



Zwischenfrüchte als Baustein des konservierenden Ackerbaus und des EU-Greenings

AK Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat
Baden-Württemberg

Universität Hohenheim
Institut für Phytomedizin, Fg. Herbologie
Roland Gerhards, Dominic Sturm, Matthias Schumacher, Linnéa Creydt
22.01.2015



Effekte verschiedener Zwischenfrucht- Extrakte und deren Fraktionen auf Mais und seine Unkräuter

Institut für Phytomedizin, Fg. Herbologie
Dominic Sturm, Roland Gerhards
2014





1 Einleitung

- **Zwischenfrüchte können durch eine schnelle und intensive Bodenbedeckung die Keimung und das Wachstum von Unkräutern vermindern (Konkurrenz)**
- **Zwischenfrüchte können auch durch biochemische Stoffe die Keimung und das Wachstum von Unkräutern beeinflussen (Allelopathie)**

Aktive Ausscheidung der biochemischen Stoffe

Freisetzung der biochemischen Verbindungen aus Mulchresten

Was ist Allelopathie ?

- Allelopathie ist der Einfluss einer Pflanze auf Entwicklung und Wachstum einer anderen durch die Freisetzung von chemischen Verbindungen in ihre Umwelt.
- Stoffwechselprodukte synthetisiert von Pilzen, Bakterien, Algen oder Pflanzen, beeinflussen biologisches oder landwirtschaftliches System positiv oder negativ (Farooq *et al.*, 2013)
- Diese Substanzen sind häufig sekundäre Metabolite oder Nebenprodukte von Stoffwechselwegen in Pflanzen (Farooq *et al.*, 2011)
- Einige Pflanzen sind in der Lage, diese pflanzlichen Stoffe zu synthetisieren und in nahezu jedem Gewebeteil wie Blättern, Früchten, Wurzeln oder Samen einzulagern (Radosevich *et al.*, 1997)
- Unter bestimmten Bedingungen werden die allelopathischen Verbindungen durch Verflüchtigung, als Wurzelexsudate, Zersetzung und/oder Auswaschung abgegeben und beeinflussen die angrenzenden Pflanzen (Bonanomi *et al.*, 2006)

Suche nach neuen Bioherbiziden

➤ Zufallsentdeckung

Random-Screening (z.B. Harnstoffe)

➤ Analogiesynthese

eingeführtes Präparat als Vorlage (z.B. Chlorsulfuron)

➤ Wirkortbasierende Herbizidentwicklung

z.B. Photosynthese-hemmende Wirkstoffe müssen sterisch in die Bindetasche passen und in der Lage sein, zu Serin 264 und Phenylalanin 265, Wasserstoffbrücken zu bilden (zur Einbindung des Wirkstoffs in das D1-Protein)

➤ Natur als Vorbild

Synthetisierung von Naturstoffen (z.B. Phosphinotricin, Triketone)

Versuchsfragen

- Gibt es eine allelopathische Wirkung der Zwischenfrucht-Extrakte auf Unkraut und Kulturpflanze?
- Gibt es unterschiedliche Effekte der Extrakte auf die Wurzellänge der Versuchspflanzen?
- Ist es möglich durch Fraktionierung der Extrakte die wirksamen Substanzen zu isolieren, um sie anschließend auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen?

2 Versuche mit Zwischenfrucht-Extrakten

Zwischenfrüchte

- Hanf (*Cannabis sativa* L.)
- Rotschwingel (*Festuca rubra* ssp. *rubra* L.)
- Ramtillkraut (*Guizotia abyssinica* Cass.)
- Ölrettich (*Raphanus sativus* var. *oleiformis* P.)
- Sand-Hafer (*Avena strigosa* Schreb.)

Versuchspflanzen

- Mais (*Zea mays*)
- Zurückgebogener Amarant (AMARE)
- Weißer Gänsefuß (CHEAL)
- Hühnerhirse (ECHCG)



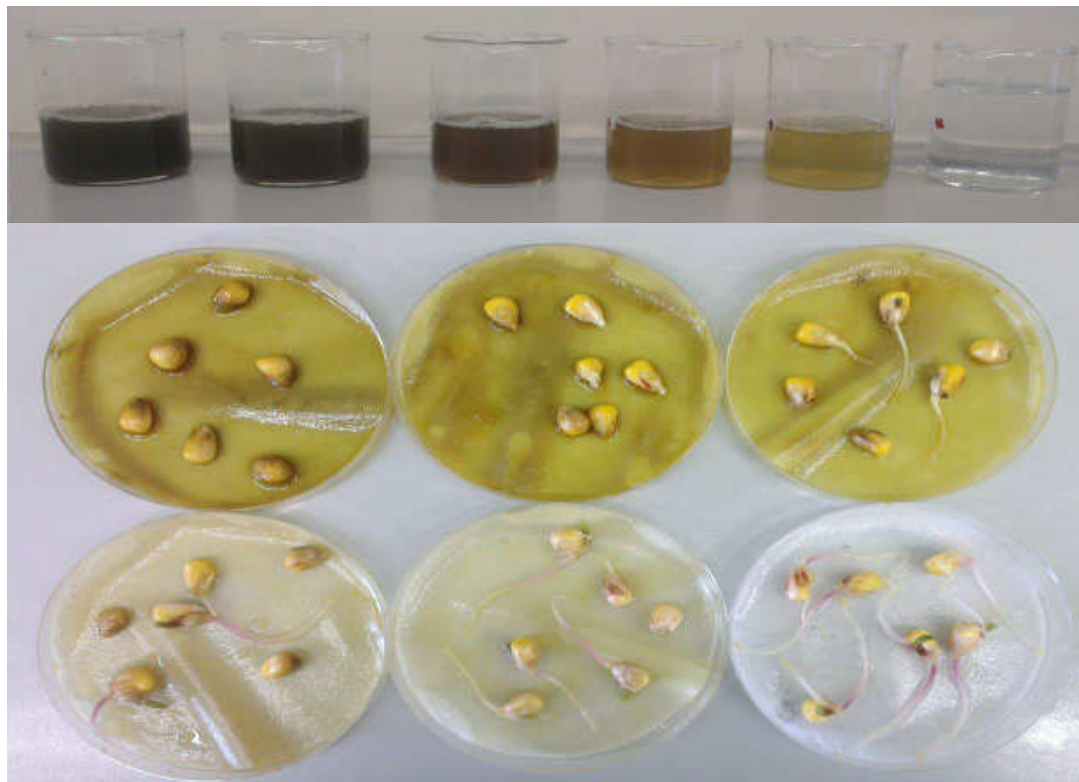
2.1 Herstellung der wässrigen Zwischenfrucht-Extrakte

- Ernte der Zwischenfrüchte
- Pflanzenzellen aufbrechen mithilfe von Mörser und Flüssig-N
- Pflanzenmaterial mit entsprechender Menge VE-Wasser auffüllen
- Abpressen durch ein grobes Sieb
- Filtration durch Filterpapier
- Zentrifugation
- Überstand = reiner, unverdünnter Rohextrakt (0,5 g FM/ml)



2.2 Applikation der wässrigen Zwischenfrucht-Extrakte

- Mais und Unkräuter auf Filterpapier in Petrischalen
- Applikation von 6 Konzentrationen (0-0,5 g FM/ml)
- Auswertung nach 6-11 Tagen im Klimaschrank



2.3 Ergebnisse der Keimtests mit Extrakten

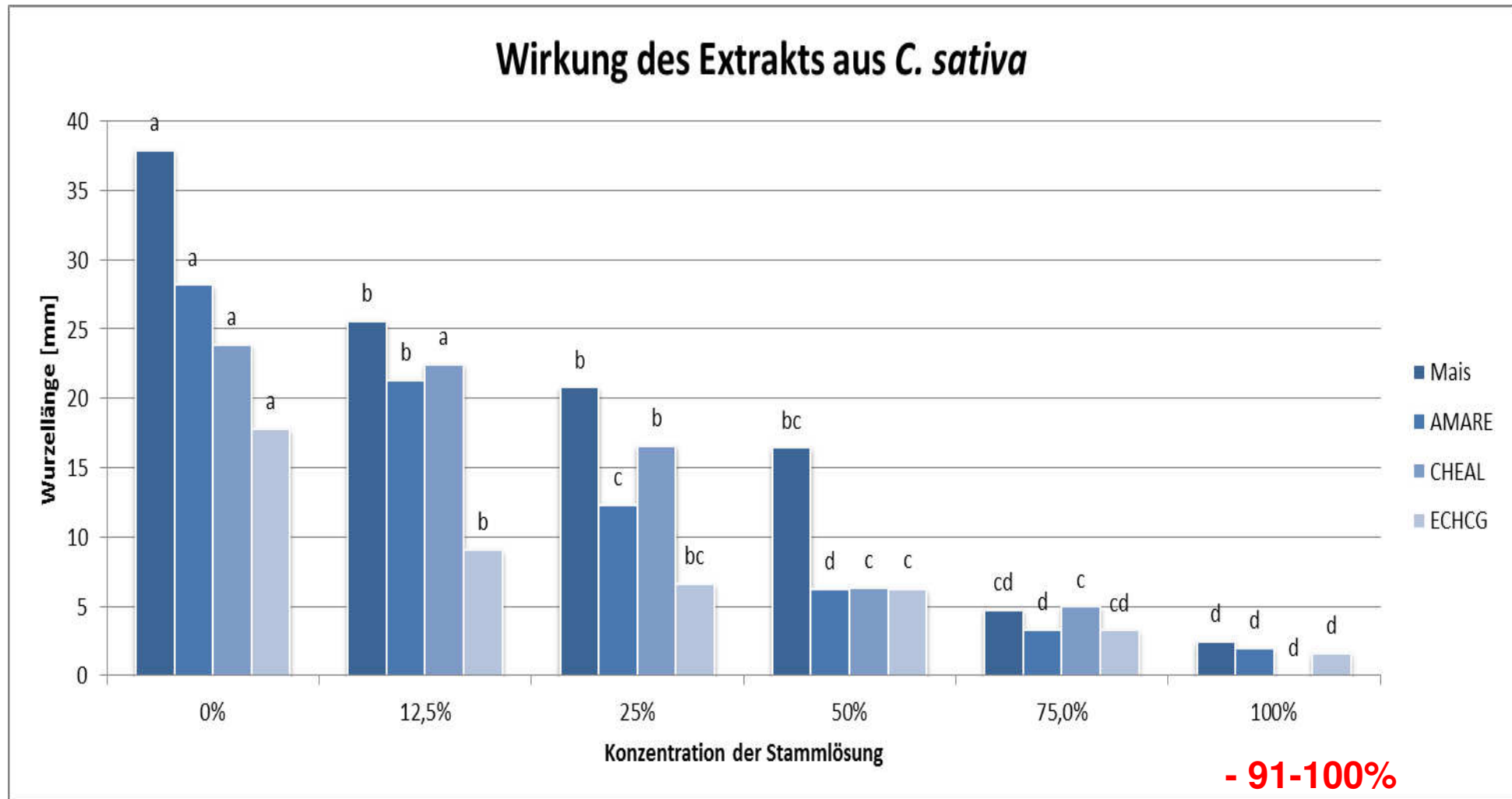


Abb. 1: Wirkung des wässrigen Extrakts aus *C. sativa* auf Mais und drei Unkräuter im Keimtest nach 7 bzw. 14 Tagen im Klimaschrank. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

