

Schlussbericht

Titel des Projektes

Eignung von Energiepflanzen als alternative Nahrungspflanzen für Larven von *Diabrotica virgifera virgifera*

Projektlaufzeit

11.11.2009–30.06.2011

Name und Anschrift der Forschungseinrichtung

BTL Bio-Test Labor GmbH Sagerheide
Forschungsgruppe Phyto-Entomologie
Birkenallee 19
D-18184 Thulendorf/Sagerheide
Tel.: 038204 12981
Fax: 038204 12980

Projektleiter

Dr. T. Thieme E-Mail: tt@biotestlab.de

Projektbearbeiter

K. Gloyna, E-Mail: kg@biotestlab.de

Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL, IPZ), Freising,
in-vitro-tec GmbH, Berlin
KWS Saaten AG, Einbeck
Mendel Biotechnology, Hayward, CA, USA
Natur-Rohstoff-Service (NRS), Kanzem
Technologie und Förderzentrum (TFZ), Straubing
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele und Aufgabenstellung	2
1.1	Planung und Ablauf des Vorhabens	3
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	3
2	Material und Methoden	5

3	Ergebnisse	11
3.1	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	11
3.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	20
4	Zusammenfassung	22
5	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen .	23
6	Literaturverzeichnis	24
7	Anhang	26

Abbildungen und Tabellen

Abb. 1	Versuchsaufbau	8
Abb. 2 A–B	<i>D. v. virgifera</i> : Entwicklungsstadien der Larve.....	9
Abb. 3 A	Modifizierte MacFadyen-Anlage (schematisch)	10
Abb. 3 B	Extraktionsgefäß	10
Abb. 4 A–C	Vergleich der Ergebnisse der Maiskontrollen	11
Abb. 5	Ackergräser als Wirte von <i>D. v. virgifera</i>	13
Abb. 6	Anteile der drei Larvenstadien in Teilversuchen mit Ackergräsern ..	14
Abb. 7.	Chinagräser als Wirte von <i>D. v. virgifera</i>	15
Abb. 8 A–C	Vergleich von in vitro- und Rhizom-Pflanzen	16
Abb. 9	Rutenhirsen als Wirte von <i>D. v. virgifera</i>	18
Abb. 10 A–C	Nutzung von Wirtspflanzen durch <i>D. v. virgifera</i> Larven eines Feld- und eines nicht diapausierenden Laborstamms	19
Tab. 1	Getestete Pflanzenarten und –sorten	6
Tab. 2	Wirtseignung von Ackergräsern	12
Tab. 3	Wirtseignung von Chinagräser	14
Tab. 4	Vergleich von <i>Miscanthus</i> in vitro- und Rhizom Pflanzen	16
Tab. 5	Wirtseignung von Rutenhirsen	17
Tab. 6	Wirtseignung von Sorghum-Hirsen	18
Tab. 7	Rohdaten (Anhang)	26

1. Ziele und Aufgabenstellung

Die Endlichkeit fossiler Energieträger (z.B. Erdöl, -gas und Kohle) und insbesondere die prognostizierten Auswirkungen ihrer Nutzung auf das Klima führten in den letzten Jahren zu einem verstärkten Interesse an sogenannten regenerativen Energien. Neben der Nutzung physikalischer Systeme, wie Wind-, Wasser- und Sonnenenergie, hat auch der Anbau von Pflanzen zur Energiegewinnung (Biogasanlagen, Direktverbrennung, Biokraftstoffe) stark an Bedeutung gewonnen. Trotz einer Vielzahl von Studien, in denen ökonomische und ökologische Aspekte des Anbaus von Energiepflanzen betrachtet werden, sind Auswirkungen des Befalls durch phytosanitäre Schaderreger bislang kaum untersucht. Insbesondere die Interaktion von Energiepflanzen und bekannten Herbivoren, beispielsweise dem Westlichen Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte 1868), wurden bisher nicht ausreichend erforscht (SPENCER & RAGHU, 2009). Die oligophagen Larven von *D. v. virgifera* entwickeln sich nur an einigen monokotylen Pflanzen. Da der Käfer mit nur einer Generation pro Jahr auftritt, die Eiablage fast ausschließlich in Maisbeständen stattfindet und der Bewegungsradius der Larven aufgrund ihrer geringen Größe sehr begrenzt ist (< 100 cm), sind Fruchtfolgen mit Nicht-Wirtspflanzen eine gute Möglichkeit, diesen Schaderreger zu regulieren. Auch die durch die EU vorgeschriebenen Quarantänemaßnahmen setzen auf Fruchtfolge als effektive Eradikationsmaßnahme.

Mais liefert für die Verwertung in Biogasanlagen derzeit mit Abstand die höchsten Erträge, deshalb stellt ein Fruchtwechsel ein besonderes Problem für landwirtschaftliche Betriebe dar, die als Lieferanten für Biogasanlagen agieren und verpflichtet sind, vertraglich vereinbarte Mengen an Biomasse zur Verfügung zu stellen. Da es Literaturhinweise und Laborergebnisse gibt, die auf das Potential anderer Wirtspflanzen (z.B. Getreidearten, Wildgräser) als Nahrungsressource für die Larven hinweisen, war es Ziel des Projektes, die Eignung alternativer Energiepflanzen als Wirtspflanzen für *Diabrotica*-Larven aufzudecken. Es erscheint dringend notwendig, dass vor einer Officialberatung der Landwirte fundiertes Fachwissen zu potentiellen Wirtspflanzen in Deutschland erarbeitet wird, um die Erfolgsaussichten von Fruchtfolgemaßnahmen abschätzen zu können. Die Ergebnisse sollen die Eignung anderer Pflanzenarten für Larven von *D. v. virgifera* aufzeigen, aber zumindest auch eine quantitative Abschätzung der Wirtseignung ermöglichen.

1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens

Vor dem Beginn der praktischen Arbeiten wurde die mit dem Projektantrag eingereichte Liste zu testender Pflanzenarten und –sorten konkretisiert und erweitert. Die Auswahl erfolgte in enger Abstimmung mit den Projektkoordinatoren und Kollegen aus dem Bereich des Energiepflanzenbaus (LfL/IPZ-Freising; TLL-Jena; TFZ-Straubing, NRS Natur-Rohstoff-Service), Saatzuchtfirmen (in-vitro-tec Gesellschaft zur Pflanzenvermehrung für den Umweltschutz mbH, Berlin, Deutschland; KWS Saat AG, Einbeck, Deutschland; Mendel-Biotechnology, Hayward, USA) und der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR, Güstrow-Gülzow). Das Saat-/Pflanzgut wurde größtenteils direkt durch kontaktierte Kollegen bereitgestellt, oder bei Saat-/Pflanzgutfirmen bestellt (siehe Tab.1, Material und Methoden).

Die Bestimmung der Wirtseignung aller im Projektantrag vorgesehenen Pflanzen wurde in einer Serie aufeinander folgender Einzelversuche bis Juni 2010 abgeschlossen. Für den Vergleich der Nutzung von Wirtspflanzen durch Larven des SE-europäischen Feldstamms und eines nicht-diapausierenden Laborstamms wurden Mais als Positivkontrolle, Knautgras (*Dactylis glomerata*) als geeigneter Wirt und die Weiche Trespe (*Bromus mollis*) als ungeeigneter Wirt genutzt. Für die Untersuchung von zusätzlich fünf *Miscanthus*- und sechs *Panicum*-Genotypen sowie dem Vergleich der Wirtseignung von *Miscanthus x giganteus* in vitro- und Rhizompflanzen wurde eine Verlängerung der Projektlaufzeit bis Juni 2011 genehmigt. Diese zusätzlichen Versuche wurden bis zum Ende der Projektlaufzeit durchgeführt.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Veröffentlichungen aus den USA (z.B. BRANSON & ORTMAN 1967a, b, 1970, OYEDIRAN et al. 2004, WILSON & HIBBARD 2004) zeigen, dass sich *Diabrotica*-Larven nicht nur an Mias, sondern auch an anderen monokotyledonen Pflanzen (Gräsern) bis zum erwachsenen fertilen Tier entwickeln können. Einige der in den USA geprüften Arten (neben Ungräsern z.B. auch Weizen!) kommen auch in Deutschland vor. In neuerer Zeit hat MOESER (2003) gezeigt, dass die Nahrungsverwertung von *Diabrotica*-Larven an Weizen und einigen weiteren Gräserarten (*Setaria* spp. und *Panicum milliaceum*) der an Mais ebenbürtig ist. Leider wurden diese Versuche nur mit dem zweiten Larvenstadium und einer Dauer von 6 Tagen durchgeführt. Daher bleibt unklar, ob eine alleinige Ernährung an diesen Gräsern zu fertilen Tieren führen kann. In rumänischen Feldversuchen bestätigen BREITENBACH et al. (2005) die Wirtseignung von drei *Setaria*-Arten im Freiland. Im Gegensatz zu den Angaben von MOESER & VIDAL (2004) entwickelten sich bei diesem Versuche keine adulten Tiere an Weizenpflanzen. CABRERA WALSH (2007) berichtet, dass eine südamerikanische *Diabrotica*-Art (*D. speciosa* [Germa]) auch Sorghum-Hirsen (*S. halepense*) als vollwertige Wirtspflanzen nutzen kann. Dieser Befund ist bemerkenswert, da *Sorghum*

spp. nach den Untersuchungen von BRANSON et al. (1969) aufgrund Blausäuregehalts der Wurzeln für Larven des westlichen Maiswurzelbohrers toxisch sind und sich nicht als Wirtspflanzen eignen. Da für die Biomasse-Produktion für Biogasanlagen insbesondere Sorghum-Hirsen als Alternative zu Mais diskutiert werden und in bisherigen Untersuchungen nur eine geringe Zahl an Arten/Sorten untersucht wurden, sollte die Beurteilung der Wirtseignung möglichst vieler Sorghum-Hirsen ein Schwerpunkt des Projekts sein.

Als Versuchsparameter zur Einschätzung der Wirtsqualität werden am häufigsten die Anzahl überlebender Larven, deren Kopfkapselbreite und das bis zum Versuchsende erreichte Gewicht genutzt. Dabei wird von einer geringen Variabilität der Kopfkapselbreite und des Gewichts frisch geschlüpfter Larven ausgegangen. CLARK & HIBBARD (2004) und CHEGE et al. (2005) geben als Mittelwert von 100 bzw. 60 gemessenen Larven für das Trockengewicht 9,3 µg bzw. eine Länge von 220 ± 2 µm an. Die Beurteilung der Wirtseignung von Pflanzen sollte auf Basis des gesamten Entwicklungszyklus erfolgen. Messwerte adulter Tiere werden aber in Gewächshausversuchen nur selten gewonnen (z.B. CLARK & HIBBARD 2004; WILSON & HIBBARD 2004). Aufgrund des bestehenden Quarantänestatus werden die Versuche des Projektnehmers zu einem Zeitpunkt abgebrochen, in dem die Entwicklung der Käfer maximal das Stadium der Vorpuppe erreicht hat.

In bereits abgeschlossenen Gewächshaus-Versuchen untersuchte der Projektnehmer die Wirtseignung diverser Getreidearten und -sorten für *Diabrotica*-Larven. Neben der generellen Eignung einer Pflanzenart, -sorte wurden auch Einflüsse des Pflanzenalters und weitere methodische Aspekte untersucht. Die im Projekt zu nutzende Versuchsanordnung ist daher gut etabliert und notwendige Erfahrungen und Gerätschaften (z.B. Mikrowaage) sind vorhanden.

