesondere Herrn Dr. Martin Ganßmann für die Unterstützung und die zahlreichen Diskussionen. Die Untersuchungen wurden unterstützt mit Mitteln der Baden-Württemberg-Stiftung und dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz über den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.

Literatur

UTZ HF, 2004: PLABSTAT. A computer program for the statistical analysis of plant breeding experiments. Institute of Plant Breeding, Seed Science and Population Genetics, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. [Available online: https://www.uni-hohenheim.de/plantbreeding/software/plabstat/plabstat_manual_eng.pdf; verified November 11, 2010]