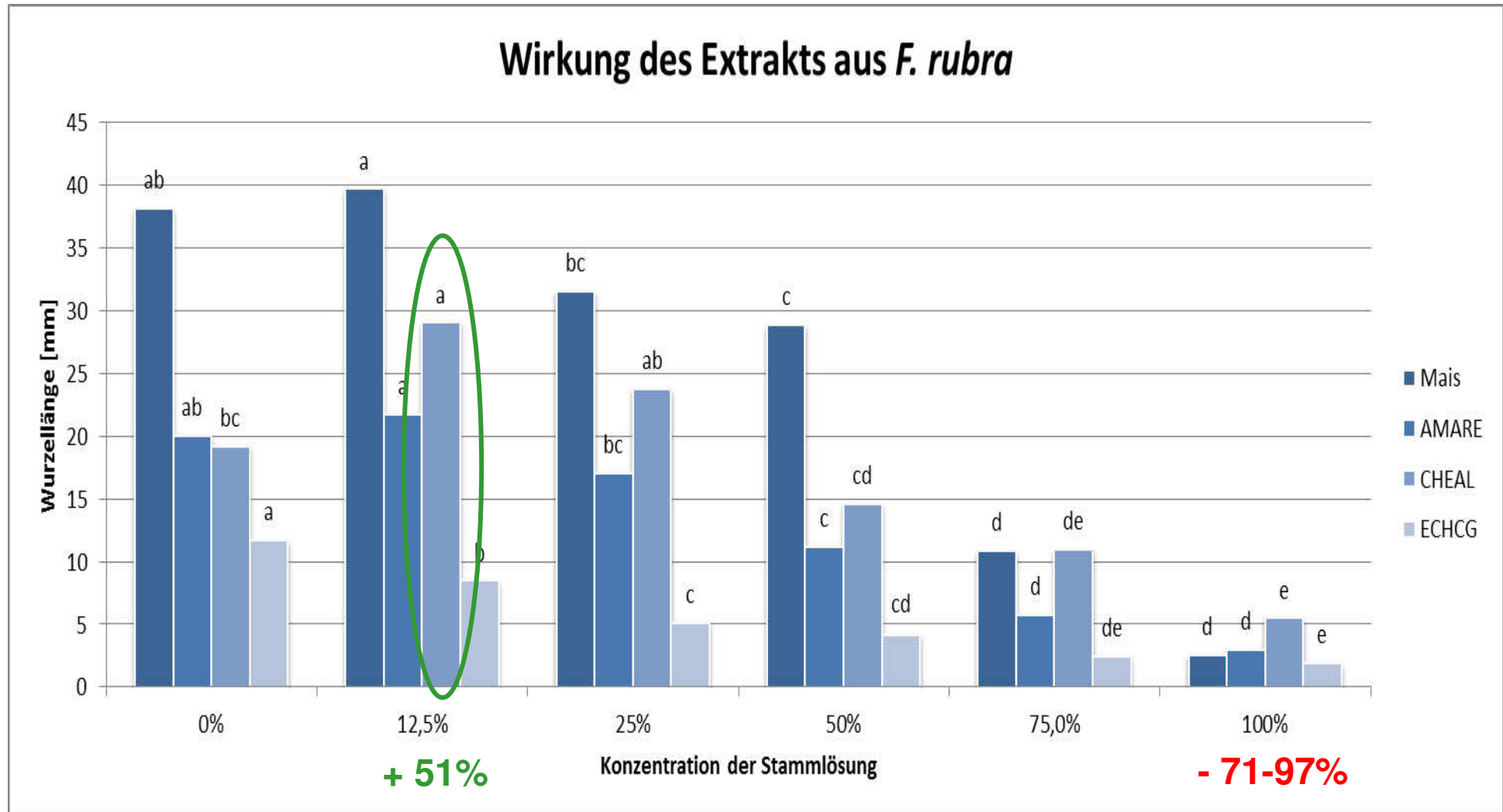


Abb. 2: Wirkung des wässrigen Extrakts aus *F. rubra ssp. rubra* auf Mais und drei Unkräuter im Keimtest nach 7 bzw. 14 Tagen im Klimaschrank. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

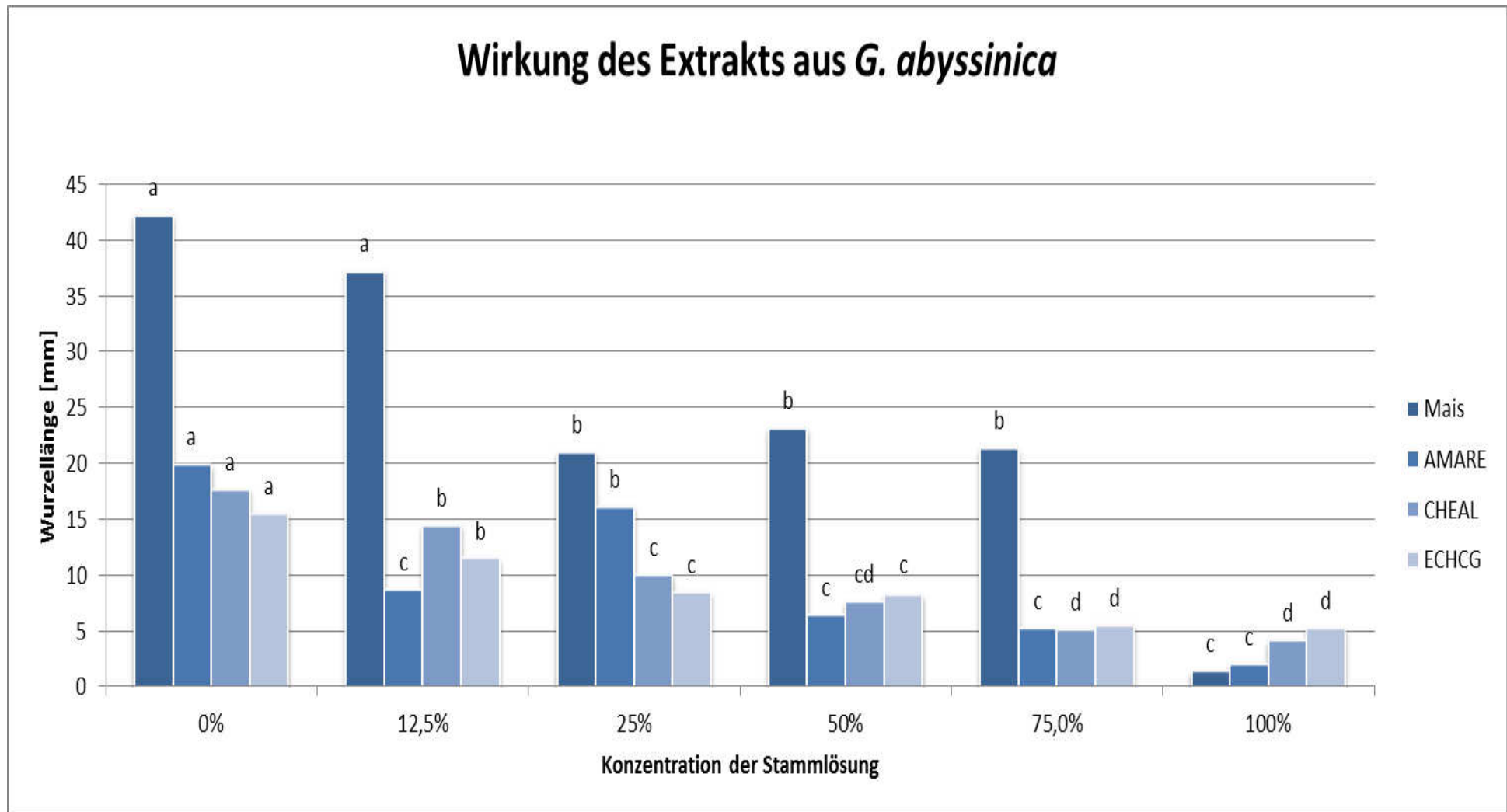


Abb. 3: Wirkung des wässrigen Extrakts aus *G. abyssinica* auf Mais und drei Unkräuter im Keimtest nach 7 bzw. 14 Tagen im Klimaschrank. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

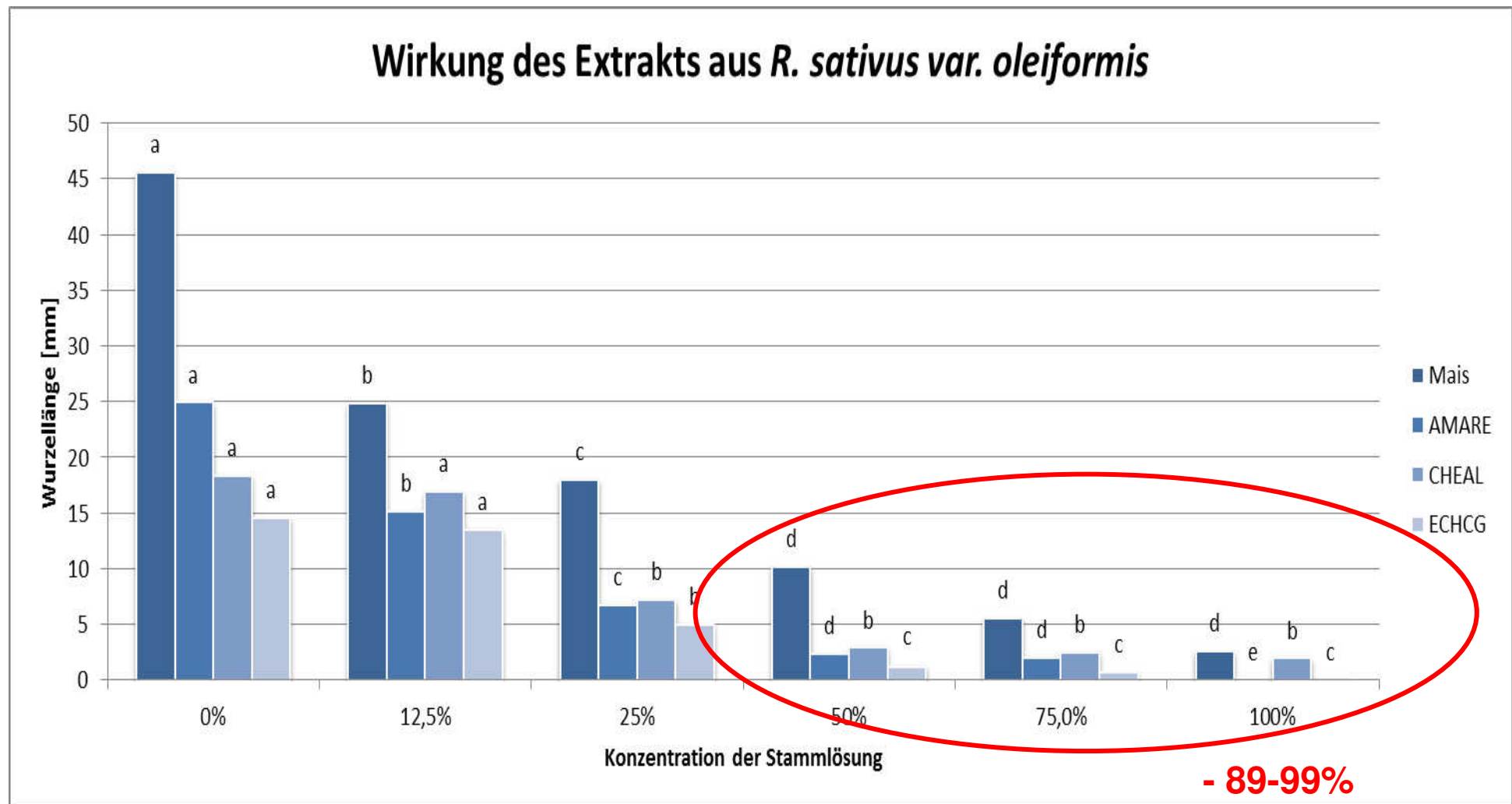
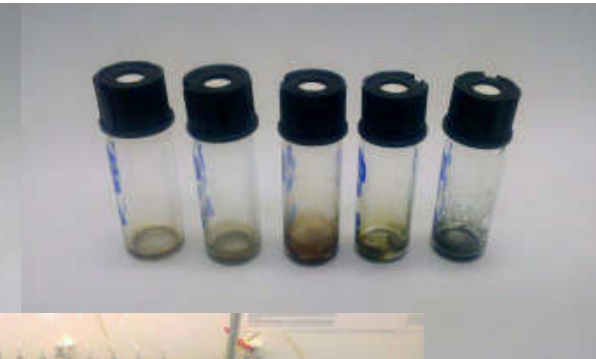
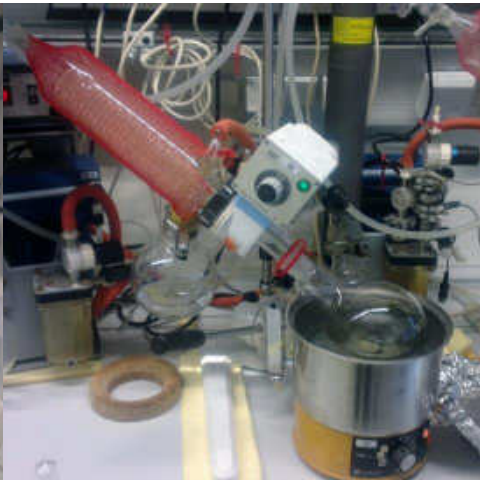


Abb. 4: Wirkung des wässrigen Extrakts aus *R. sativus* var. *oleiformis* auf Mais und drei Unkräuter im Keimtest nach 7 bzw. 14 Tagen im Klimaschrank. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