Der Projektnehmer hat eine Umgangsgenehmigung für *D. v. virgifera* europäischer und nordamerikanischer Abstammung und Erfahrungen in der Arbeit mit verschiedenen *Diabrotica*-Arten und -Stämmen. Verschiedene *Diabrotica*-Stämme werden vom Projektnehmer in Dauerzucht gehalten, sodass das notwendige Tiermaterial für die Versuchsdurchführung zur Verfügung steht. Die Untersuchungen dieses Quarantäneschädlings dürfen in Deutschland nicht im Freiland durchgeführt werden. Der Projektnehmer verfügt zudem über vielfältige Erfahrungen im Umgang und in der Zucht verschiedener Schadorganismen, darunter auch diverse Käferarten. Diese Käfer werden unter standardisierten Bedingungen gehalten und für Zulassungsversuche (nach GLP) in verschiedenen europäischen Laboratorien der Agrochemieindustrie sowie öffentliche und private Prüfeinrichtungen eingesetzt.

2 Material und Methoden

Pflanzen – Die zu testenden Pflanzenarten/-sorten wurden als Ackergräser, Chinagräser der Gattung *Miscanthus*, dikotyle Pflanzen, sowie als Ruten- und Sorghum-Hirsen typisiert. Die Arten und Sorten, ihre Bezugsquellen sowie das Ausgangsmaterial sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Das Saatgut, die Jung- und in vitro-Pflanzen sowie die Rhizomstücke wurden unbehandelt bezogen. Die Anzucht der Testpflanzen erfolgte nach Planung der Teilversuche und mindestens drei Wochen vor dem geplanten Versuchsbeginn. Um den Larven möglichst vergleichbare Wurzelmenngen anzubieten, wurden die Mais-Kontrolle, die dikotylen Pflanzen, alle Hirsen (*Panicum virgatum*, *Sorghum* spp.) sowie die Chinagräser mit je einer Pflanze pro Topf angezogen. Bei den kleineren Ackergräsern wurden je Topf drei bis fünf Pflanzen genutzt. Die Pflanzenanzucht wurde in einer aktiv klimatisierten Gewächshauskabine bei 22 ± 2 °C, 65 ± 15 % rel. LF und Langtagsbedingungen (16:8 h Tag:Nacht) durchgeführt. Bei Unterschreiten des natürlichen Umgebungslichts von 10.000 lux erfolgte eine zusätzliche Beleuchtung mit 400 W Philips Son-T Agro Natriumdampflampen. Als Pflanzsubstrat wurde eine 1:1 (v/v) Mischung aus handelsüblicher, extrafeiner Pikiererde (Einheitserdewerk Werner Tantum GmbH, Uetersen, Deutschland) und einem sandigen norddeutschem Feldboden genutzt. Die Pikiererde besaß folgende Zusammensetzung: norddeutscher Weißtorf, gütegesicherter Rindenhumus, norddeutscher Humintorf/Tonmehl und enthielt folgende Nährstoffe: Stickstoff, N: 120–220 mg/l; Phosphat, P_2O_5 : 150–250 mg/l; Kali, K_2O : 250–400 mg/l; Magnesium, Mg: 100–150 mg/l; pH-Wert: (CaCl₂): 5,5–6,5; Salzgehalt: kleiner 1,5 g/l. Der Feldboden wurde vor der Herstellung der Substratmischung grob gesiebt und mit einem Erddämpfer (Friedrich GmbH, Bernsbach, Deutschland) vier Stunden gedämpft. Als Pflanzgefäße dienten leicht konische 1 l Polypropylen-Becher ($d_{\text{Boden}}=105$ mm, $h=130$ mm, RPC Superfos c/o RPC Packaging Holdings BV & Co KG, Hamburg, Deutschland). Zur Vermeidung von Staunässe wurden die Topfböden mit je drei 10 mm Bohrungen versehen. Um das Entweichen eingesetzter Larven zu verhindern, wurden diese Bohrungen mit Edelstahlgaze (Maschenweite 150 µm) verschlossen. Die Pflanzen wurden nach Bedarf gewässert, ohne Zugabe zusätzlicher Nährstoffe.

Insekten – In den ersten zwei Teilversuchen wurden Larven eines ungarischen Feldstamms genutzt. Aus versuchstechnischen Gründen wurden alle weiteren Teilversuche mit Tieren eines nicht-diapausierenden Laborstamms durchgeführt. Zur Gewinnung der Eier des Feldstamms wurden von der AG TOEPFER im Juli 2008 in stark befallenen Maisfeldern bei Kondoras (Bekes County, Süd-Ungarn) Käfer gesammelt, ins Labor überführt und zur Eiablage in Käfigen gehalten (KRYSAN & MILLER, 1986; SINGH & MOORE, 1985). Die Eier wurden in gesiebttem Sand an den Projektnehmer geschickt und dort bis zur Verwendung bei 8 ± 2 °C gelagert (BRANSON, 1978).

Tabelle 1: Getestete Pflanzenarten und –sorten.

Typ	Taxon	Pflanzenname (deutsch)	Sorte	Quelle ¹	AM ²	
Ackergräser	<i>Alopecurus pratensis</i>	Wiesenfuchsschwanz	Alko	LfL	SG	
	<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glatthafer	Arone	LfL	SG	
	<i>Bromus mollis</i>	Weiche Trespe	Wildpopulation	LfL	SG	
	<i>Dactylis glomerata</i>	Knautgras	Husar	LfL	SG	
	<i>Festuca arundinacea</i>	Rohrschwengel	Lipalma	LfL	SG	
	<i>F. pratensis</i>	Wiesenschwengel	Cosmolit	LfL	SG	
	<i>F. rubra</i>	Rotschwengel	Condor	LfL	SG	
	<i>Lolium multiflorum</i>	Welsche Weidelgras	Fastyl	LfL	SG	
				Liberta	LfL	SG
		<i>L. perenne</i>	Deutsches Weidelgras	Ivana	LfL	SG
				Niata	LfL	SG
				Pionero	LfL	SG
				Pomerol	LfL	SG
		<i>Phalaris arundinacea</i>	Rohrglanzgras	Wildpopulation	LfL	SG
		<i>Phleum pratense</i>	Lieschgras	Phlewiola	LfL	SG
		<i>Poa pratensis</i>	Wiesenrispe	Nixe	LfL	SG
Chinagräser	<i>Miscanthus x giganteus</i>	Chinagrass	Wildpopulation	IVT	JP, IV	
	<i>M. sacchariflorus</i>		Robustus	MBT	IV	
	<i>M. s. x sinensis</i>		Amuri 1	MBT	IV	
	<i>M. s. x sinensis</i>		Amuri 2	MBT	IV	
	<i>M. s. x sinensis</i>		Nagara	MBT	IV	
	<i>M. sinensis</i>		Hybrid	MBT	IV	
Dikotyle	<i>Helianthus annuus</i>	Sonnenblume	Herbstschönheit	GBP	SG	
Pflanzen	<i>H. tuberosus</i>	Topinambur	Wildpopulation	GBB	RH	
	<i>Silphium perfoliatum</i>	Durchwachsene Silphie	Wildpopulation	NLC	JP	
Mais-Kontr.	<i>Zea mays</i>	Mais	Tassilo	KWS	SG	
Rutenhirsen	<i>Panicum virgatum</i>	Rutenhirse	Alamo	NRS	SG	
			Carthage	NRS	SG	
			Cave in Rock	NRS	SG	
			Forestburg	NRS	SG	
			Kanlow	NRS	SG	
			Sunburst	NRS	SG	

¹ GBB – Gartenbestand, R. Bull, Sagerheide, Deutschland; GBP – Gartenbestand, L. Paeschke, Tessin, Deutschland; IVT –in-vitro-tec Gesell. zur Pflanzenvermehrung für den Umweltschutz mbH; Berlin, Deutschland; JKI – Julius-Kühn Institut, Braunschweig, Deutschland; kWS – KWS Saat AG, Einbeck, Deutschland; LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, Deutschland; MBT – Mendel Biotechnology, Hayward, CA, USA; NLC – N.L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH, Deutschland; NRS – Natur-Rostoff-Service, Kanzern, Deutschland; TFZ – Technologie und Förderzentrum, Straubing, Deutschland.

² AM – Ausgangsmaterial: IV – in vitro-Pflanzen; JP – Jungpflanzen; RH – Rhizomstücke; SG – Saatgut.

Tabelle 1: Fortsetzung

Typ	Taxon	Pflanzenname (deutsch)	Sorte	Quelle ¹	AM ²
Sorghum- Hirsen	<i>Sorghum bicolor</i>	Sorghum-Hirse	Arlys	TFZ	SG
			Biomass 150	TFZ	SG
			Branco	KWS	SG
			Bulldozer	KWS	SG
			Goliath	TFZ	SG
			Maja	TFZ	SG
			Sucrosorgo 405	TFZ	SG
			Zerberus	TFZ	SG
			Wildpopulation	JKI	SG
	<i>S. bicolor x sudanense</i>	Sorghum-Hirse	Green Grazer	TFZ	SG
			Lussi	TFZ	SG
			Inka	TFZ	SG
	<i>S. caffrorum</i> <i>S. dochna</i> <i>S. durra</i> <i>S. nervosum</i> <i>S. saccharacum</i> <i>S. sudanense</i>	Sorghum-Hirse	Wildpopulation	JKI	SG
			Wildpopulation	JKI	SG
			Wildpopulation	JKI	SG
			Wildpopulation	JKI	SG
			Wildpopulation	JKI	SG
			Akklimat	TFZ	SG

¹ GBB – Gartenbestand, R. Bull, Sagerheide, Deutschland; GBP – Gartenbestand, L. Paeschke, Tessin, Deutschland; IVT –in-vitro-tec Gesell. zur Pflanzenvermehrung für den Umweltschutz mbH; Berlin, Deutschland; JKI – Julius-Kühn Institut, Braunschweig, Deutschland; KWS – KWS Saat AG, Einbeck, Deutschland; LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, Deutschland; MBT – Mendel Biotechnology, Hayward, CA, USA; NLC – N.L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH, Deutschland; NRS – Natur-Rostoff-Service, Kanzem, Deutschland; TFZ – Technologie und Förderzentrum, Straubing, Deutschland.

² AM – Ausgangsmaterial: IV – in vitro-Pflanzen; JP – Jungpflanzen; RH – Rhizomstücke; SG – Saatgut.

Der nicht-diapausierende Laborstamm wurde zum Ende der 1960-er Jahre in den USA über neun Generationen selektiert und fortan am Northern Grain Insect Research Laboratory (USDA-NGIRL), Brookings, USA mit etwa sechs Generationen pro Jahr weitergezüchtet (BRANSON 1976). Die nicht-diapausierenden Eier, die für die Versuche genutzt wurden, stammen von einer Zucht dieses Stamms, die seit 2006 bei dem Projektnehmer gehalten wird. Die Zuchtmethoden des Projektnehmers basieren auf denen von BRANSON et al. (1975, 1988).

Für den Schlupf der Larven wurden Eier für zehn Tage bei 25 ± 1 °C gelagert, dann aus dem Ablagesubstrat ausgewaschen und in 0,15 %-igem Agar suspendiert (PALMER et al. 1977). Die Ei-Konzentration des Agars wurde auf etwa 1000/ml eingestellt. Als Schlupfgefäße dienten transparente 80 ml Polysterol-Dosen, deren Boden zur Feuchteregulation mit einer Mischung aus Aktivkohle und Gips (1:4 w/w) ausgegossen wurden. In jedes Schlupfgefäß wurden 1,5 ml Eiagar pipettiert und bis zum Schlupf der Larven bei 25 ± 1 °C in kompletter Dunkelheit gelagert.