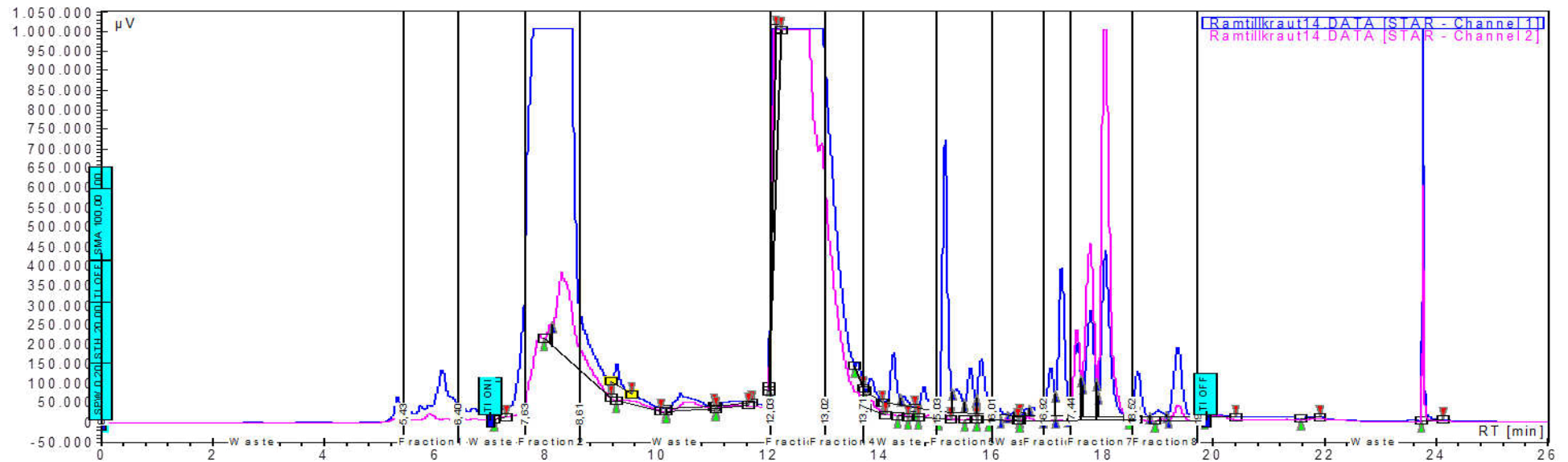
3 Versuche mit fraktionierten Substanzen

3.1 Fraktionierung der Extrakte

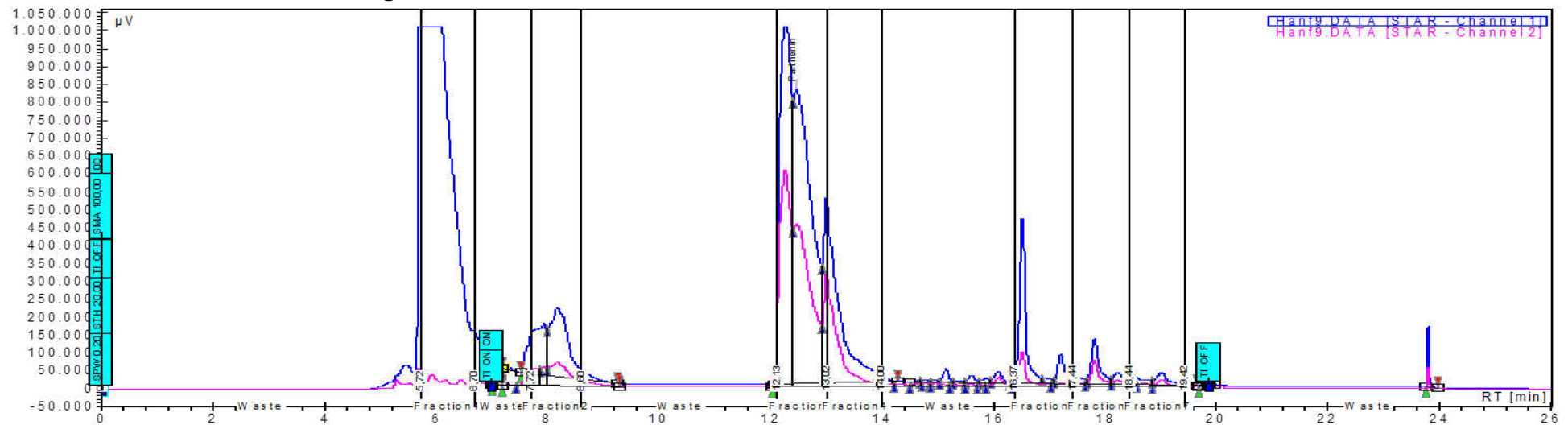
- Findung des optimalen Lösungsmittel (ACN/H₂O; 80/20)
- Aufarbeitung des Pflanzenmaterials für die präparative HPLC (250 mg FM/ml)
- Erstellung des Gradientenprogramms und der Retentionszeiten
- Durchführung der präparativen HPLC
- Extraktion der vereinigten Fraktionen

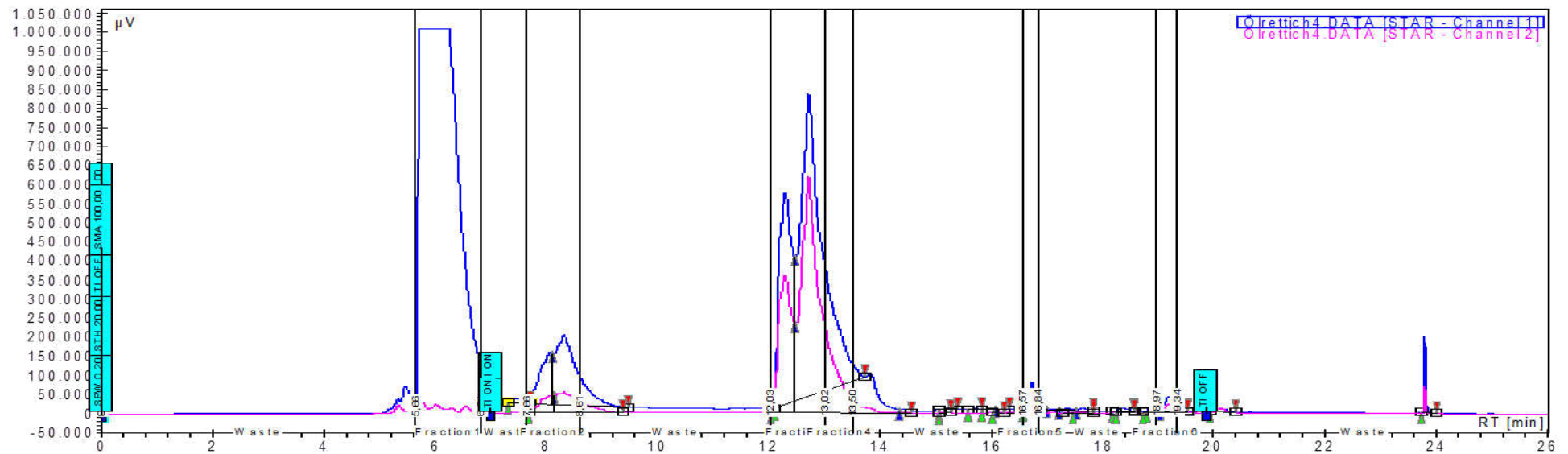


Gesamt-Chromatogramm von *G. abyssinica*



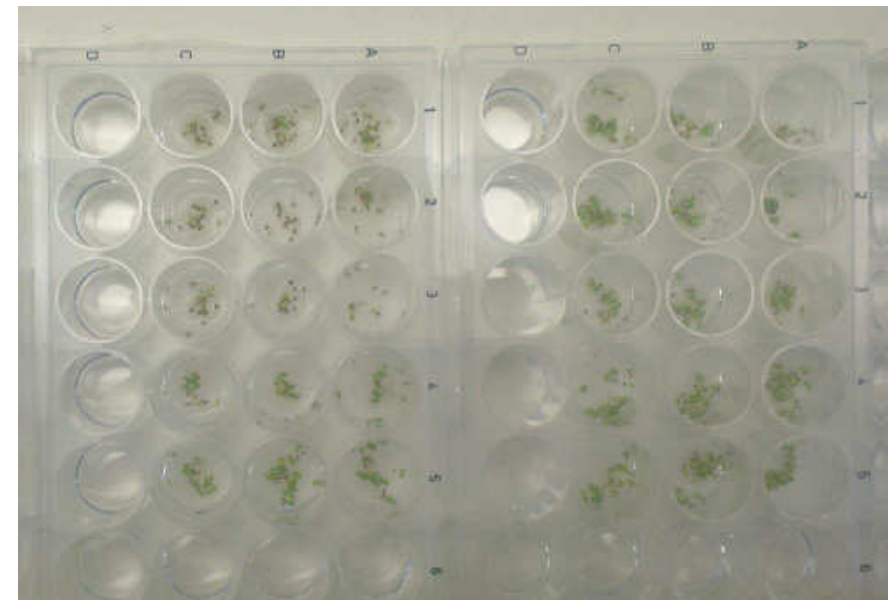
Gesamt-Chromatogramm von *C. sativa*



Gesamt-Chromatogramm von *R. sativus* var. *oleiformis*

3.2 Applikation der Fraktionen

- Fraktionen in Ethanol lösen (1 mg Fraktion / 1 ml C_2H_6O)
- *24er-Well Plates* mit Filterpapier auslegen
- in Ethanol gelöste Fraktionen auf Filterpapier geben (5 Konzentrationen)
- Ethanol verdampfen lassen, Tabak-Samen in *Wells* legen
- entsprechende Menge VE-Wasser hinzugeben
- Auswertung nach 14 Tagen im Klimaschrank



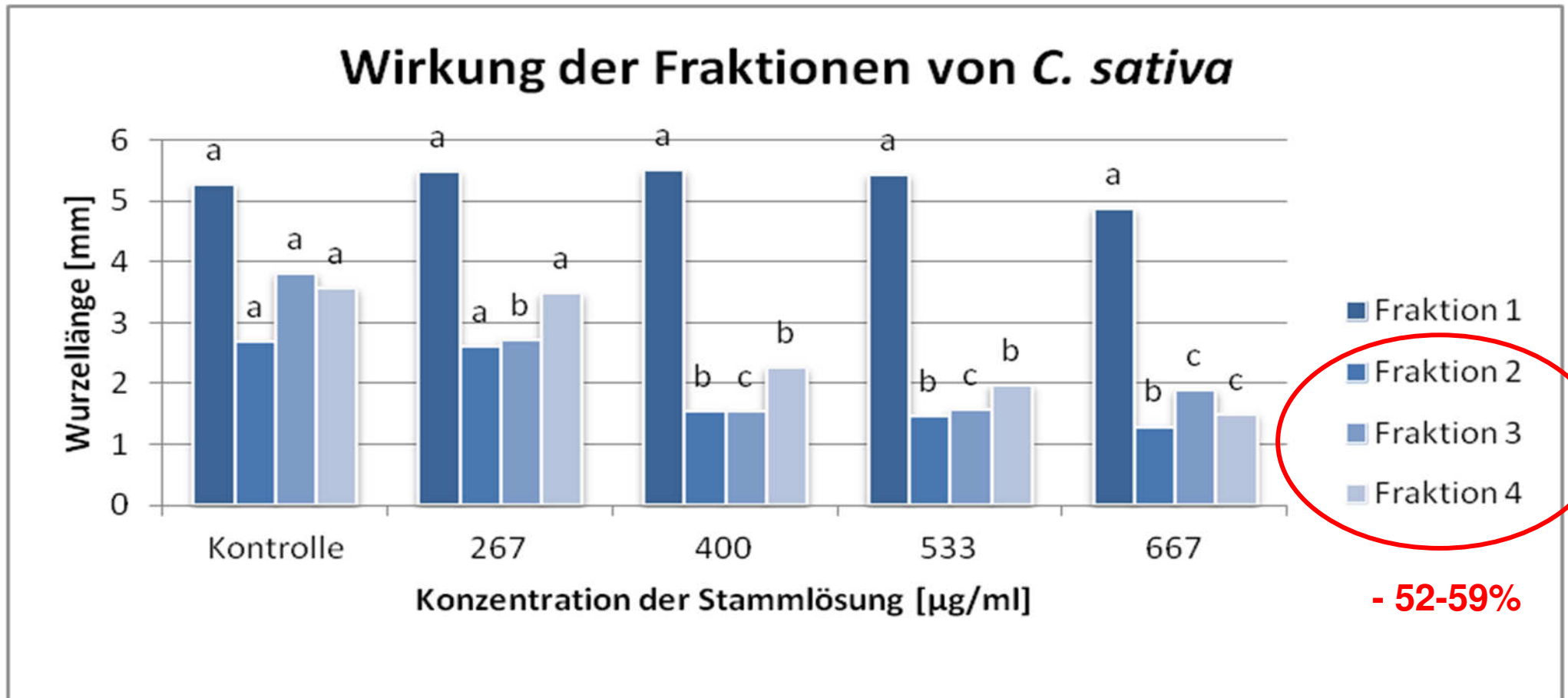


Abb. 6: Wirkung der Fraktionen von *R. sativus* var. *oleiformis* auf die durchschnittliche Wurzellänge von Tabak im Keimtest nach 14 Tagen im Klimaschrank. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

Wirkung der Fraktionen von *F. rubra*

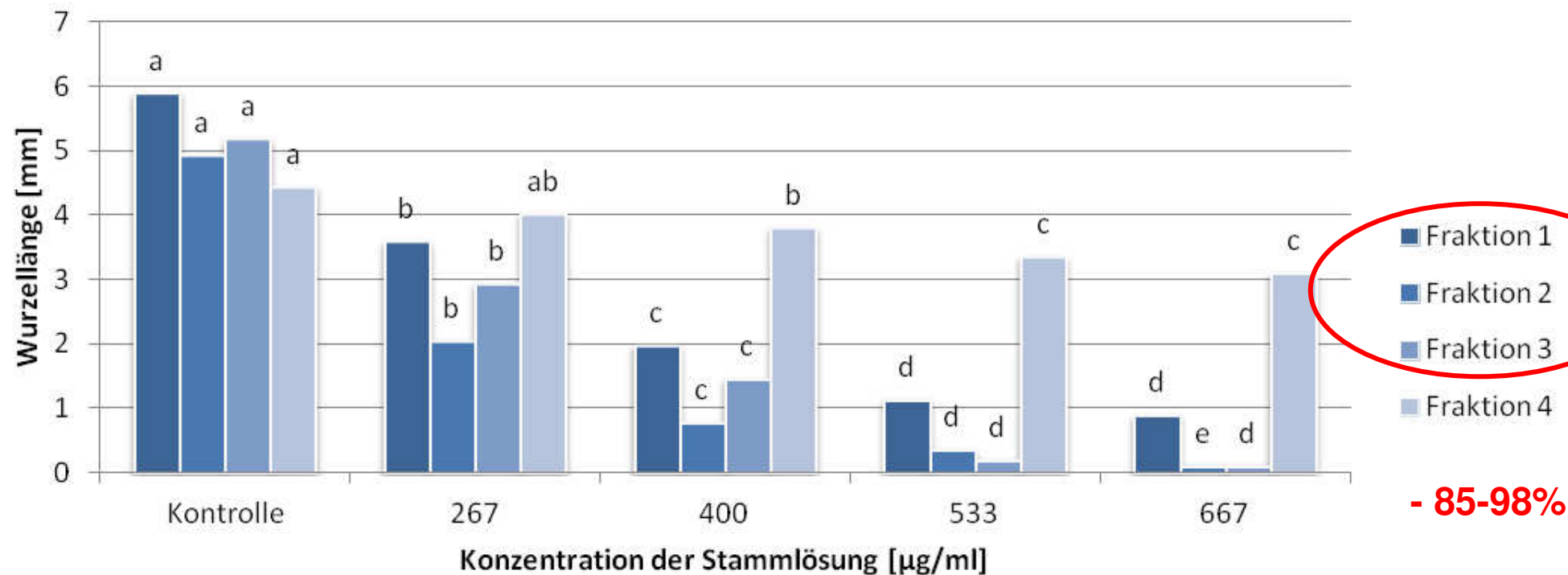


Abb. 7: Wirkung der Fraktionen von *F. rubra ssp. rubra* auf die durchschnittliche Wurzellänge von Tabak im Keimtest nach 14 Tagen im Klimaschrank. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

Wirkung der Fraktionen von *G. abyssinica*

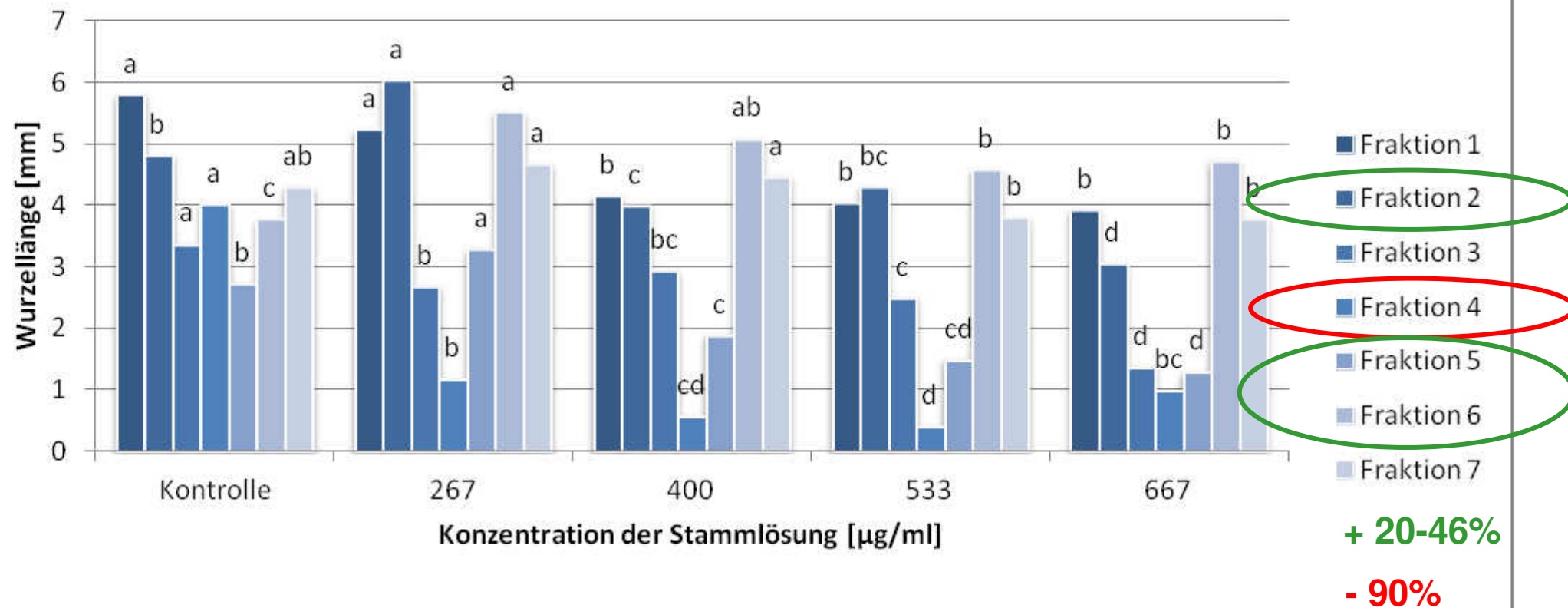


Abb. 8: Wirkung der Fraktionen von *G. abyssinica* auf die durchschnittliche Wurzellänge von Tabak im Keimtest nach 14 Tagen im Klimaschrank. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

Wirkung der Fraktionen von *R. sativus* var. *oleiformis*

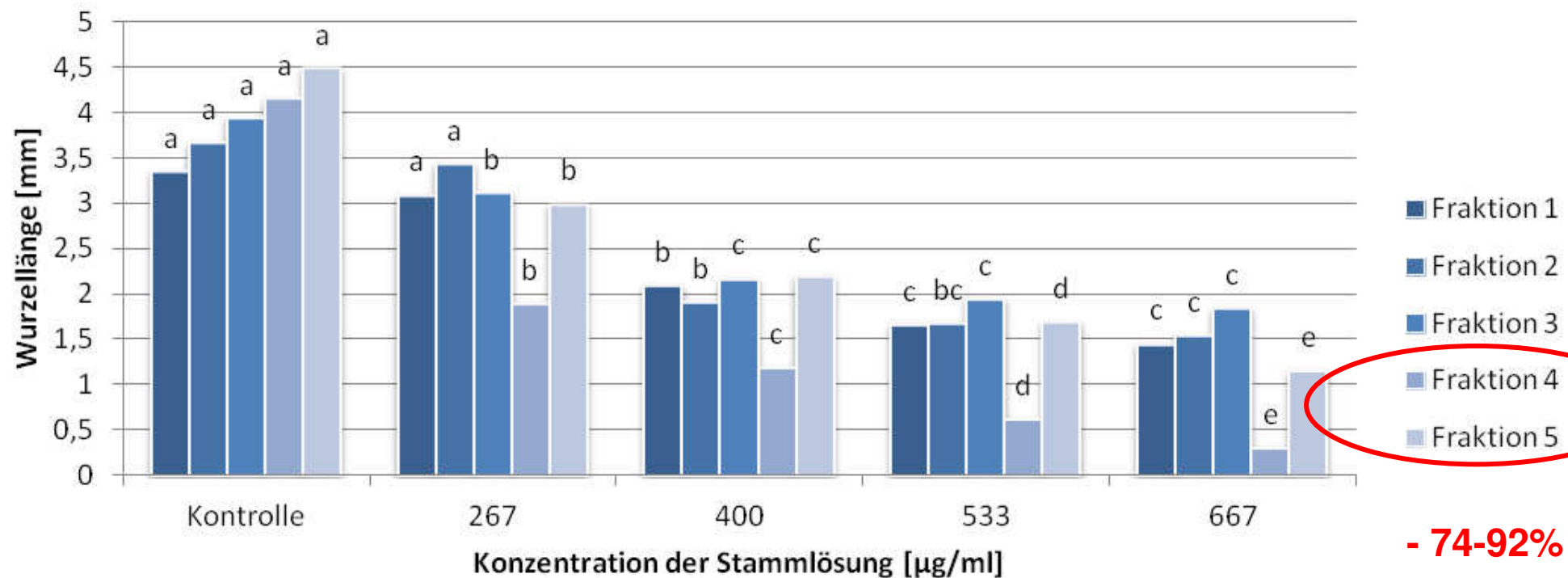


Abb. 9: Wirkung der Fraktionen von *R. sativus* var. *oleiformis* auf die durchschnittliche Wurzellänge von Tabak im Keimtest nach 14 Tagen im Klimaschrank. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

4 Diskussion

- Alle Extrakte konnten die durchschnittliche Wurzellänge aller Versuchspflanzen signifikant verringern

- Einige Fraktionen hatten herausragende Wirkung:
 - Fraktion **3** von Hanf (- 59%)
 - Fraktion **2** und **3** von Rotschwingel (- 93-98%)
 - Fraktionen **2, 4, 5** und **6** von Ramtillkraut (+ 20-46%; - 90%)
 - Fraktion **4** und **5** von Ölrettich (- 74-92%)

- Mögliche allelopath. Inhaltsstoffe der Zwischenfrüchte sind nur wenige bekannt
 - Sandhafer: Avenol
 - Rotschwingel: drei **Alkaloide** (N-Formyl-Lolin, N-Acetal-Lolin, Ergovalin) und **m-Tyrosin**
(Aronson und Wermus, 1965; Bertin *et al.*, 2007; Bostan *et al.*, 2013)
 - Ölrettich: **Isothiocyanate**
(Al-Khatib, 1997; Al-Turki und Dick, 2003; Bialy *et al.*, 1990; Chew, 1988; Lawley *et al.*, 2011; Peterson *et al.*, 2001)

Identifizierung der wirksamen Substanzen

- Auftrennung zusammengefasster Peaks und Messung an der LC-MS



Untersuchung zur herbiziden Wirkung verschiedener Mulchextrakte in *Zea mays* L.

Institut für Phytomedizin, Fg. Herbologie
Linnéa Creydt, Roland Gerhards
2014





- Kann trotz abiotischer und biotischer Störfaktoren im Freiland ein herbizider Effekt durch alle untersuchten Mulch-Extrakte auf den Pflanzenbestand beobachtet werden?
- Unterscheiden sich die Ergebnisse zur Wirkungsintensität in Abhängigkeit der Zwischenfrucht-Arten und gegenüber den verschiedenen Unkrautspezies?
- Spielt der Applikationszeitpunkt eine Rolle bei der herbiziden Wirkung der verschiedenen Mulch-Extrakte?
- Inwiefern beeinflusst die Applikation der Mulch-Extrakte, neben der Unkrautpopulation, den Ertrag von Mais?