Bioassays – Die Wirtseignung der zu prüfenden Pflanzenarten/-sorten erfolgte in einer Serie aufeinanderfolgender Teilversuche. Je Teilversuch wurden bis zu sechs Pflanzenarten/-sorten untersucht (Abb. 1). Zur Erfassung möglicher Unterschiede zwischen den Teilversuchen wurde Mais als Vergleichsstandard und Positivkontrolle genutzt. Jede Variante (Pflanzenart/-sorte) wurde mit 10 Wiederholungen untersucht. Die Anordnung der Varianten und Wiederholungen eines Teilversuchs erfolgte randomisiert in einem Block. Nach CHEGE et al. (2005) und HIBBARD et al. (2008), ist die Qualität von Wirtspflanzen von deren Alter abhängig, deshalb wurden alle Testpflanzen im empfindlichen vegetativen Stadium getestet (z. B. Mais und *Sorghum* spp. im BBCH 14–15, Ackergräser in der Bestockungsphase, BBCH Makrostadium 2; BBCH WORKING GROUP, [2001]). Die Testung der Pflanzen erfolgte in den beschriebenen Pflanzgefäßen.



Abb. 1: Versuchsaufbau am Beispiel der Testung von *Sorghum bicolor* (Arllys, Biomass 150), *S. bicolor* x *sudanense* (Green Grazer), *S. sudanense* (Akklimat) und der Mais-Kontrolle (Tassilo).

Zu Versuchsbeginn wurde jeder Topf mit zehn frisch geschlüpften Larven (möglichst nicht älter als 12 h) inokuliert (BRANSON 1989). Die Versuchsvarianten des zweiten Teilversuchs konnten aufgrund einer zu geringen Schlupfrate nur mit sieben (Mais), bzw. fünf Larven pro Topf inokuliert werden (Tab. 7, Anhang). Die Überführung der Larven aus den Schlupf- in die Pflanzgefäße erfolgte mit einem feinen Künstlerpinsel (Größe 000). Jede Larve wurde in ein etwa 2 cm tiefes Loch gesetzt und dieses danach behutsam verschlossen. Da der Hauptschlupf der Larven ca. zwei Tage nach dem Schlupf der ersten Larven erfolgte, wurden diese abgesammelt und verworfen. Diese Vorgehensweise ermöglichte den synchronen Besatz aller Varianten eines

Teilversuchs an einem Tag. Für eine bestmögliche Etablierung der Larven wurden die Pflanzen mindestens 24 h nach dem Besatz nicht gewässert.

Alle Teilversuche wurden parallel zur Pflanzenanzucht in einer klimatisierten Gewächshauskabine bei 22 ± 2 °C, 65 ± 15 % rel. LF und Langtagsbedingungen, 16:8 h Tag:Nacht) durchgeführt. Die Versuchsdauer jedes Teilversuchs betrug ab dem Besatz der Pflanzen mit *Diabrotica*-Larven 18 Tage. Unter den gewählten Klimabedingungen entwickelt sich *D. v. virgifera* an Maiswurzeln in dieser Zeit bis zum späten dritten Larvenstadium (Abb. 2 A). Dieses Entwicklungsstadium kann mit den gewählten Extraktionsmethoden (siehe unten) aus dem Boden und den Pflanzenteilen ausgetrieben werden. Spätere Stadien, z.B. Vorpuppe und Puppe, sind sehr druckempfindlich und derartig unbeweglich, dass sie mit den gewählten Extraktionsmethoden schlecht oder gar nicht erfasst werden können. In einigen Teilversuchen wurden vereinzelt auch Vorpuppen gefunden (Abb. 2 B). Eine längere Versuchsdauer, die die komplette Entwicklung bis zum adulten Käfer gestattet, wurde aufgrund des bestehenden Quarantänestatus von *D. v. virgifera* nicht vorgesehen.



Abb. 2: *D. v. virgifera*: A –Entwicklungsstadien der Larve (L₁–L₃) und B – typisch verkürzte und gekrümmte Vorpuppe in offener Puppenhöhle,

Für die Auflösung der Versuche wurden die oberirdischen Pflanzenteile abgeschnitten und die Topfballen per Hand sorgfältig nach Larven durchsucht. Dabei übersehene Larven wurden anschließend innerhalb von vier Tagen in einer modifizierten MacFadyen-Apparatur (Abb. 3 A) durch Wärme- und Feuchtegradienten aus den Proben extrahiert (MACFADYEN 1961). Erde und Wurzeln der Testpflanzen wurden dazu getrennt in Pflanzbecher überführt, deren Boden durch Armierungsgewebe (Maschenweite ca. 10 x 10 mm) ersetzt wurde (Abb. 3 B). Diese Siebbecher wurden in der Apparatur von einem originalen Becher gehalten, der mit ca. 100 ml Wasser befüllt als Auffanggefäß diente. Die Gefäße wurden täglich kontrolliert und extrahierte Larven ausgesammelt.

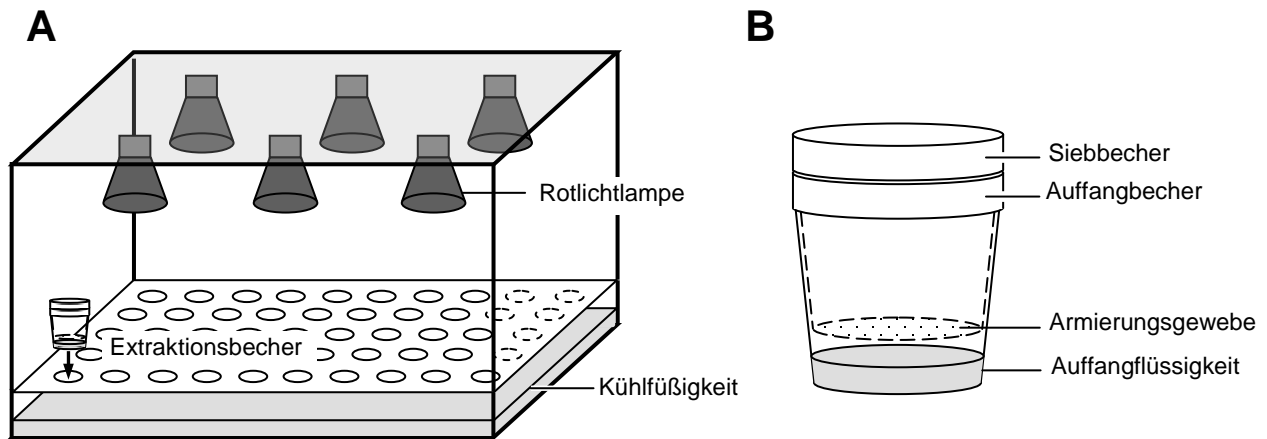


Abb. 3: A – Modifizierte MacFadyen-Anlage (schematisch) und B – Extraktionsbecher.

Zur Einschätzung der Wirtseignung und –qualität dienten drei Parametern: i) Anzahl extrahierter Larven (Wiederfunde, WF), ii) Kopfkapselbreite (KKB) und iii) Trockengewicht (TGW). Der Wiederfund ergab sich aus dem Verhältnis von inokulierten zu extrahierten Larven. Die Kopfkapselbreite wurde an einem Stereomikroskop mit CCD-Kamera (SZX 12; ColorView III; Olympus Deutschland GmbH, Hamburg, Deutschland) und der Bildanalyse-Software cell[^]D (Olympus Soft Imaging Solutions GmbH, Münster, Deutschland) vermessen. Die Ermittlung des Trockengewichts der Einzel-Larven erfolgte mit einer Mikrowaage (XP 26, d=0,1 µg; Mettler-Toledo GmbH Gießen, Deutschland), nachdem die Tiere 72 h bei 40 ± 2 °C getrocknet wurden.

Statistik – Die Anzahl extrahierter Larven wurde als Wiederfund pro Topf berechnet ($WF = n_{ex} \cdot 100 / n_{in}$ [%]; n_{ex} =Anzahl extrahierter Larven, n_{in} =Anzahl inokulierter Larven). Für den Vergleich von WF zwischen Varianten, wurde der Mittelwert/Median der Wiederholungen genutzt. Abweichend dazu erfolgte die statistische Analyse von TGW und KKB mit den Werten der Einzellarven. Für den Vergleich von nur zwei Varianten wurde ein t-Test verwendet. Für den Vergleich von drei oder mehr Varianten wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) und anschließend post-hoc Test (Tukey) durchgeführt. Die Überprüfung der Normalverteilung und Varianzhomogenität, als Voraussetzung parametrischer Tests, erfolgte mit dem D'Agostino & Pearson omnibus Normalitäts- und Bartlett-Test. Wurden die Bedingungen für parametrische Tests nicht erfüllt, wurden die Daten transformiert (z.B. $y = \log(y)$, $y = \ln(y)$, $y = y^2$). Konnten auch nach Transformation die Voraussetzungen für parametrische Tests nicht erfüllt werden, wurden nicht-parametrische Statistiken genutzt (z.B. Kruskal-Wallis-, Dunn-Test). Als Signifikanzniveau wurde $p < 0,05$ gewählt. Alle Berechnungen erfolgten mit Microsoft[®] Excel 2002, (10.6871.6870; SP 3) und GraphPad Prism 5.03 (GraphPad Software Inc., San Diego, USA).

3 Ergebnisse

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

Die Rohdaten aller Versuche sind im Anhang in Tabelle 7 (Anhang) zusammengefasst.

Ein Vergleich der Ergebnisse der Maiskontrollen aller durchgeführten Teilversuche zeigt deutlich, dass die Entwicklung der Larven nicht ausschließlich durch die Wirtsqualität beeinflusst wird (Abb. 4 A–C).

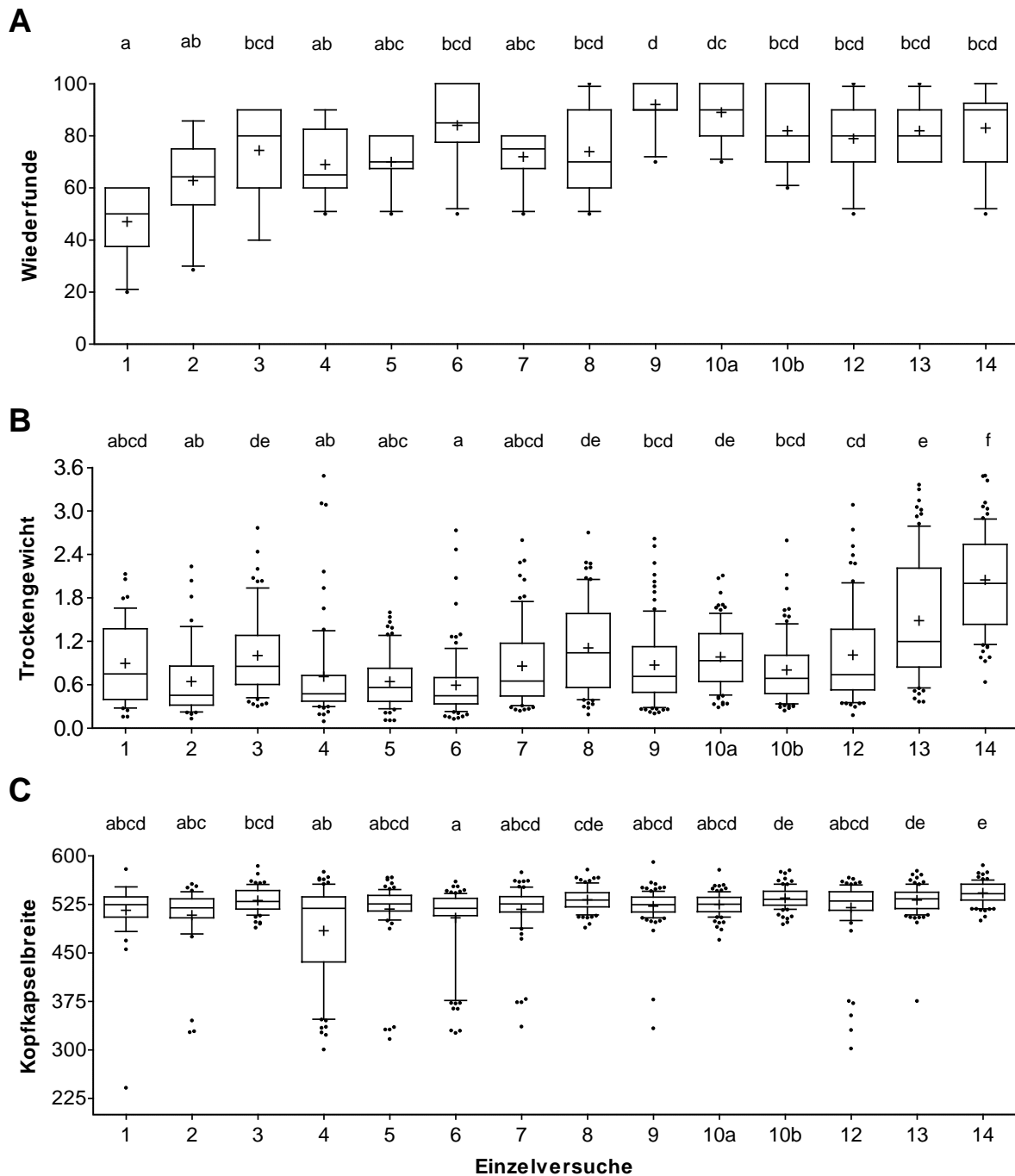


Abb. 4: Ergebnisse der Maiskontrollen aufeinanderfolgender Teilversuche mit *D. v. virgifera*:

A – Wiederfunde (%); B – Trockengewicht (mg), C – Kopfkapselbreite (µm);

Boxplot mit Median, Mittelwert (,+') und 10–90 Perzentile; unterschiedliche Buchstaben kodieren signifikante Unterschiede (WF: einseitige ANOVA, Tukey-Test; TGW und KKB: Kruskal-Wallis Test, Dunn's-Test; $p < 0,05$).