➤ Versuchspflanzen

Hanf, Sandhafer, DSV-Mischung (TerraLife AquaPro)

Kulturpflanze: Mais

➤ Extraktherstellung

➤ Applikation der Extrakte auf dem Feld

4 Applikationstermine (BBCH 0, 5, 11-12, 13-15 von Mais)

Vergleich der Applikationstermine mit Handbereinigung und konventioneller Herbizidbehandlung

➤ Auswertung

2 Termine zur Unkrautbonitur (Unkräuter/m² und Leitunkräuter/m²)

TM-Ertrag der Kulturpflanze

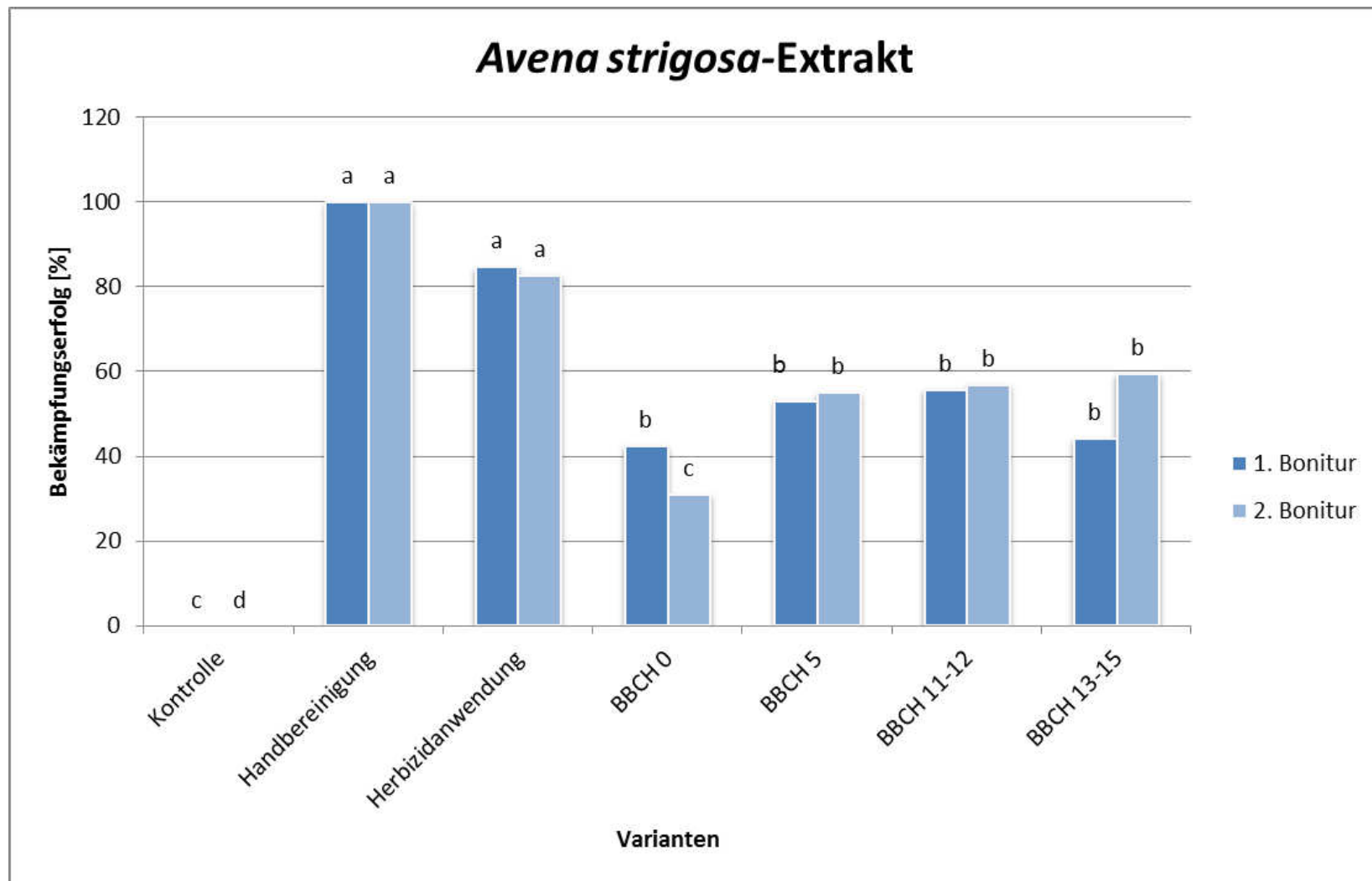


Abb. 1: Mittelwerte des prozentualen Bekämpfungserfolgs aller Unkräuter, an zwei Boniturterminen und in unterschiedlichen Entwicklungsstadien von Mais, durch die Applikation von wässrigem *Avena strigosa*-Extrakt in Mais. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

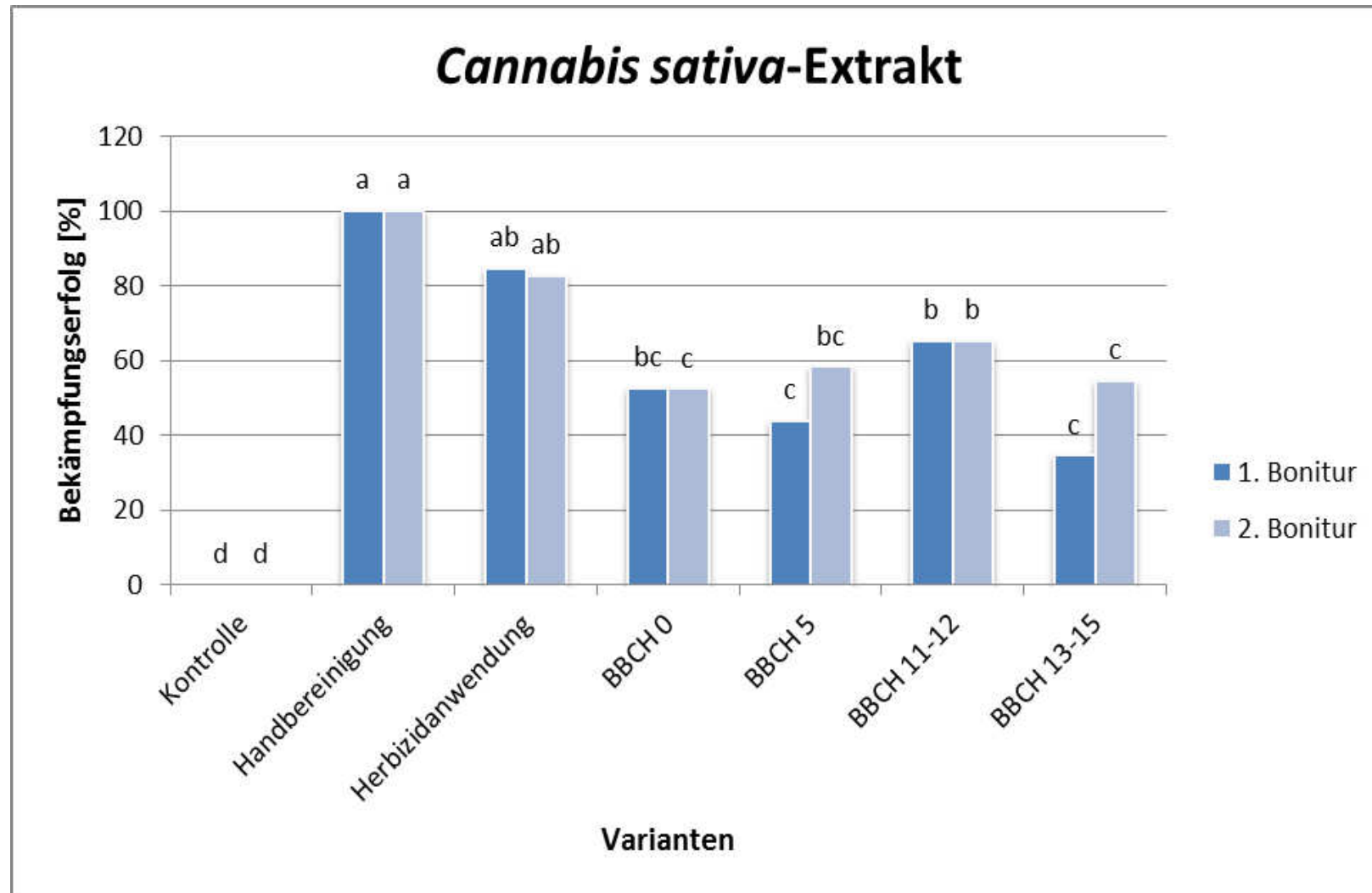


Abb. 2: Mittelwerte des prozentualen Bekämpfungserfolgs aller Unkräuter, an zwei Boniturterminen und in unterschiedlichen Entwicklungsstadien von Mais, durch die Applikation von wässrigem *Cannabis sativa*-Extrakt in Mais.

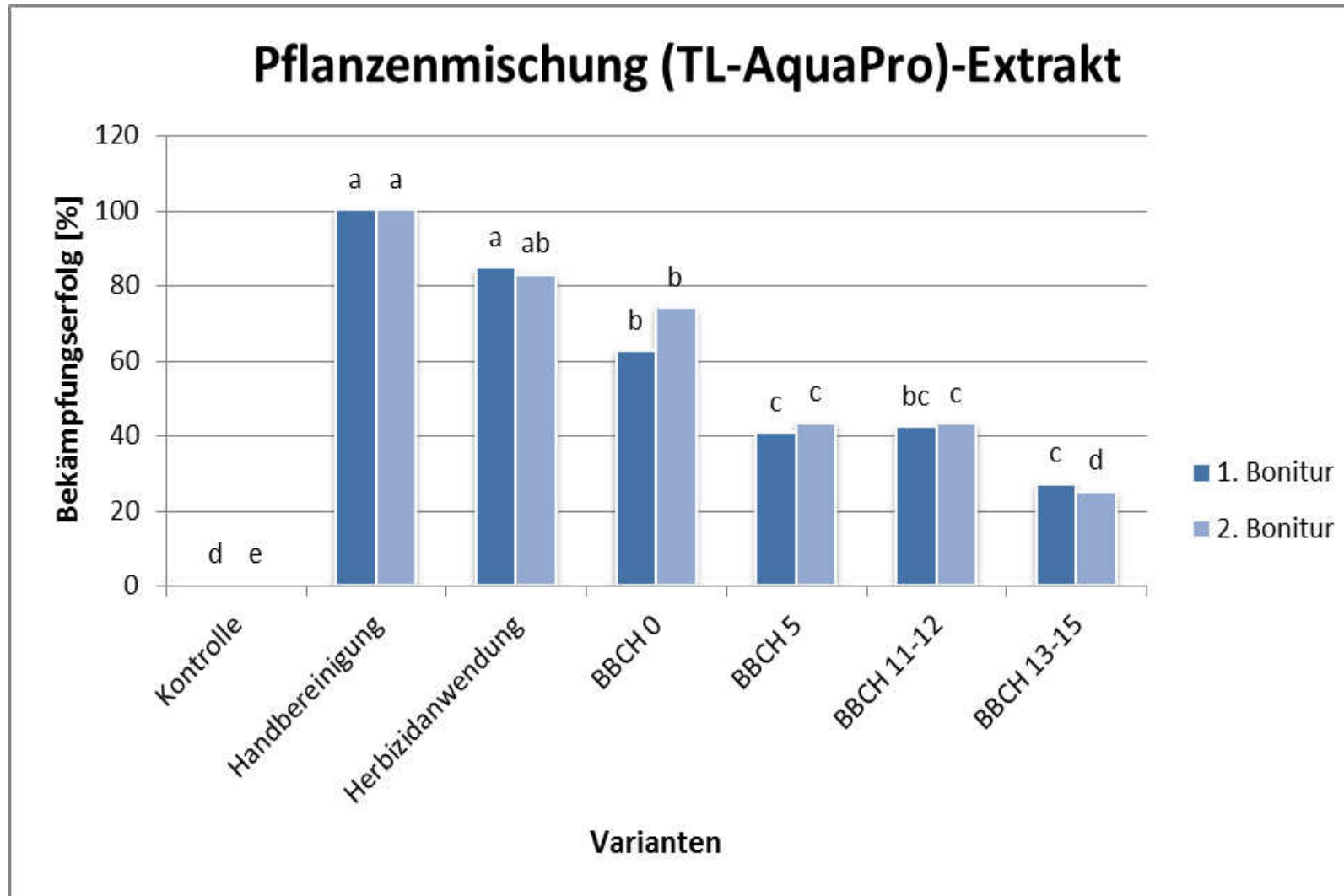
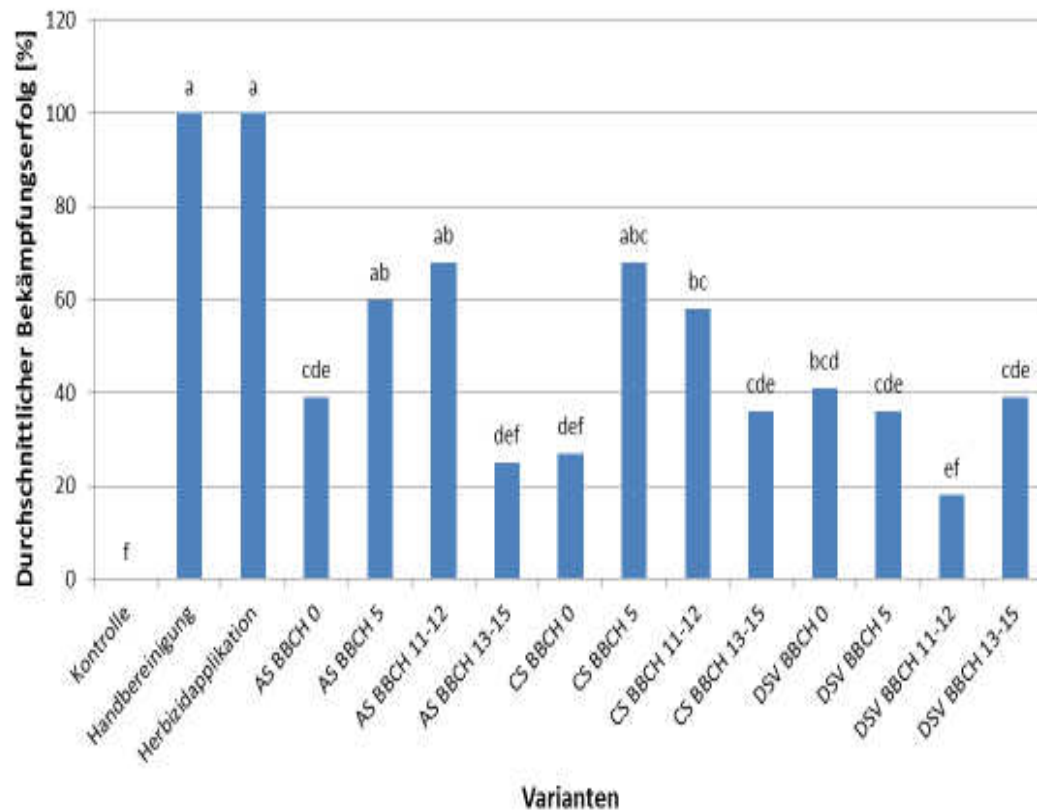


Abb. 3: Mittelwerte des prozentualen Bekämpfungserfolgs aller Unkräuter, an zwei Boniturterminen und in unterschiedlichen Entwicklungsstadien von Mais, durch die Applikation von wässrigem Pflanzenmischung (TL-AquaPro)-Extrakt in Mais. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

Bekämpfungserfolg von LAMPU [%]



Bekämpfungserfolg von POLCO [%]

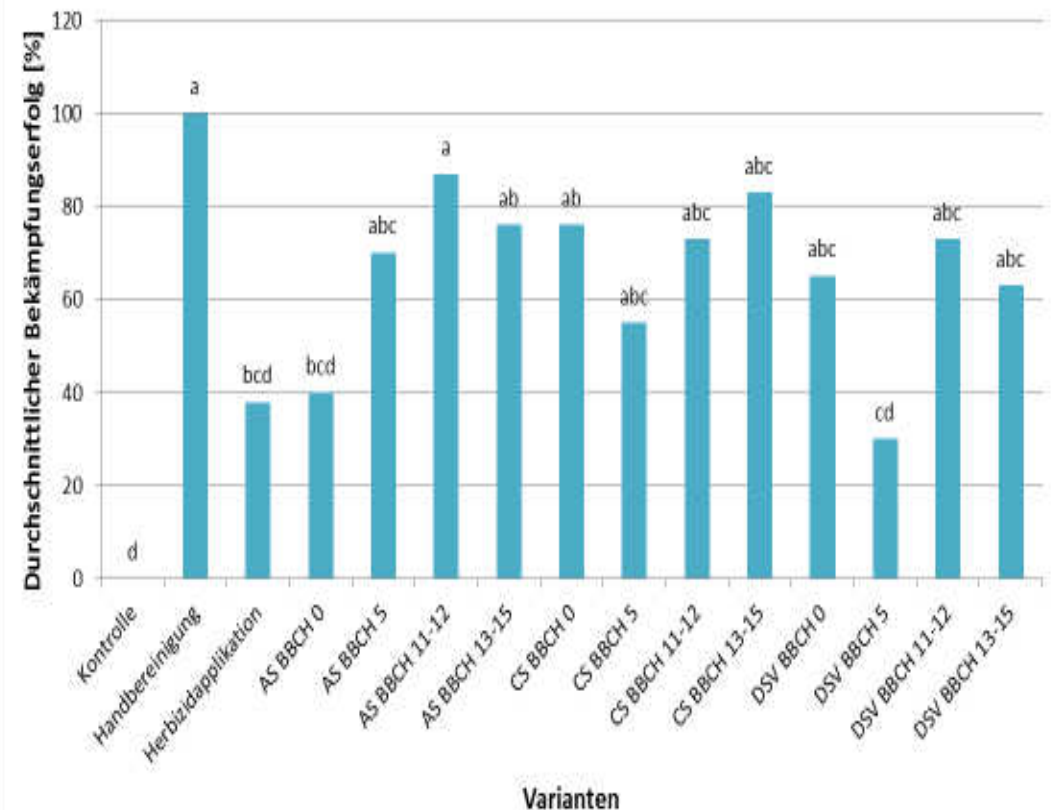
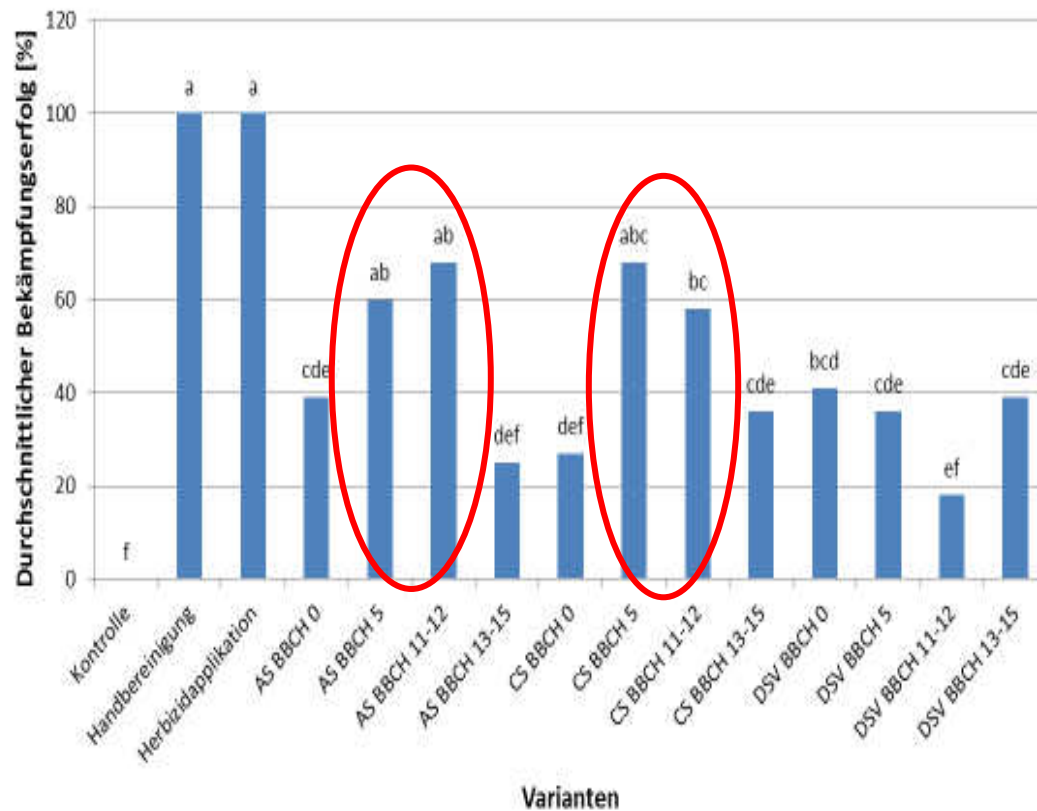


Abb. 4: Bekämpfungserfolg [%] der Leitunkräuter *Lamium purpureum* und *Polygonum convulvulus* am 2. Boniturtermin. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

Bekämpfungserfolg von LAMPU [%]



Bekämpfungserfolg von POLCO [%]

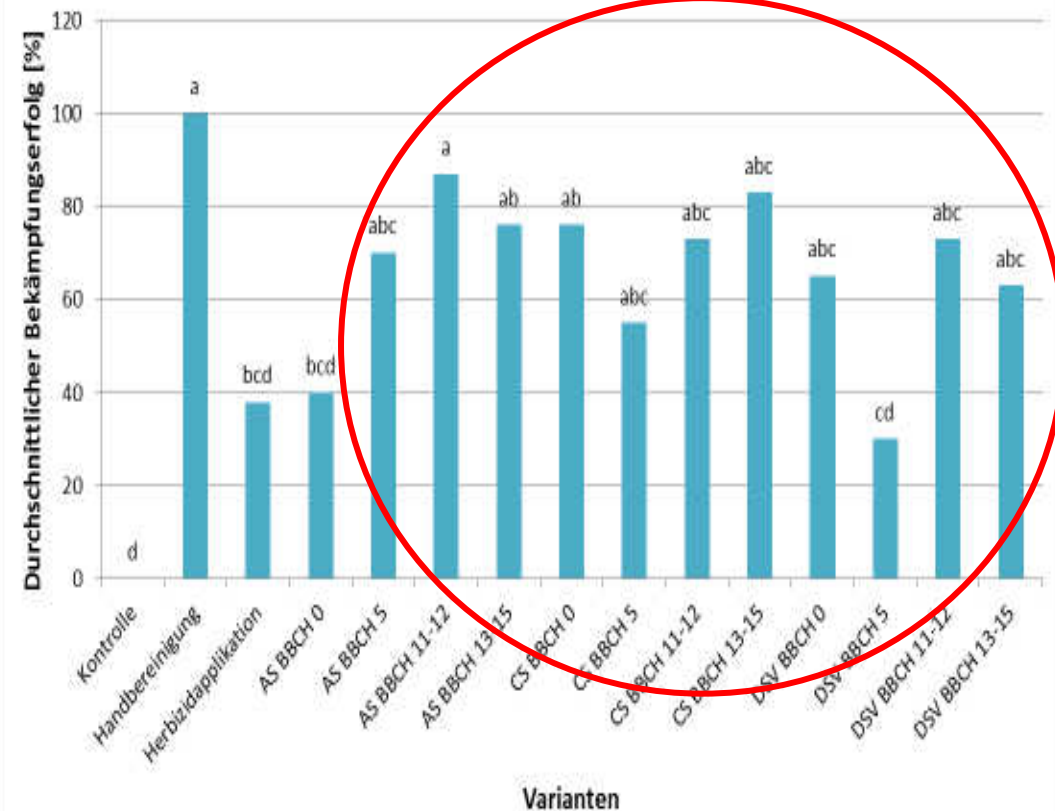


Abb. 4: Bekämpfungserfolg [%] der Leitunkräuter *Lamium purpureum* und *Polygonum convulvulus* am 2. Boniturtermin. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).

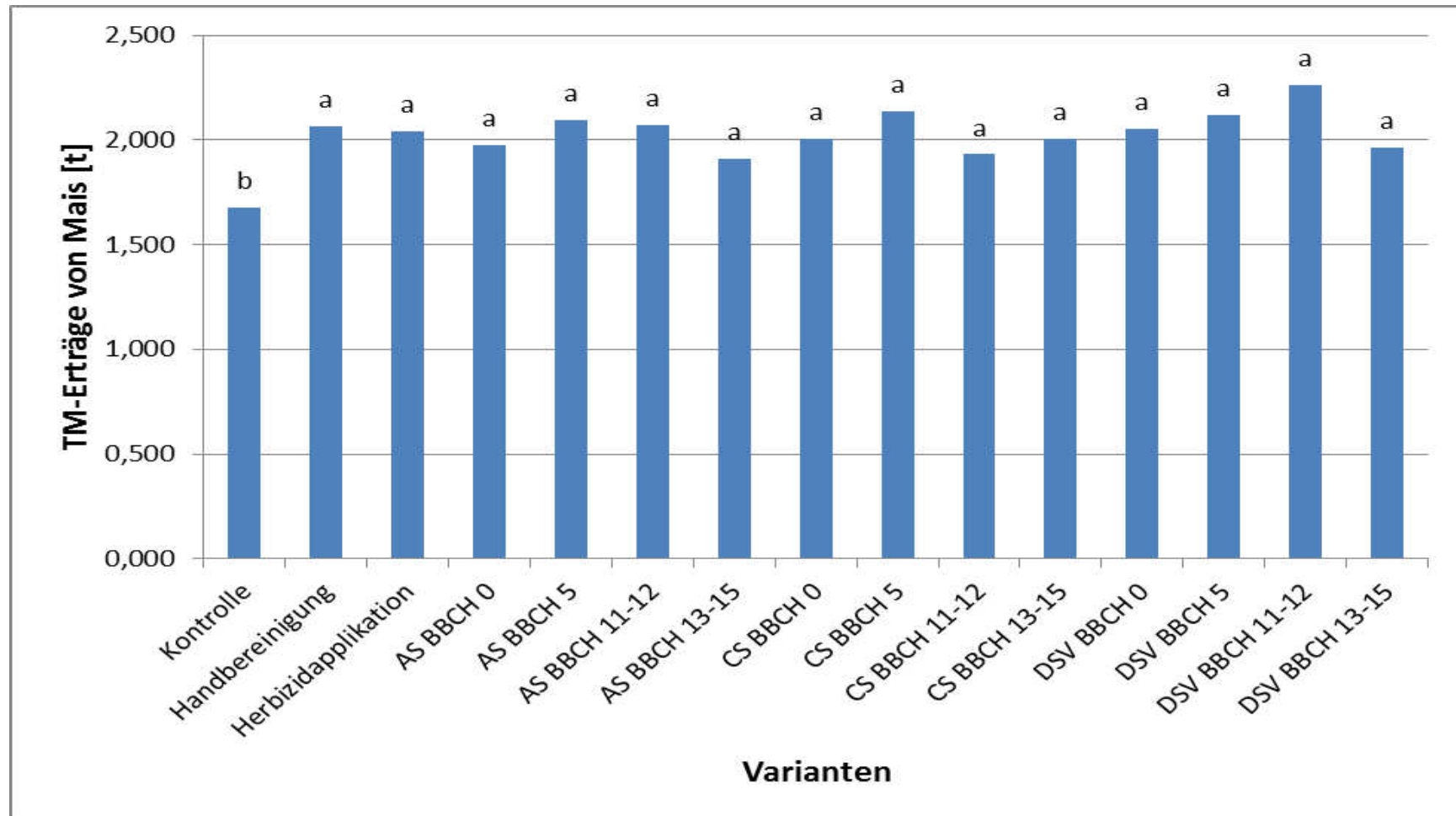


Abb. 5: Ertragsdaten von Mais, dargestellt als Mittelwerte der unterschiedlichen Versuchsvarianten. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$).