Die statistische Analyse der Ergebnisse der Maiskontrollen ergab signifikante Unterschiede zwischen den Wiederfunden, den Trockengewichten und den Kopfkapselbreiten der einzelnen Teilversuche (WF: ANOVA, Tukey post-hoc test, $F=6,572$, $df=13$; $p < 0,0001$; TGW: Kruskal-Wallis- und Dunn post-hoc-Test, $H=286,3$, $df=13$, $p < 0,0001$; KKB: Kruskal-Wallis- und Dunn post-hoc-Test, $H=109,0$, $df=13$, $p < 0,0001$). Die Wiederfund-Daten wurden für die statistische Analyse quadriert, dargestellt sind die untransformierten Daten (Abb. 4 A). Da in allen Teilversuchen die relevanten abiotischen und biotischen Faktoren (z.B. Temperatur, Bodenzusammensetzung, Luft- und Bodenfeuchte, Versuchsdauer, Pflanzenalter, Anzahl Larven/Topf) identisch waren, sind die Ursachen für die beobachteten Unterschiede schwer zu benennen. Nicht auszuschließen sind Rhythmen in der Entwicklung der Käfer bzw. Pflanzen in der Projektlaufzeit. Diese Variationen dokumentieren die Genauigkeit und Grenzen der durchgeführten Versuche, und sind bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen. Um die Ergebnisse der Teilversuche miteinander vergleichen zu können, wurden die Daten aller Testvarianten als Relation zur Maiskontrolle (=100%) des entsprechenden Teilversuchs berechnet.

Ackergräser – 68,8 % der getesteten Ackergräser ermöglichte die Entwicklung von Larven des *D. v. virgifera*. Aus 11 der 16 getesteten Arten/ -sorten, konnten nach 18 Tagen Larven extrahiert werden (Tab. 5, Abb. 5). Die meisten Wiederfunde (Mittelwert \pm SD) wurden für das Knaulgras (*D. glomerata*, Husar, $69,0 \pm 18,5$ %), das Rohrglanzgras (*P. arundinacea*, $27,0 \pm 17,7$ %) und den Wiesenschwingel (*F. pratensis*, Cosmolit, $25,0 \pm 25,5$ %) ermittelt. Im Vergleich zu den Maiskontrollen waren die Wiederfunde jedoch um mindestens 40,7 % reduziert (Tab. 2).

Tab. 2: Wirtseignung von Ackergräsern für *D. v. virgifera*-Larven: Versuchsparameter in Relation zu Werten der Maiskontrollen (KKB – Kopfkapselbreite, WF – Wiederfunde, TGW – Trockengewicht).

Taxon	Sorte	WF	TGW	KKB
<i>Alopecurus pratensis</i>	Alko	0,0	0,0	0,0
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Arone	0,0	0,0	0,0
<i>Bromus mollis</i> ¹	Bromol	0,0	0,0	0,0
<i>Dactylis glomerata</i> ¹	Husar	59,3	33,9	81,5
<i>Festuca arundinacea</i>	Lipalma	2,4	11,8	61,3
<i>F. pratensis</i>	Cosmolit	29,8	31,8	69,6
<i>F. rubra</i>	Condor	0,0	0,0	0,0
<i>Lolium multiflorum</i>	Fastyl	8,3	15,4	64,2
<i>L. multiflorum</i>	Liberta	11,9	17,6	66,4
<i>L. perenne</i>	Ivana	0,0	0,0	0,0
<i>L. perenne</i>	Niata	5,7	31,2	71,7
<i>L. perenne</i>	Pionero	15,7	20,1	65,9
<i>L. perenne</i>	Pomerol	1,4	26,0	93,2
<i>Phalaris arundinacea</i>	Phaaruu	36,5	13,0	64,7
<i>Phleum pratense</i>	Phlewiola	9,7	15,7	63,0

¹ Mehrfach getestet, Zusammenfassung der Werte der Teilversuchen 7 und 10.

Die WF der Larven an allen getesteten Ackergräser betragen nur $12,1 \pm 22,1$ % der WF der Maiskontrollen ($78,7 \pm 13,6$ %).

Die höchsten Trockengewichte wurden ebenfalls für Larven gemessen, die sich an Knaulgras ($0,382 \pm 0,185$ mg; n=140) und dem Wiesenschwingel Cosmolit ($0,188 \pm 0,105$ mg; n=23) entwickelten. Vergleichbare Gewichte erreichten die Larven an Wurzeln des Deutschen Weidelgrases (*L. perenne*, Niata, $0,202 \pm 0,052$ mg; n=4). Das mittlere Gewicht aller aus Ackergräsern extrahierter Larven betrug mit $0,153 \pm 0,088$ mg (n=233) nur 18,4 % des Trockengewichts der Larven, die sich an Maiswurzeln entwickelten ($0,833 \pm 0,197$ mg, n=475).

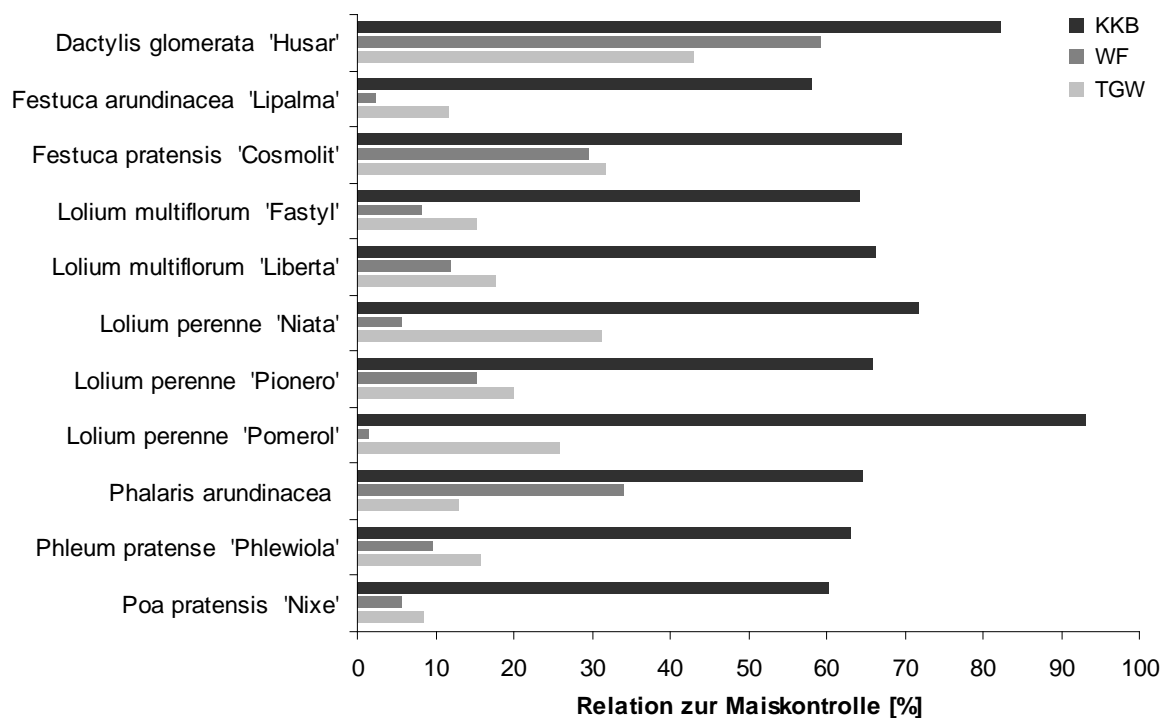


Abb. 5: Wirtsqualität von Ackergräsern für *D. v. virgifera*-Larven (KKB – Kopfkapselbreite, WF – Wiederfunde, TGW – Trockengewicht).

Die Kopfkapselbreiten der Larven, die an Ackergräsern fraßen, sind kleiner als die der Larven der Maiskontrollen. Die größten KKB erreichten Tiere, die sich am Knaulgras Husar ($432,7 \pm 79,8$ μ m; n=140) und den beiden Weidelgräsern Niata und Cosmolit entwickelten ($371,2 \pm 65,9$ μ m und $351,2 \pm 60,5$ μ m). Die KKB von Tieren aus Maiskontrollen betrug $521,8 \pm 37,3$ μ m. Im Vergleich mit den Larven der Maiskontrollen fallen die an Weidelgras Pomerol gehaltenen auf. Mit 93,2 % ist der relative Wert nur geringfügig kleiner, als für die Larven der Maiskontrollen. Allerdings wurde von diesem Gras nur eine Larve extrahiert, sodass die Wirtsqualität trotz des hohen KKB-Werts als sehr gering einzustufen ist. Die reduzierten KKB von Larven, die sich an Ackergräsern entwickelten, sind auf die langsamere Entwicklung der Tiere zurückzuführen. Während sich die Larven an Maiswurzeln fast vollständig (96,4 %) bis zum dritten Larvenstadium (L3) entwickelten, erreichten an den Ackergräsern nur 38,6

% dieses Stadium, 60,6 % entwickelten sich bis zum zweiten Stadium (L2) und ein geringer Prozentsatz (0,8 %) verblieb im ersten Stadium (Abb. 6).

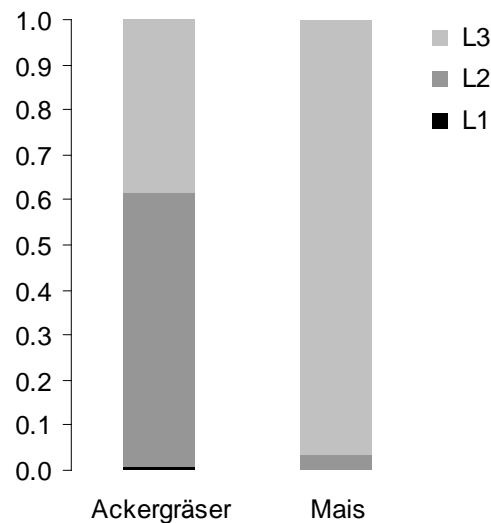


Abb. 6: Anteil des ersten (L1), zweiten (L2) und dritten Larvenstadiums (L3) aller extrahierten *Diabrotica*-Larven in den Teilversuchen mit Ackergräsern.

Ob die Kopfkapselbreite eines Larvenstadiums durch unterschiedliche Wirtsgütesgrade beeinflusst wird, kann auf Basis der vorliegenden Daten jedoch nicht beurteilt werden.

Chinagräser – Alle getesteten *Miscanthus*-Arten und –genotypen ermöglichten den *D. v. virgifera*-Larven das Überleben der Versuchsdauer von 18 Tagen. Die Versuchsergebnisse dokumentieren eine gute Wirtseignung der getesteten *Miscanthus*-Arten und -Sorten, jedoch auch deutliche Unterschiede in der Wirtsgüte zwischen den Genotypen (Tab. 3).

Tab. 3: Wirtseignung von Chinagräsern der Gattung *Miscanthus* für *D. v. virgifera*-Larven: Versuchsparemetrische Parameter in Relation zu Werten der Maiskontrollen (KKB – Kopfkapselbreite, WF – Wiederfunde, TGW – Trockengewicht).

Taxon	Sorte/Variante	WF	TGW	KKB
<i>Miscanthus x giganteus</i>	Mxg	95,7	146,3	100,0
<i>M. sacchariflorus</i>	Robustus	17,7	25,3	69,1
<i>M. sacchariflorus x sinensis</i>	Amuri 1	78,5	23,5	72,6
<i>M. sacchariflorus x sinensis</i>	Amuri 2	53,2	32,5	82,2
<i>M. sacchariflorus x sinensis</i>	Nagara	50,6	60,5	84,2
<i>M. sinensis</i>	Hybrid	50,6	29,0	81,7

Die Anzahl extrahierter Larven variierte zwischen $14,0 \pm 12,6$ % für *M. sacchariflorus* (Robustus) und $70,0 \pm 13,3$ % bei *M. x giganteus* (Rhizom-Pflanzen) der zu Versuchsbeginn eingesetzten Tiere. Im Vergleich zur Maiskontrolle der entsprechenden Teilversuche entspricht dies 17,7 % für *M. sacchariflorus* (Robustus) und 95,7 % für *M. x giganteus* (Tab. 3). Ohne die Daten des Genotyps Robustus

liegen die Wiederfunde der getesteten Chinagräser bei $52,3 \pm 13,5$ %. Dieser hohe Wert entspricht 74,7 % der Larven, die aus den Maiskontrollen extrahiert werden konnten. Die Trockengewichte der sich an *Miscanthus*-Wurzeln entwickelten Larven variierten mit einem Faktor von 11,4 ebenfalls stark. Am leichtesten waren Larven, die sich an *M. sacchariflorus* x *sinensis*, Amuri 1 ($0,243 \pm 0,168$ mg) und am Genotyp Robustus ($0,261 \pm 0,134$ mg) entwickelten. Die schwersten Larven wurden aus Töpfen mit in vitro-Pflanzen des Riesenwüchsigen Chinagrases (*Miscanthus* x *giganteus*; Teilversuch 14) extrahiert. Mit $2,126 \pm 0,932$ mg erreichten sie das höchste Trockengewicht das in der gesamten Studie gemessen wurde. Im Vergleich zu den TGW der Maiskontrollen entsprechen diese Werte 23,5 % für Larven von Amuri 1 und 146,3 % für die Tiere der in vitro-Pflanzen (Abb. 7; Tab. 3).

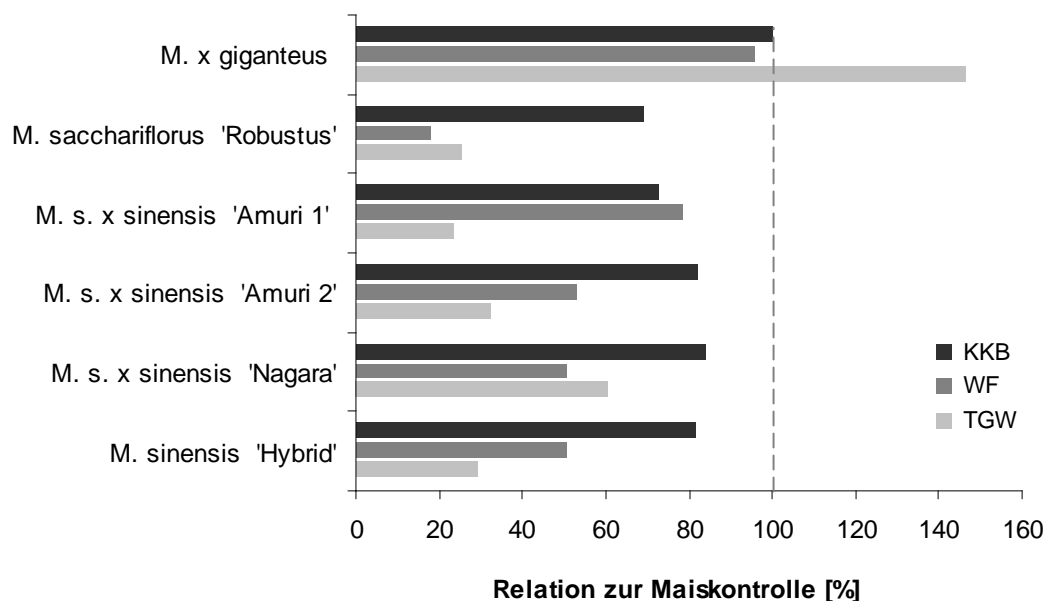


Abb. 7: Wirtsqualität von Chinagräsern für *D. v. virgifera* Larven, (KKB – Kopfkapselbreite, WF – Wiederfunde, TGW – Trockengewicht).

Die Ergebnisse der Vermessung der Kopfkapseln ergaben ein ähnliches Bild. Die geringste KKB wurde für Larven der Genotypen Robustus und Amuri ($360,0 \pm 72,8$ und $378,5 \pm 67,5$ μm) ermittelt. Die größte KKB erreichten Larven, die an den Wurzeln von in vitro-Pflanzen von *M. x giganteus* fraßen ($527,9 \pm 18,1$). Die korrespondierenden relativen Werte zur KKB der Maiskontrollen reichen von 69,1 % (Genotyp Robustus) bis zu 96,6–100,0 % für die Tests mit *M. x giganteus*.

Bei dem Vergleich der Wirtsqualität von *Miscanthus x giganteus* konnten keine, bzw. nur geringe Unterschiede zwischen in vitro- und Rhizom-Pflanzen nachgewiesen werden (Tab. 4). In Abb. 8 A–C sind die Werte der WF, TGW und KKB dargestellt.

Tab. 4: Wirtseignung von *Miscanthus x giganteus* in vitro- und Rhizom Pflanzen für *D. v. virgifera*-Larven: Versuchsparameter in Relation zu Werten der Maiskontrolle (KKB – Kopfkapselbreite, WF – Wiederfunde, TGW – Trockengewicht).

Taxon		WF	TGW	KKB
<i>M. x giganteus</i>	in vitro-Pflanzen	80,7	103,7	97,3
<i>M. x giganteus</i>	Rhizom-Pflanzen	84,3	68,3	96,6

Die WF der beiden Varianten war mit 67,0 % ($\pm 7,0$ %) und 70,0 % ($\pm 4,2$ %) für in vitro- und Rhizom-Pflanzen numerisch kleiner als in der Maiskontrolle ($83 \pm 5,0$ %), unterschieden sich aber weder untereinander noch im Vergleich zu Maiskontrolle (t-Test, $t=0,367$, $df=18$, $p<0,05$) signifikant. Die TGW von Larven, die sich an in vitro-Pflanzen entwickelten, waren mit $2,126 \pm 0,114$ mg signifikant höher als die der Larven, die an den Wurzeln von Rhizom-Pflanzen fraßen ($1,400 \pm 0,107$ mg; $t=4,655$, $df=135$, $p<0,05$). Für die Larven der Maiskontrolle wurde ein TGW von $2,050 \pm 0,074$ mg ermittelt. Das TGW der Larven von Rhizom-Pflanzen liegt trotz des signifikanten Unterschieds noch über dem Mittelwert der Larven der Maiskontrollen aller Teilversuche (0,996 mg, Abb. 4 B). Die KKB der beiden *Miscanthus*-Varianten unterschieden sich nicht voneinander ($t=0,979$, $df=135$, $p<0,05$), waren im Vergleich zur Maiskontrolle aber signifikant kleiner.

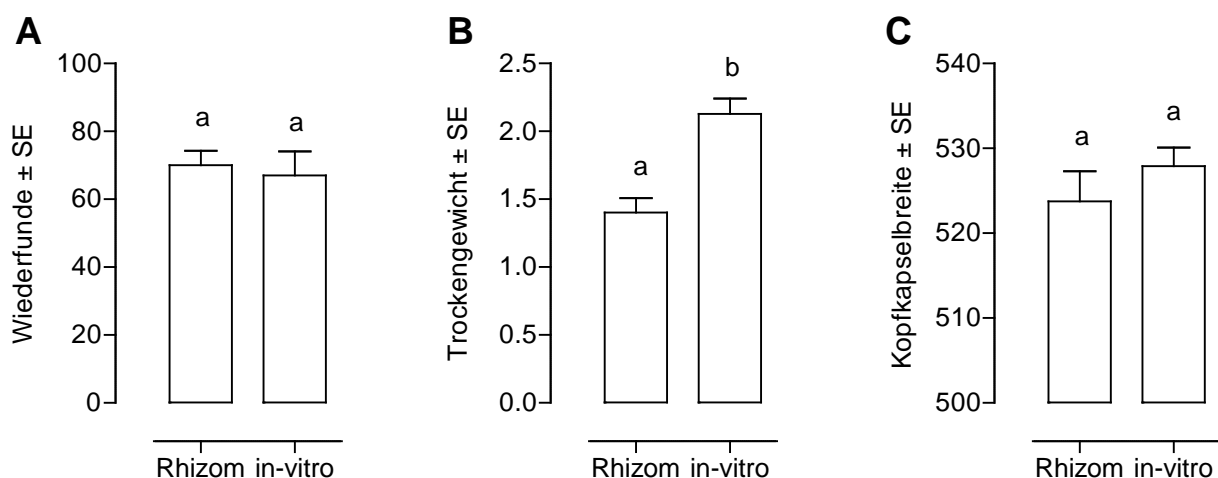


Abb. 8: Vergleich der Wirtsqualität von *Miscanthus x giganteus* in vitro- und Rhizom-Pflanzen für *D. v. virgifera* Larven; A – Mittlere WF (%); B – Mittleres TGW (mg) und C – Mittlere KKB (μ m); (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, t-Test, $p<0,05$).

Dikotyle Pflanzen – Von keiner der untersuchten zweikeimblättrigen Testpflanzen konnten zu Versuchsende Larven extrahiert werden. Diese Ergebnisse bestätigen die Befunde anderer Autoren, die ausschließlich einkeimblättrige (monokotyle) Pflanzen als Wirte von *Diabrotica*-Larven nachwiesen (z.B. BRANSON & ORTMAN 1967a, 1970, BEHLE et al. 2008).

Rutenhirsen – Die Testung der sechs *Panicum virgatum*-Sorten ergab nur eine schwache bis keine Wirtseignung von Rutenhirsen für *Diabrotica*-Larven (Tab. 5). Die meisten WF wurden für die Sorte Kanlow ermittelt, von deren Wurzeln 13 der 100 eingesetzten Larven ($13,0 \pm 13,4$ %) extrahiert werden konnten. An der Sorte Cave in Rock überlebten keine Larven die Versuchsdauer von 18 Tagen. Die WF der anderen Sorten waren mit 1,0–6,0 % ebenfalls sehr gering. Die relativen Werte im Vergleich zur Maiskontrolle sind entsprechend klein und erreichen für die Sorte Kanlow maximal 15,9 % (vgl. Tab. 4).

Tab. 5: Rutenhirsen (*Panicum virgatum*) als Wirtspflanzen von *D. v. virgifera*-Larven: Versuchsp Parameter in Relation zu Werten der Maiskontrollen, (KKB – Kopfkapselbreite, WF – Wiederfunde, TGW –Trockengewicht).