➤ **Herbizide Wirkung auf Unkräuter**

Wirkungsintensität variiert innerhalb der Pflanzenspezies auf dem Feld und innerhalb der Extrakte
Extrakte aus Hanf und TL-AquaPro → vergleichbare Effekte mit Herbizidvariante
Guter Bekämpfungserfolg von POLCO

➤ **Wirkung auf Kulturpflanze**

TM von Mais auf Niveau der Herbizid- und Handbereinigungs-Variante

➤ **Applikation zu verschiedenen Applikationsterminen**

TL-AquaPro-Extrakt zeigte deutlichste Wirkung im Voraufbau

Sandhafer- und Hanf-Extrakt zeigten die beste Wirkung im frühen Nachaufbau (BBCH 5-12 von Mais)

➤ **Ausblick**

Effekte von Umwelteinflüssen auf Wirkung der Extrakte

Untersuchungen zu metabolischen Prozessen (Auf-, Ab- und Umbau von Substanzen im Boden)

Versuche 2015

zur allelopathischen Wirkung von Extrakten und Fraktionen

- Applikation von Pflanzen-Extrakten auf verschiedene Kulturpflanzen und Unkräuter
- Applikation von fraktionierten Substanzen auf verschiedene Kulturpflanzen und
Unkräuter
- Wirkung von Extrakt-Herbizid-Mischungen
- Fraktionierung weiterer Pflanzen mit potentiell allelopathischem Potential
- Untersuchung der fraktionierten Substanzen auf Wirkmechanismen
→ Substanzaufklärung?



Nachwirkungen von Getreideherbiziden auf das Auflaufen und Wachstum von Zwischenfruchtmischungen

Institut für Phytomedizin, Fg. Herbologie
Prof. Dr. Roland Gerhards
2014



Hintergrund

Die Persistenz von Herbiziden im Boden und deren Wirkung auf Nachbaukulturen wurde intensiv von Führ (1984) und Bulcke (2002, 2003 und 2004) untersucht.

Insbesondere Herbizide aus der Gruppe der Aceto-Lactat-Synthase Hemmer (Klasse B) zeigten noch mehrere Monate nach der Applikation starke Wuchshemmungen bei Lein, Kleearten, Spinat und Zuckerrüben.

Fragestellung

Haben Herbizide, die im Herbst und Frühjahr in Wintergetreide eingesetzt werden, Nachwirkungen auf das Auflaufen und Wachstum von Zwischenfruchtmischungen (nach der Getreideernte)?

Methodik

Pflanztöpfe mit 10 l sandiger Lehmerde wurden im Herbst (17.12.2013) und Frühjahr (13.03.2014) mit Herbiziden behandelt:

5 Varianten:

- unbehandelte Kontrolle
- 200 g/ha Broadway (Pyroxsulam, Forasulam, Cloquintocet)
- 1 l/ha Allister (Diflufenican, Mesosulfuron, Iodosulfuron, Mefenpyr)
- 0,6 l/ha Herold + 20 g/ha Lexus (Flufenacet, Diflufenican, Flupyr-sulfuron, Carfentrazone)
- 3 l/ha Arelon + 2 l/ha Stomp (Isoproturon, Pendimethalin)

Methodik

- jeweils 6, 14 und 20 Wochen nach der Herbizidapplikation wurden Zwischenfruchtmischungen der DSV in die Töpfe eingesät:
- **Terra Life Aqua Pro**
50 kg/ha (Buchweizen, Öllein, Phacelia, Ramtillkraut, Rauhafer, Saflor, Sonnenblume)
- **Terra Life Mais Pro TR**
25 kg/ha (Perserklee, Rettich, Saflor, Buchweizen, Schwedenklee, Winterroggen, Felderbsen, Inkarnatkle, Öllein, Phacelia, Sonnenblumen, Leindotter, Wicken)
- gemessen wurden die **Ertragsanteile der Zwischenfrüchte**, die **Gesamtbiomasse** und der **Gesamtdeckungsgrad** jeweils 6 Wochen nach der Aussaat)

Ergebnisse



Terra Life Aqua Pro, 6 WNA;

- links: Herold + Lexus,
- Mitte: Kontrolle,
- rechts: Arelon + Stomp



Terra Life Mais Pro, 6 WNA;

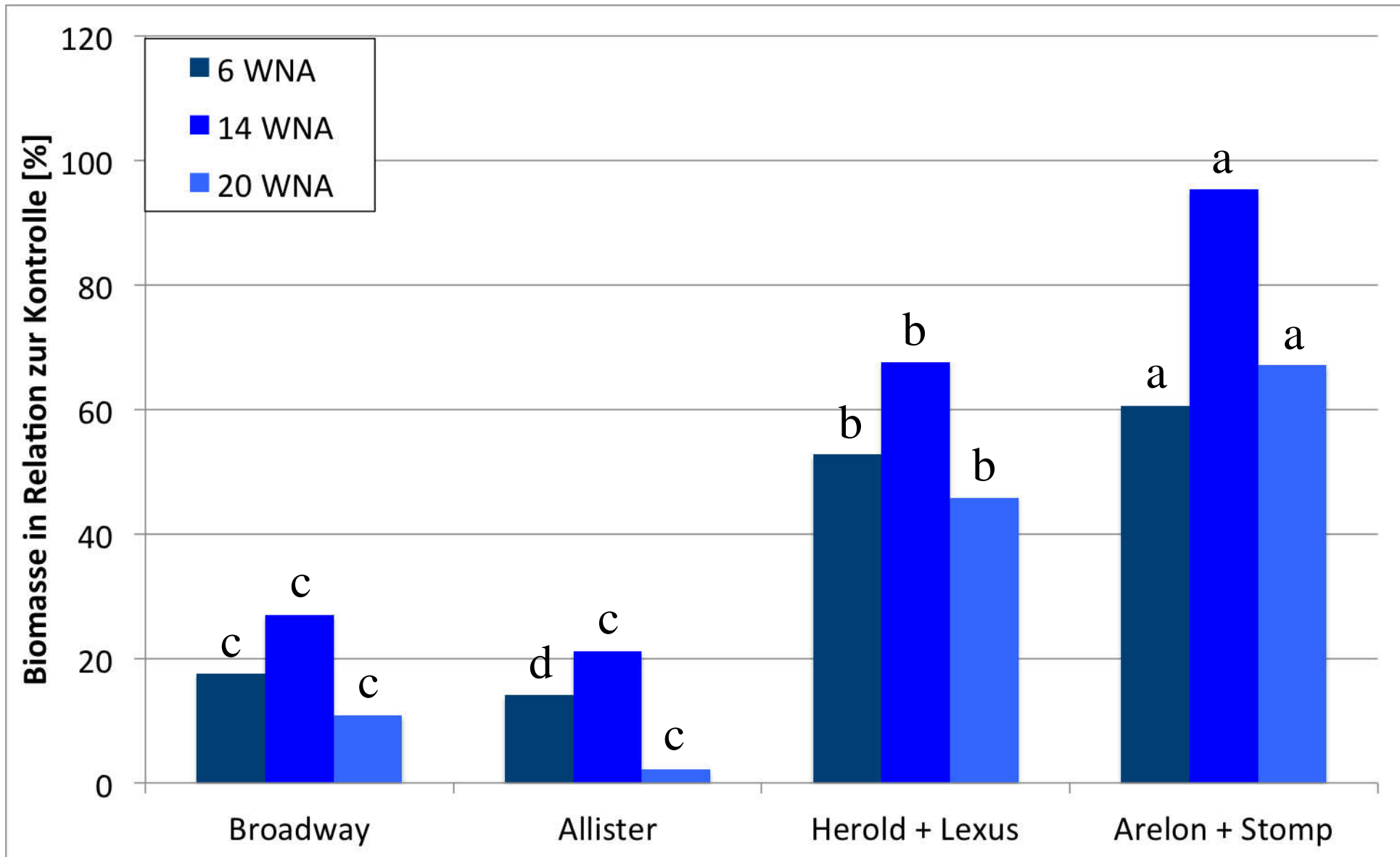
- links: Herold + Lexus
- Mitte: Kontrolle,
- rechts: Arelon + Stomp

Tabelle 1: Einfluss der Herbizidbehandlung auf die Entwicklung von Zwischenfruchtgemengen; Aussaat von 50 kg/ha Aqua Pro und 25 kg/ha Mais Pro in Pflanztöpfe mit 20 l sandigem Lehm; Herbizidapplikation mit Parzellenspritze bei 200 l/ha Wasser, Messung des **Gesamtdeckungsgrades** 6, 14 und 20 Wochen nach der Applikation

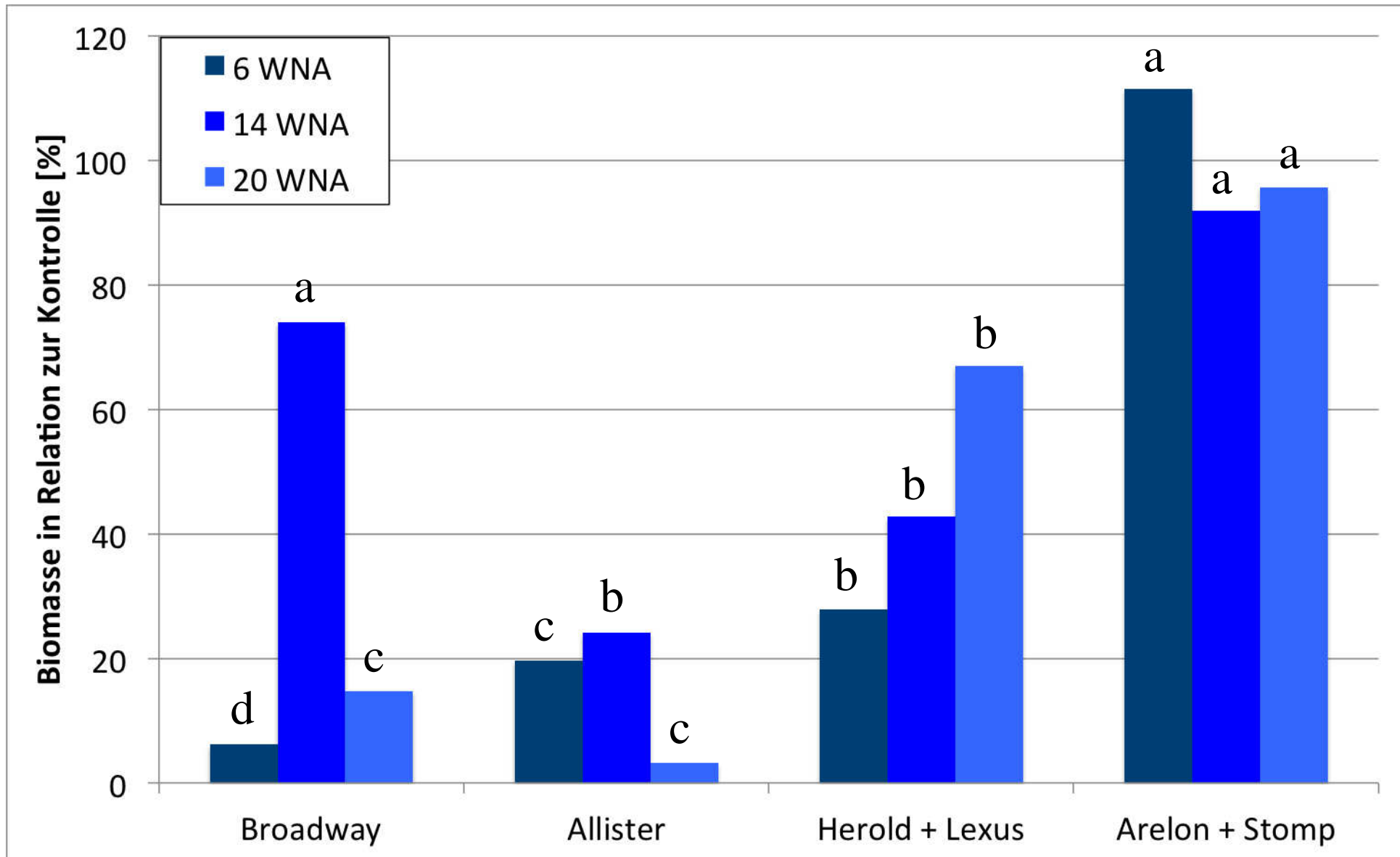
% Deckungsgrad	Aqua Pro			Mais Pro		
Herbizid	6 WNA	14 WNA	20 WNA	6 WNA	14 WNA	20 WNA
Kontrolle	80	90	60	90	90	90
200 g/ha Broadway	20	8	8	40	6	7
1 l/ha Allister	30	6	7	50	8	9
0,6 l/ha Herold + 20 g/ha Lexus	10	50	30	40	80	20
3 l/ha Arelon + 2 l/ha Stomp	30	50	40	40	90	30