Taxon	Sorte	WF	TGW	KKB
<i>Panicum virgatum</i>	Alamo	6,1	10,2	59,1
<i>P. virgatum</i>	Carthage	7,3	6,4	60,0
<i>P. virgatum</i>	Cave in Rock	0,0	0,0	0,0
<i>P. virgatum</i>	Forestburg	7,3	13,8	71,4
<i>P. virgatum</i>	Kanlow	15,9	10,3	63,0
<i>P. virgatum</i>	Sunburst	1,2	4,6	66,3

Ebenfalls gering waren die Trockengewichte. Die beiden höchsten Werte wurden für die Larven an den Sorten Forestburg ($0,200 \pm 0,153$ mg) und Kanlow ($0,150 \pm 0,103$ mg) ermittelt. Der Mittelwert für alle Sorten beträgt nur $0,131 \pm 0,052$ mg und ist damit um den Faktor 8,8 kleiner als das Trockengewicht in der Maiskontrolle ($1,487 \pm 0,820$ mg). Die an *Panicum*-Wurzeln überlebenden Larven entwickelten sich auch langsamer als die Tiere der Maiskontrollen. Während sich an den Wurzeln der Maiskontrolle fast allen extrahierten Larven bis zum dritten Stadium entwickelten, erreichten an den Hirsen nur 6,5 % der Tiere dieses Stadium (Sorte Forestburg). Der größte Teil der Larven (87,1 %) erreichten an *P. virgatum* nur das zweite Larvenstadium und 6,5 % wurden nach 18 Tagen noch im ersten Stadium extrahiert. Die KKB reichten daher nur von $313,5 \pm 40,9$ µm (Sorte Alamo) bis $379,0 \pm 76,6$ µm (Forestburg). Im Vergleich dazu betrug die KKB der Kontroll-Larven $531,5 \pm 24,9$ µm. Relativ zur Maiskontrolle lagen die KKB Werte nur bei 59,1–71,4 % (Abb. 9, Tab. 5).

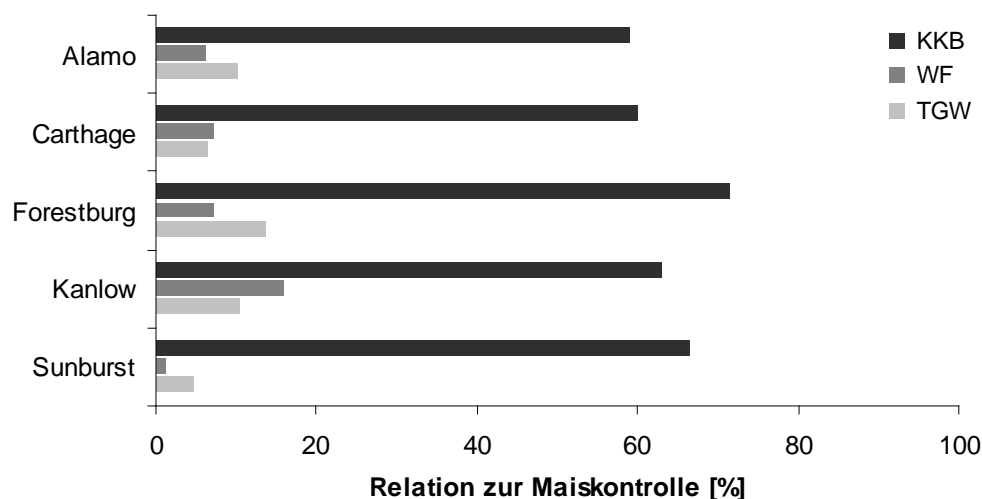


Abb. 9: Wirtsqualität von Rutenhirsen (*Panicum virgatum*) für *D. v. virgifera* Larven (KKB – Kopfkapselbreite, WF – Wiederfunde, TGW – Trockengewicht).

Sorghum-Hirsen – Keine Larve überlebte den Versuch an den Wurzeln der *Sorghum* Arten/Sorten, die im Energiepflanzenbau als Alternative für Mais diskutiert werden. Eine geringe Wirtseignung wurde lediglich für *Sorghum*-Arten dokumentiert, die als Wildpopulation über das Julius Kühn-Institut, Braunschweig von Botanischen Gärten bezogen wurde (Tab. 6). Von den Wurzeln von *S. caffrorum* und *S. dochna* wurden jeweils nur eine, von *S. durra* zwei Larven extrahiert. Auch die anderen Parameter zur Einschätzung der Wirtsqualität waren im Vergleich zur Maiskontrolle stark reduziert (Tab. 6). Diese Befunde bestätigen Ergebnisse anderer Autoren, die eine geringe Anzahl von Arten/Sorten untersuchten (z.B. BRANSON et al. 1969, CLARK & HIBBARD 2004, OYEDIRAN et al. 2004). Aufgrund der minimalen Anzahl der Wiederfunde, wird auf eine graphische Darstellung der Ergebnisse verzichtet.

Tab. 6: Wirtseignung von *Sorghum*-Hirsens für *D. v. virgifera*-Larven: Versuchsparameter in Relation zu Werten der Maiskontrolle, aus Platzgründen sind von den untersuchten 18 Hirsens nur die aufgeführt, an denen wenigstens 1 Larve überlebte. (KKB – Kopfkapselbreite, WF – Wiederfunde, TGW – Trockengewicht).

Taxon	Sorte	WF	TGW	KKB
<i>Sorghum caffrorum</i>	Wildpopulation	1,1	27,3	66,8
<i>S. dochna</i>	Wildpopulation	1,1	16,7	68,0
<i>S. durra</i>	Wildpopulation	2,2	55,7	83,5

Vergleich des nicht diapausierenden Laborstamms mit einem ungarischen Feldstamm – Für die ersten zwei Teilversuche wurden Larven eines ungarischen Feldstamms genutzt. Der Besatz aller weiteren Tests erfolgte aus versuchs-technischen Gründen mit Tieren eines nicht diapausierenden Laborstamms. Um mögliche Unterschiede der Wirtseignung für beide Stämme zu prüfen, wurden vergleichend Töpfe mit Mais, Knaulgras (*D. glomerata*) und der Weichen Trespe (*B. mollis*) mit Larven beider Stämme inokuliert. Die Einschätzung der Wirtseignung erfolgte in gleicher Weise wie bei den übrigen Teilversuchen.

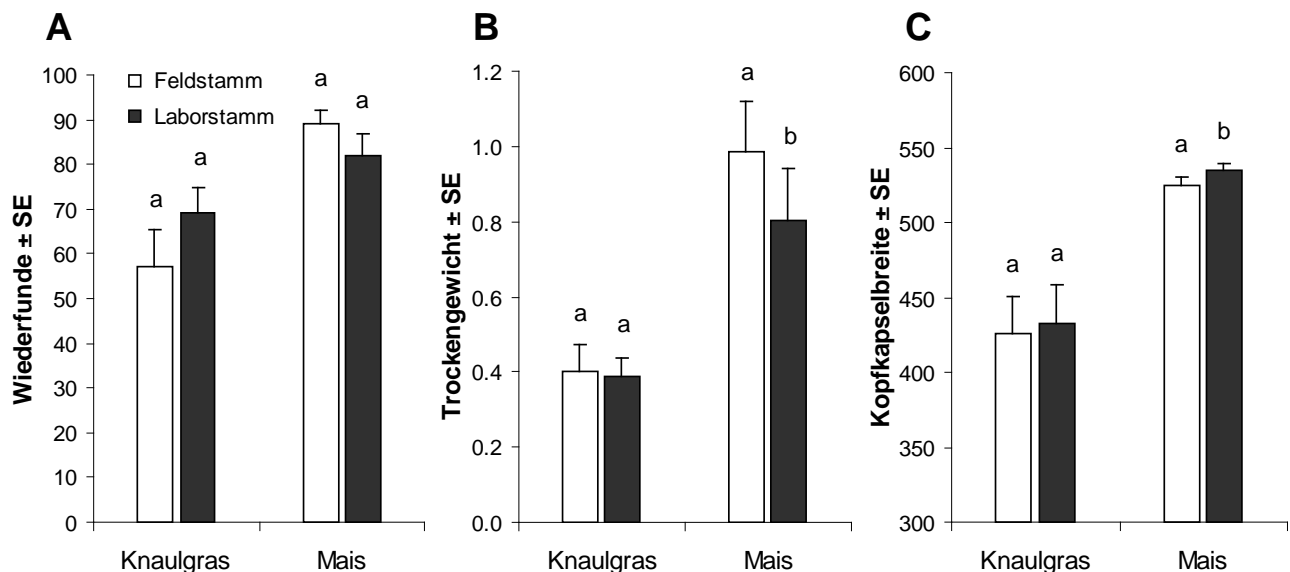


Abb. 10: Nutzung von Wirtspflanzen durch *Diabrotica v. virgifera* Larven eines Feld- und eines nicht diapausierenden Laborstamms, A – WF (%), B – TGW (mg), C – KKB (µm), unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Stämmen, t-test, $p < 0,05$ %.

Die Anzahl der Larven, die nach 18 Tagen extrahiert werden konnten, unterschied sich für alle drei Pflanzenarten nicht zwischen den *D. v. virgifera*-Stämmen. An den Maiswurzeln überlebten am meisten Tiere, am Knaulgras etwa 26 % weniger (Abb. 10 A) und die Weiche Trespe eignete sich für die Larven beider Stämme nicht als Wirtspflanze. Das Trockengewicht der vom Knaulgras extrahierten Tiere unterschied sich ebenfalls nicht stammspezifisch (Abb. 10 B). An den Maispflanzen wurden die Larven des Feldstamms dagegen signifikant schwerer (Mann Whitney Test, $U=2548$, $p < 0,05$, Abb. 10 B). Die mittlere Kopfkapselbreite dieser Tiere ist dagegen geringer als die KKB der Larven des Laborstamms, die an Mais fraßen (t-Test, $t=3,799$; $df=169$; $p < 0,001$; Abb. 10 C). Die KKB der Larven die sich am Knaulgras entwickelten, waren für beide Stämme geringer, unterschieden sich aber nicht voneinander.

Unter Berücksichtigung der Genauigkeit des Testsystems, sind die Unterschiede der Nutzung von Wirtspflanzen des Feld- und Laborstamms als sehr gering einzustufen und vernachlässigbar. Die Larven beider Stämme sind daher zur Einschätzung der Qualität alternativer Wirtspflanzen gleichwertig nutzbar.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Endlichkeit fossiler Energieträger und die prognostizierten Auswirkungen ihrer Nutzung auf das Klima führten in den letzten Jahren zu einem verstärkten Interesse an so genannten regenerativen Energien. Dieses Interesse wurde durch den 2011 beschlossenen Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie nochmals verstärkt. Neben der Nutzung physikalischer Systeme wie Wind-, Wasser- und Sonnenenergie, hat auch der Anbau von Pflanzen zur Energiegewinnung stark an Bedeutung gewonnen. Trotz einer Vielzahl von Studien, in denen ökonomische und ökologische Aspekte des Anbaus von Energiepflanzen betrachtet werden, sind Auswirkungen phytosanitärer Schaderreger kaum untersucht worden. Insbesondere die Interaktion von Energiepflanzen und Herbivoren, beispielsweise *D. v. virgifera*, wurden bisher nicht ausreichend erforscht (SPENCER & RAGHU, 2009).

Ziel des Projekts war daher die Prüfung der Wirtseignung möglichst vieler aktuell diskutierter Energiepflanzen für die Larven des *D. v. virgifera*. Da gegenwärtig eine wechselnde Fruchtfolge die primäre Bekämpfungsoption gegen diesen Käfer darstellt, sollte insbesondere die Nutzbarkeit der zu prüfenden Pflanzen als Alternative für Mais abgeschätzt werden.

Die durchgeführten Versuche zeigten, dass die Wiederfunde von *Diabrotica* Larven an allen geprüften *Sorghum*-Arten und -Sorten zu vernachlässigen ist und diese daher gut in einer wechselnden Fruchtfolge mit Mais nutzbar wären. Die Wirtseignung der geprüften Ackergräser ist dagegen arten- und sortenabhängig. Fünf der 16 getesteten Gräser sind für die Entwicklung der Larven ungeeignet. Die Wirtsqualität der elf Testpflanzen, von denen Tiere extrahiert wurden, wird auf Basis der erhobenen Versuchsparameter als reduziert bis minimal eingestuft. Im Vergleich zur Maiskontrolle waren insbesondere die Wiederfunde, aber auch die Kopfkapselbreiten und das erreichte Gewicht signifikant kleiner. Gleiches gilt auch für die untersuchten *Panicum*-Sorten. Eine der sechs Sorten eignete sich nicht als Nahrungspflanze für die Larven und die anderen fünf in nur sehr reduziertem Maße. Diese Ergebnisse bestätigen frühere Versuche aus den USA, die zeigten, dass sich *D. v. virgifera*-Larven nicht nur an Mais, sondern auch an einer Reihe anderer Gräser entwickeln können. Deshalb sind diese Pflanzen nicht für die Eradikation punktuell auftretender Populationen zu empfehlen. Da die Entwicklungsbedingungen an diesen Pflanzen für die Larven im Vergleich zu Mais aber stark reduziert sind und zusätzlich durch das Alter der Wirtspflanze beeinflusst werden (junge Pflanze eignen sich besser als ältere), könnten nach einer (flächendeckenden) Etablierung der Käfer sowohl Ackergräser, als auch Rutenhirsen erfolgreich in wechselnden Fruchtfolgen mit Mais eingesetzt werden. Alle getesteten zweikeimblättrigen Pflanzen eigneten sich nicht als Wirtspflanzen und könnten daher ebenfalls als Mais-Alternative bei der Biomasseproduktion eingesetzt werden.

Eine Sonderstellung kommt den getesteten Chinagräsern zu: 1. eignen sich Chinagräser aufgrund des langen Anbauzyklus von bis zu 20 Jahren generell nicht für den Einsatz in einer Fruchtfolge und 2. wird die gewonnene Biomasse nicht in Biogasanlagen verwertet, sondern entweder in Form von Pellets direkt verbrannt oder als Rohstoff einer weiterführenden Verarbeitung zugeführt. Das Chinagrass *Miscanthus x giganteus* war die einzige Testpflanze an der sich *Diabrotica*-Larven genauso gut entwickelten wie an der Maiskontrolle. Sowohl die Wiederfunde, als auch die Entwicklungsgeschwindigkeit (abgeleitet aus der Kopfkapselbreite und dem Trockengewicht) der Tiere, die sich an diesem Gras entwickelten, waren nicht kleiner als die der Larven, die an Maiswurzeln fraßen. Die anderen untersuchten *Miscanthus*-Arten und -Sorten bieten *Diabrotica*-Larven gute bis mäßige Entwicklungsmöglichkeiten und sind ebenfalls als Wirtspflanzen anzusehen. Ob diese Befunde gegen einen *Miscanthus*-Anbau in einer Agrarlandschaft mit etablierter *Diabrotica*-Population sprechen, hängt davon ab, ob *D. v. virgifera*-Weibchen Chinagrassbestände für die Eiablage nutzen. Nur dann würde sich der Generationszyklus des Käfers schließen und Chinagräser eine ergiebige und langjährige Quelle von *D. v. virgifera* darstellen. Trotz erster experimenteller Hinweise aus den USA (SPENCER & RAGHU 2009) ist diese Thematik bislang nicht ausreichend erforscht und sollte in möglichst großen, praxisnahen Schlägen untersucht werden.

Darüber hinaus können Unterschiede in der Wirtsqualität zwischen jungen in vitro-Pflanzen und alten Pflanzen mit großen Rhizomen nicht ausgeschlossen werden. Ein entsprechender Versuch im Gewächshaus zeigte jedoch nur geringe Qualitätsunterschiede zwischen *Miscanthus*-Pflanzen, die aus in vitro-Pflanzen bzw. aus Rhizomstücken angezogen wurden.

Neben direkt praxisbezogenen Fragestellungen wurden mit dem Vergleich der Nutzung von Wirtspflanzen eines nicht diapausierenden Labor- und eines Feldstamms auch versuchstechnische Aspekte untersucht. Diese Daten sind wichtig für die Interpretation der durchgeführten Versuche und sichern die Übertragbarkeit der Ergebnisse für die Praxis.

Die im Projekt erarbeiteten Daten bieten die wissenschaftliche Grundlage für die Beratung von Landwirten, in der zur Vermeidung von großflächigen und kontinuierlichen Monomaisflächen eine Diversifikation des Energiepflanzenanbaus angestrebt werden sollte.

4 Zusammenfassung

In einer Serie von 14 Einzelversuchen wurden im Gewächshaus die Wirtseignung von 49 Pflanzenarten und –sorten für Larven von *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte 1868 untersucht. Getestet wurden Pflanzen, die interessante Optionen für die Biomasse-Produktion darstellen. Es wurden 18 Sorghum-Hirsen, 16 Ackergräser, jeweils sechs Rutenhirsen und Chinagräser, sowie drei zweikeimblättrige Pflanzenarten untersucht. Die Einschätzung der Wirtsqualität erfolgte anhand der Wiederfunde inokulierter Larven, deren Kopfkapselbreite und des erreichten Gewichts.

Alle getesteten *Sorghum*-Arten und -Sorten wiesen keine, oder nur eine minimale Wirtseignung für *Diabrotica*-Larven auf. Die getesteten Hirsen können auf Basis dieser Ergebnisse uneingeschränkt als Mais-Alternative im Energiepflanzenanbau empfohlen werden. In einer wechselnden Fruchtfolge mit Mais bieten sie die Chance, hohe Biomasseerträge mit einer effektiven Reduktion der Populationsdichte von *D. v. virgifera* zu verbinden.

Die Wirtseignung der geprüften Ackergräser ist dagegen arten- und sortenabhängig. Fünf der 16 getesteten Gräser sind für die Entwicklung der Larven ungeeignet. Die Wirtsqualität der elf Gräser, von denen Tiere extrahiert wurden, wird auf Basis der erhobenen Versuchparameter als reduziert bis minimal eingestuft. Im Vergleich zur Maiskontrolle waren insbesondere die Wiederfunde, aber auch die Kopfkapselbreiten und das erreichte Gewicht signifikant kleiner. Gleiches gilt auch für die sechs geprüften *Panicum*-Sorten (Rutenhirsen). Eine Sorte eignete sich nicht als Wirt für die Larven und die anderen fünf nur in sehr reduziertem Maße. Diese Ergebnisse zeigen, dass diese Gräser nicht für die Eradikation punktuell auftretender Populationen zu empfehlen sind. Da die Entwicklungsbedingungen für die Larven aber stark reduziert sind, könnten nach einer Etablierung der Käfer, sowohl Ackergräser, als auch Rutenhirsen erfolgreich in wechselnden Fruchtfolgen mit Mais eingesetzt werden.

Der einzige Wirt an dem sich *Diabrotica*-Larven genau so gut wie an Mais entwickelten war das Chinagrass (*Miscanthus x giganteus*). Die anderen fünf getesteten *Miscanthus*-Genotypen ermöglichten ebenfalls eine Entwicklung der Larven. Die Wirtsqualität dieser Genotypen ist jedoch geringer als von *M. x giganteus*. Ob diese Befunde gegen einen *Miscanthus*-Anbau in einer Agrarlandschaft mit etablierter *Diabrotica*-Population sprechen, hängt davon ab, ob die Weibchen von *D. v. virgifera* Chinagrassbestände für die Eiablage nutzen. Nur dann würde sich der Generationszyklus des Käfers schließen und Chinagräser eine ergiebige und langjährige Quelle dieses Schaderregers darstellen.

In Übereinstimmung mit bislang publizierten Untersuchungen, eignete sich keine der zweikeimblättrigen Pflanzen für die Entwicklung der Larven. Sonnenblumen, Topinambur und die durchwachsene Silphie bieten sich damit ebenfalls als Alternative für Mais in der Biomasseproduktion an.

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen

Mais liefert für die Verwertung in Biogasanlagen derzeit die höchsten Erträge und wird zur Reduktion von Transport und Lagerkosten häufig im engsten Umkreis der Anlagen Jahr für Jahr kultiviert. Ein kontinuierlicher Maisanbau bietet jedoch optimale Bedingungen für die Entwicklung großer Populationsdichten des Westlichen Maiswurzelbohrers. Da chemische Bekämpfungsmaßnahmen (z.B. Bodeninsektizide) zwar in der Lage sind die Pflanzen und Erträge schützen, aber nur in geringem Maße das Populationswachstum reduzieren, sind wechselnde Fruchtfolgen, mit denen der Generationszyklus des Käfers unterbrochen wird, die wichtigste und gleichzeitig umweltfreundlichste Bekämpfungsoption.

Im Projekt sollten daher ausgewählte Energiepflanzen, die als Mais-Alternative in Fruchtfolgen eingesetzt werden könnten, auf ihre Wirtseignung für *Diabrotica*-Larven untersucht werden. Ziel war es, vor einer Officialberatung der Landwirte, fundiertes Fachwissen zu potentiellen Wirtspflanzen zu erarbeiten, um die Erfolgsaussichten von Fruchtfolgemaßnahmen abschätzen zu können.

Die im Projektantrag skizzierte Vorgehensweise und Methodik eignete sich optimal, um die geplanten Forschungsziele zu erreichen. Eine erste Auswahl von 32 zu prüfenden Energiepflanzen wurde im Laufe des Vorhabens, inklusiver einer bewilligten Verlängerung, auf 49 untersuchten Pflanzenarten und –Sorten verlängert. Neben den geplanten Arbeiten wurden zusätzlich bereits weiterführende Fragestellungen und mit der Thematik verbundene versuchstechnische Aspekte untersucht.

Die im Projekt erarbeiteten Daten bieten die wissenschaftliche Grundlage für die Beratung von Landwirten, in der zur Vermeidung von großflächigen und kontinuierlichen Monomaisflächen eine Diversifikation des Energiepflanzenanbaus angestrebt werden sollte.

6 Literaturverzeichnis

- BBCH working group (2001) Growth stages of mono-and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. Dokument verfügbar über: <http://pub.jki.bund.de/index.php/BBCH/article/view/515>.
- BEHLE RW, HIBBARD BE, CERMAK SC & ISBELL TA (2008) Examining *Cuphea* as a potential host for western corn rootworm (Coleoptera : Chrysomelidae): Larval development. *Journal of Economic Entomology* **101**: 797–800.
- BRANSON TF (1976) The selection of a non-diapause strain of *Diabrotica virgifera* Coleoptera: Chrysomelidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* **19**: 148–154.
- BRANSON TF (1978) Optimum temperature for long term storage of eggs of *Diabrotica virgifera* (Coleoptera; Chrysomelidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* **24**: 199–200.
- BRANSON TF (1989) Survival of starved neonate larvae of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* **62**: 521–523.
- BRANSON TF, GUSS PL, KRYSAN JL & SUTTER GR (1975) Corn rootworms: laboratory rearing and manipulation. *USDA Agric. Res. Serv. Bull.* **28**: 18 pp.
- BRANSON TF, GUSS PL & ORTMAN EE (1969) Toxicity of sorgum roots to larvae of western corn rootworm. *Journal of Economic Entomology* **62**: 1375–1378.
- BRANSON TF, JACKSON JJ & SUTTER GR (1988) Improved method for rearing *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology* **81**: 410–414.
- BRANSON TF & ORTMAN EE (1967a) Host range of larvae of western corn rootworm. *Journal of Economic Entomology* **60**: 201–203.
- BRANSON TF & ORTMAN EE (1967b) Fertility of western corn rootworm reared as larvae on alternate hosts. *Journal of Economic Entomology* **60**: 595.
- BRANSON TF & ORTMAN EE (1970) Host range of western corn rootworm: further studies. *Journal of Economic Entomology* **63**: 800–803.
- BREITENBACH S, HEIMBACH U & LAUER K (2005) Field tests on the host range of the larvae of the Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte 1868, Chrysomelidae, Coleoptera). *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **57**: 241–244.
- CABRERA WALSH G (2007) *Sorghum halepense* (L.) Persoon (Poaceae), a new larval host for the South American corn rootworm *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Coleopterists Bulletin* **61**: 83–84.
- CHEGE PG, CLARK TL & HIBBARD BE (2005) Alternate host phenology affects survivorship, growth, and development of western corn rootworm (Coleoptera : Chrysomelidae) larvae. *Environmental Entomology* **34**: 1441–1447.
- CLARK TL & HIBBARD BE (2004) Comparison of nonmaize hosts to support western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval biology. *Environmental Entomology* **33**: 681–689.
- HIBBARD BE, SCHWEIKERT YM, HIGDON ML & ELLERSIECK (2008) Maize phenology affects establishment, damage, and development of the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology* **37**: 1558–1564.
- KRYSAN JL & MILLER TA (1986) *Methods for the study of pest Diabrotica*. Springer-Verlag, New York; xv, 260 S.
- MACFADYEN A (1961) Improved funnel-type extractors for soil arthropods. *Journal of Animal Ecology* **30**: 171–184.