Tabelle 2: Wirkung von Getreideherbiziden auf das Wachstum von Zwischenfrüchten in Gemengen; DSV Gemenge „Aqua Pro“ und „Mais Pro“; die Aussaat der Zwischenfrüchte erfolgt 6, 14 und 20 Wochen nach der Herbizidapplikation (WNA) in Mitscherlichtöpfe gefüllt mit 20 l sandigem Lehm, Bewässerung von oben; rot= mehr als 70 % Ausfall/Schädigung gegenüber der Kontrolle; gelb = 20-70 % Ausfall/Schädigung; blau = weniger als 20 % Ausfall/Schädigung

Art	200 g/ha Broadway			1 l/ha Allister			0,6 l/ha Herold + 20 g/ha Lexus			3 l/ha Arelon + 2 l/ha Stomp		
	6 WNA	14 WNA	20 WNA	6 WNA	14 WNA	20 WNA	6 WNA	14 WNA	20 WNA	6 WNA	14 WNA	20 WNA
Buchweizen	rot	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	rot	gelb	blau	rot	blau	blau
Öllein	rot	rot	rot	rot	gelb	gelb	rot	blau	blau	rot	blau	blau
Phacelia	rot	gelb	gelb	rot	gelb	gelb	blau	blau	blau	gelb	blau	blau
Ramtkraut	rot	gelb	gelb	rot	gelb	gelb	rot	rot	blau	rot	blau	blau
Rauhhafer	blau	blau	blau	blau	blau	blau	gelb	gelb	blau	rot	blau	blau
Saflor	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	blau	rot	blau	blau
Sonnenblume	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	gelb	blau	rot	blau	blau
Perserklee	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	blau	blau	rot	blau	blau
Rettich	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	blau	blau	rot	blau	blau
Felderbse	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	blau	blau	rot	blau	blau
Winterroggen	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	rot	blau	blau
Inkarnatklée	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	blau	blau	rot	blau	blau
Schwedenklée	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	blau	blau	rot	blau	blau
Leindotter	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	blau	blau	rot	blau	blau
Wicken	rot	rot	rot	gelb	gelb	gelb	rot	blau	blau	rot	blau	blau



Einfluss der Herbizidbehandlung auf die Entwicklung von Zwischenfruchtgemengen; Aussaat von 25 kg/ha MaisPro in Pflanztöpfe mit 20 l sandigem Lehm; Herbizidapplikation mit Parzellenspritze bei 200 l/ha Wasser, Aussaat der Zwischenfrüchte **6, 14 und 20 Wochen** nach der Applikation



Einfluss der Herbizidbehandlung auf die Entwicklung von Zwischenfruchtgemengen; Aussaat von 50 kg/ha AquaPro in Pflanztöpfe mit 20 l sandigem Lehm; Herbizidapplikation mit Parzellenspritze bei 200 l/ha Wasser, Aussaat der Zwischenfrüchte **6, 14 und 20 Wochen** nach der Applikation

Fazit

- Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass insbesondere die beiden Nachauflaufherbizide im Frühjahr noch 20 Wochen nach der Applikation eine starke Hemmung vieler Zwischenfruchtarten bewirkten.
- Die Gesamtbiomasse der Zwischenfrüchte wurde durch die Getreideherbizide signifikant vermindert.
- Rauhafer, Winterroggen und Phacelia wurden durch die Getreideherbizide wenig gehemmt und konnten den Ausfall vieler Zwischenfruchtarten im Gemenge durch höheren Deckungsgrad kompensieren.

Nachwirkungen von Getreideherbiziden auf das Auflaufen und Wachstum von Zwischenfruchtmischungen

Matthias Schumacher, Dominic Sturm, Roland Gerhards
Institut für Phytomedizin, Fg. Herbologie



Versuchsfragen

- Wie beeinflussen Herbizide im Wintergetreide-Anbau Entwicklung und Wachstum der folgenden Zwischenfruchtmischung?
- Welchen Einfluss hat die Herbizid-Wirkklasse und der Zwischenfrucht-Sätermin?

Versuchsaufbau

- Winterweizen als Hauptfrucht
- Applikation von 4 Herbizid-Varianten + Kontrolle (versch. Wirkklassen und Applikationszeitpunkte)

Variante	Herbizid/HRAC-Klasse	Applikationszeitpunkt
Var1	Kontrolle	-
Var2	Lexus (B)	Herbst
Var3	Arelon (C2) + Herold (F1, K3)	Herbst
Var4	Broadway (B)	Frühjahr
Var5	Axial Komplett (A, B)	Frühjahr

- Drei unterschiedliche Sätermine der Zwischenfrucht (1, 3 und 5 Wochen nach WW-Ernte)
- Gemessen werden Effekte auf das Auflaufen, Deckungsgrad und Artenspektrum von Zwischenfrucht und Unkräutern

Versuchsdesign: Spaltanlage

5 Herbizidvarianten

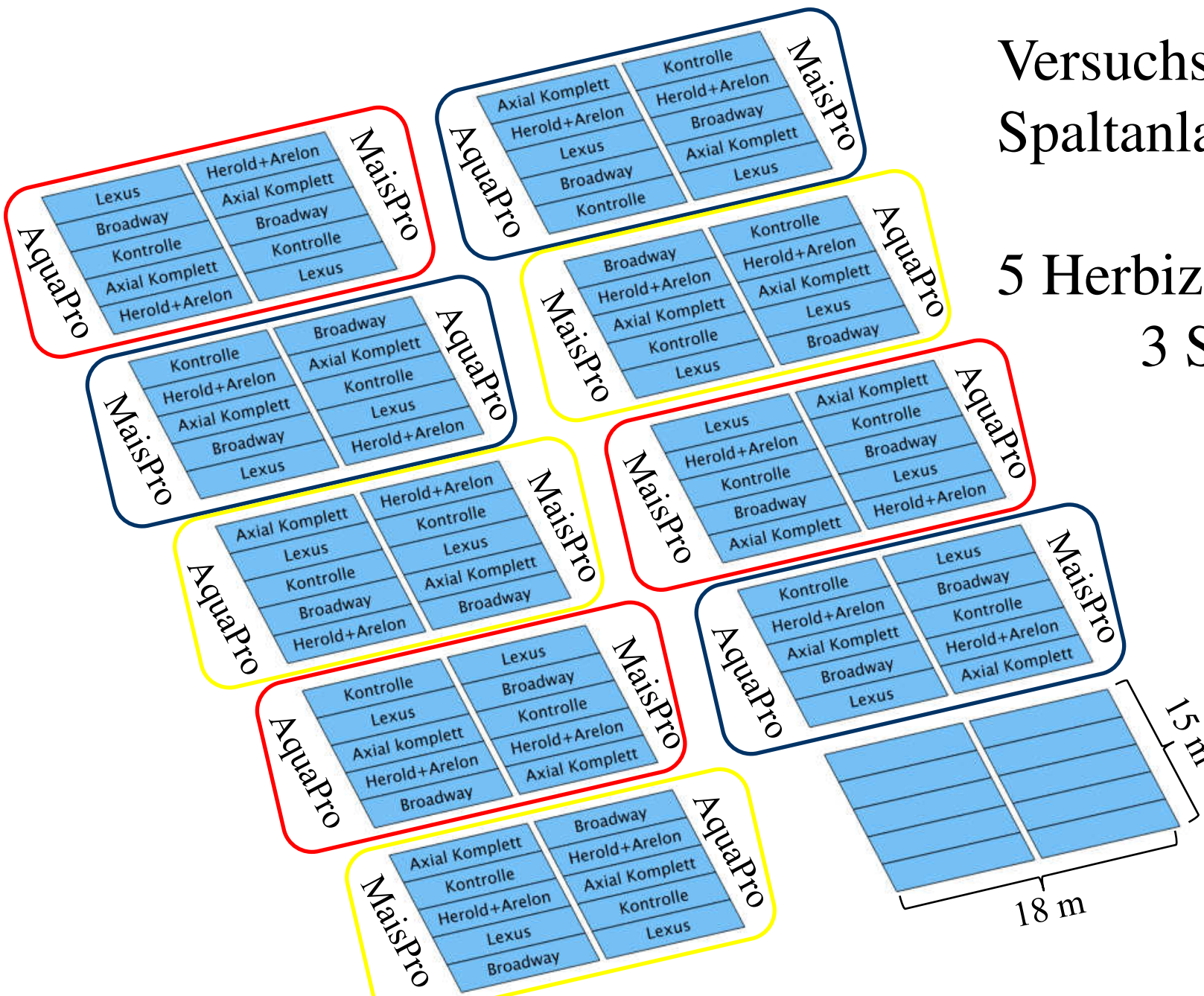
3 Saattermine

2 Mischungen

Blau = Saattermin 1
(1WNE)

Rot = Saattermin 2
(3WNE)

Gelb = Saattermin 3
(5WNE)



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!





- AL-KHATIB K., LIBBEY C. und BOYDSTON R.**, 1997. Weed suppression with Brassica green manure crops in green pea, *Weed Sci.* 45, pp. 439–445.
- AL-TURKI A.I. und DICK W.A.**, 2003. Myrosinase activity in soil. *Soil Sci. Soc. Am.J.*, 67, pp. 139–145.
- ARONSON J.N. und WERMUS G.R.**, 1965. Effects of m-tyrosine on growth and sporulation of *Bacillus* species. *J. Bacteriol.*, 99, pp. 38–46.
- BÁRDI, B.**, 2002. Allelopathic effect of hemp (*Cannabis sativa* L.) growing as a weed. *Hung. Weed Res. Technol.*, 3, pp. 21–32.
- BERTIN C., ROSSI, F. R. und WESTON, L. A.**, 2002. Further evaluation of potential allelopathic effects of fine fescue (*Festuca rubra* L.) accessions on turf weeds. *Proc. WSSA*, 56, p. 116.
- BERTIN C., PAUL R.N., DUKE S.O. und WESTON L.A.**, 2003. Laboratory assessment of the allelopathic effects of fine leaf fescues. *Journal of Chemical Ecology*, 29(8), pp. 1919–1937.
- BIALY Z., OLESZEK, W. LEWIS J. und FENWICK G.R.**, 1990. Allelopathic potential of glucosinolates (mustard soil glycosides) and their degradation products against wheat. *Plant Soil*, 129, pp. 277–281.
- BONANOMI G., SICUREZZA M.G., CAPORASA S., EPOSITO A. und MAZZOLENI S.**, 2006. Phytotoxicity dynamics of decaying plant materials. *New Photo*, 169, pp. 571–578.
- BOSTAN C., BUTNARIU M., BUTU M., ORTAN A., BUTU A., RODINO S. und PARVU C.**, 2013. Allelopathic effect of *Festuca rubra* on perennial grasses. *Romanian Biotechnological Letters*, 18(2), pp. 8190–8196.
- CHEW F.S.**, 1988. Biological effects of glucosinolates. *ACS Symp. Ser.*, 380, pp. 155–181.
- DIDON U.M.E., KOLSETH A.K., WIDMARK D. und PERSSON P.**, 2014. Cover Crop Residues – Effects on Germination and Early Growth of Annual Weeds, *Weed Science*, 62(2), pp. 294–302.
- FAROOQ M., JABRAN K., CHEEMA Z.A., WAHID A. und SIDDIQUE .H.M.**, 2011. The role of Allelopathy in agricultural pest management. *Pest Manag Sci*, 67, pp. 493–506.
- FAROOQ M., BAJWA A.A., CHEEMA S.A. und CHEEMA Z.A.**, 2013. Application of allelopathy in crop production. *Int. J. Agric. Biol.*, 15, pp. 1367–1378.



INDERJIT und WESTON L.A., 2000. Are laboratory bioassays for allelopathy suitable for prediction of field response?, *Journal of Chemical Ecology*, 26(9), pp. 2111-2118.

LAWLEY Y., WEIL R. und TEASDALE J.R., 2011. Forage radish winter cover crop suppress winter annual weeds in fall and prior to corn planting. *Agron. J.*, 103, pp. 137–144.

RADOSEVICH S.R., HOLT J. und GHERSA C., 1997. *Weed Ecology-Implications for Management-Second Edition*. ISBN 0-471-11606-8.

REIGOSA M.J., PEDROL N. und GONZÁLEZ L., 2006. *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Springer. P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, Niederlande. ISBN 1-4020-4279-5.

PETERSEN, J., BELZ R., WALKER F. und HURLE K., 2001. Weed suppression by release of isothiocyanates from turnip-rapeseed mulch. *Agron. J.*, 93, pp. 37–43.

PUDELKO K., MAJCHRZAK L. und NAROZNA D., 2014. Allelopathic effect of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on monocot and dicot plant species. *Industrial Crops and Products*, 56, pp. 191-199.