- MOESER J (2003) Nutritional ecology of the invasive maize pest *Diabrotica virgifera* LeConte in Europe. PhD thesis, Göttingen.
- MOESER J & VIDAL S (2004) Do alternative host plants enhance the invasion of the maize pest *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae, Galerucinae) in Europe? *Environmental Entomology* **33**: 1169–1177.
- OYEDIRAN IO, HIBBARD BE & CLARK TL (2004) Prairie grasses as hosts of the Western corn rootworm (Coleoptera : Chrysomelidae). *Environmental Entomology* **33**: 740–747.
- PALMER DF, WINDELS MB & CHIANG HC (1977) Artificial infestation of corn with western corn rootworm eggs in agar-water. *Journal of Economic Entomology* **70**: 277–278.
- SPENCER JL & RAGHU S (2009) Refuge or Reservoir? The Potential Impacts of the Biofuel Crop *Miscanthus x giganteus* on a Major Pest of Maize. *PLoS ONE* 4.
- SINGH P & MOORE RF (1985) Handbook of insect rearing. Volume 1. Elsevier Science Ltd., Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo; viii, 488 S.
- WILSON TA & HIBBARD BE (2004) Host suitability of nonmaize agroecosystem grasses for the western corn rootworm (Coleoptera : Chrysomelidae). *Environmental Entomology* **33**: 1102–1108.

7 Anhang

Tabelle 7: Rohdaten (Mittelwerte \pm SD) der Wiederfunde, Kopfkapselbreiten und Trockengewichte.

Taxon	Sorte	TV	St	Wh	n _{in}	n _{ex}	WF	KKB	TGW
Ackergräser									
<i>Alopecurus pratensis</i>	Alko	8	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Arone	8	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>Bromus mollis</i>	Wildpopulation	8	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>B. mollis</i>	Wildpopulation	10	Hu	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Wildpopulation	10	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>Dactylis glomerata</i>	Husar	7	Lnd	10	10	18	18,0 \pm 15,5	452,4 \pm 81,0	0,308 \pm 0,109
<i>D. glomerata</i>	Husar	10	Hu	10	10	57	57,0 \pm 26,3	426,3 \pm 77,5	0,401 \pm 0,230
	Husar	10	Lnd	10	10	69	69,0 \pm 18,5	432,8 \pm 81,6	0,386 \pm 0,154
<i>Festuca arundinacea</i>	Lipalma	6	Lnd	10	10	2	2,0 \pm 4,2	309,1 \pm 6,3	0,070 \pm 0,040
<i>F. pratensis</i>	Cosmolit	6	Lnd	10	10	25	25,0 \pm 25,5	351,2 \pm 60,5	0,188 \pm 0,105
<i>F. rubra</i>	Condor	7	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>Lolium multiflorum</i>	Fastyl	6	Lnd	10	10	7	7,0 \pm 9,5	324,0 \pm 11,2	0,091 \pm 0,060
	Liberta	6	Lnd	10	10	10	10,0 \pm 8,2	335,0 \pm 54,3	0,104 \pm 0,064
<i>L. perenne</i>	Ivana	5	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Niata	5	Lnd	10	10	4	4,0 \pm 9,7	371,2 \pm 65,9	0,202 \pm 0,052
	Pionero	5	Lnd	10	10	11	11,0 \pm 14,5	341,3 \pm 45,6	0,130 \pm 0,064
	Pomerol	5	Lnd	10	10	1	1,0 \pm 3,2	482,5 --	0,168 --
<i>Phalaris arundinacea</i>	Wildpopulation	8	Lnd	10	10	27	27,0 \pm 17,7	344,0 \pm 58,5	0,144 \pm 0,101
<i>Phleum pratense</i>	Phlewliola	7	Lnd	10	10	7	7,0 \pm 10,6	326,0 \pm 12,6	0,135 \pm 0,063
<i>Poa pratensis</i>	Nixe	7	Lnd	10	10	4	4,0 \pm 7,0	311,0 \pm 25,8	0,073 \pm 0,025
Chinagräser									
<i>Miscanthus x giganteus</i>	Miscanthus	1	Hu	10	10	45	45,0 \pm 16,5	515,5 \pm 28,9	1,314 \pm 0,581
<i>M. x giganteus</i> (in vitro)	Miscanthus	14	Lnd	10	10	67	67,0 \pm 22,1	527,9 \pm 18,1	2,126 \pm 0,932
<i>M. x giganteus</i> (Rhizom)	Miscanthus	14	Lnd	10	10	70	70,0 \pm 13,3	523,8 \pm 29,6	1,400 \pm 0,893
<i>M. sacchariflorus</i>	Robustus	12	Lnd	10	10	14	14,0 \pm 12,6	360,0 \pm 72,8	0,261 \pm 0,134
<i>M. s. x sinensis</i>	Amuri 1	12	Lnd	10	10	62	62,0 \pm 11,4	378,5 \pm 67,5	0,243 \pm 0,168
	Amuri 2	12	Lnd	10	10	42	42,0 \pm 22,5	428,3 \pm 97,7	0,335 \pm 0,198
	Nagara	12	Lnd	10	10	40	40,0 \pm 20,5	438,8 \pm 88,4	0,624 \pm 0,514
<i>M. sinensis</i>	Ms hybrid	12	Lnd	10	10	40	40,0 \pm 24,0	426,0 \pm 89,9	0,300 \pm 0,163
Dikotyle Pflanzen									
<i>Silphium perfoliatum</i>	Silphie	1	Hu	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>Helianthus annuus</i>	Wildpopulation	11	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>H. tuberosus</i>	Wildpopulation	11	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
Mais-Kontrolle									
<i>Zea mays</i>	Tassilo	1	Hu	10	10	47	48,0 \pm 15,5	515,6 \pm 46,9	0,898 \pm 0,556
		2	Hu	10	7	44	62,9 \pm 18,1	508,5 \pm 51,0	0,645 \pm 0,500
		3	Lnd	9	10	67	76,7 \pm 14,1	531,1 \pm 19,1	1,006 \pm 0,560
		4	Lnd	10	10	69	73,0 \pm 12,5	484,1 \pm 79,9	0,714 \pm 0,658
		5	Lnd	10	10	70	72,0 \pm 10,3	517,7 \pm 48,8	0,647 \pm 0,370
		6	Lnd	10	10	84	84,0 \pm 15,8	504,3 \pm 54,3	0,593 \pm 0,461
		7	Lnd	10	10	72	72,0 \pm 10,3	517,2 \pm 42,6	0,859 \pm 0,560
		8	Lnd	10	10	74	79,0 \pm 13,7	531,8 \pm 17,0	1,110 \pm 0,604
		9	Lnd	10	10	92	92,0 \pm 9,2	522,2 \pm 30,0	0,873 \pm 0,538
		10	Hu	10	10	89	89,0 \pm 9,9	525,5 \pm 15,7	0,993 \pm 0,421
		10	Lnd	10	10	82	82,0 \pm 14,8	534,7 \pm 16,6	0,811 \pm 0,438
		12	Lnd	10	10	79	79,0 \pm 14,5	519,8 \pm 48,8	1,011 \pm 0,641
		13	Lnd	10	10	82	82,0 \pm 10,3	531,5 \pm 24,9	1,487 \pm 0,820
		14	Lnd	10	10	83	83,0 \pm 15,7	542,4 \pm 16,6	2,050 \pm 0,667

Hu – ungarischer Feldstamm; KKB – Kopfkapselbreite [μ m]; Lnd – nicht-diapausierender Laborstamm; n_{ex} Anzahl zu Versuchsende extrahierter Larven; n_{in} Anzahl inokulierter L₁ pro Topf; St – Stamm; TGW – Trockengewicht [mg]; TV – Teilversuch; Wh – Wiederholungen je Variante; WF – Wiederfund [%]

Tabelle 7, Forts.: Rohdaten (Mittelwerte \pm SD) der Wiederfunde, Kopfkapselbreiten und Trockengewichte.

Taxon	Sorte	TV	St	Wh	n _{in}	n _{ex}	WF	KKB	TGW
Rutenhirsen									
<i>Panicum virgatum</i>	Alamo	13	Lnd	10	10	5	5,0 \pm 8,5	313,5 \pm 40,9	0,148 \pm 0,082
	Carthage	13	Lnd	10	10	6	6,0 \pm 7,0	318,3 \pm 41,1	0,092 \pm 0,062
	Cave in Rock	13	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Forestburg	13	Lnd	10	10	6	6,0 \pm 7,0	379,0 \pm 76,6	0,200 \pm 0,153
	Kanlow	13	Lnd	10	10	13	13,0 \pm 13,4	334,3 \pm 16,3	0,150 \pm 0,103
	Sunburst	13	Lnd	10	10	1	1,0 \pm 3,2	352,0 --	0,067 --
Sorghum-Hirsen									
<i>Sorghum bicolor</i>	Arllys	2	Hu	10	5	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Biomass 150	2	HU	10	5	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Branco	4	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Bulldozer	4	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Goliath	3	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Maja	4	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Sucrosorgo405	3	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Wildpopulation	11	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Zerberus	4	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>S. b. x sudanense</i>	Green Grazer	2	Hu	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Inka	3	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
	Lussi	3	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>S. caffrorum</i>	Wildpopulation	9	Lnd	10	10	1	1,0 \pm 3,2	348,9 --	0,238 --
<i>S. dochna</i>	Wildpopulation	9	Lnd	10	10	1	1,0 \pm 3,2	355,3 --	0,146 --
<i>S. durra</i>	Wildpopulation	9	Lnd	10	10	2	2,0 \pm 6,3	436,0 \pm 100,0	0,487 \pm 0,009
<i>S. halepense</i>	Wildpopulation	11	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>S. nervosum</i>	Wildpopulation	9	Lnd	10	10	0	0,0 \pm 0,0	--	--
<i>S. sudanense</i>	Akklimat	2	Hu	10	5	0	0,0 \pm 0,0	--	--

Hu – ungarischer Feldstamm; KKB – Kopfkapselbreite [μ m]; Lnd – nicht-diapausierender Laborstamm; n_{ex} Anzahl zu Versuchsende extrahierter Larven; n_{in} Anzahl inokulierter L₁ pro Topf; St – Stamm; TGW – Trockengewicht [mg]; TV – Teilversuch; Wh – Wiederholungen je Variante; WF – Wiederfund [%]