

Daniel Molitor^{1,2}, Dagmar Heibertshausen^{1,4}, Ottmar Baus¹, Bernd Loskill³, Michael Maixner³, Beate Berkelmann-Löhnertz¹

Einsatz eines *Sapindus mukorossi*-Extraktes zur Regulierung von pilzlichen Pathogenen an Weinreben – eine Alternative für den ökologischen Rebschutz?

Use of a *Sapindus mukorossi*-extract to regulate fungal pathogens on vines – an alternative strategy for organic grape protection?

444

Zusammenfassung

Ein wässriger Extrakt von Schalen der Indischen Waschnuss (*Sapindus mukorossi*) hat in Gewächshausversuchen an Blättern von *Vitis vinifera* (L.) eine gute Wirksamkeit gegenüber *Guignardia bidwellii* (Erreger der Schwarzfäule an Weinreben) und *Plasmopara viticola* (Erreger des Falschen Rebmehltaus) gezeigt. Diese Wirkung bestätigte sich bezüglich *G. bidwellii* grundsätzlich auch an Beeren im Freiland. Im Falle zeitnah vor der Inokulation durchgeführter Applikationen wurden hohe Wirkungsgrade im Bereich der beiden Vergleichswirkstoffe aus dem ökologischen Weinbau (Netzschwefel) bzw. integrierten Rebschutz (Metiram) erzielt (75 bis 90%). Die Wirkungsdauer ist jedoch begrenzt. Im Freilandversuch mit siebentägigem Applikationsintervall betrug der Wirkungsgrad des Waschnuss-Extraktes rund 50%.

Entgegen den Ergebnissen aus dem Gewächshaus konnte ein Wirkungspotential gegenüber dem Falschen Rebmehltau im Freilandversuch – zumindest bei geringem Befallsdruck (Versuchsjahr 2008) – nicht nachgewiesen werden.

Stichwörter: *Sapindus mukorossi*, *Guignardia bidwellii*, *Plasmopara viticola*, *Vitis vinifera*, ökologischer Weinbau, alternative Bekämpfung

Abstract

In greenhouse experiments on leaves of *Vitis vinifera* (L.) a water-extract of shells of the Chinese Soapberry (*Sapindus mukorossi*) indicated an excellent efficacy against *Guignardia bidwellii* (causal agent of black rot) and *Plasmopara viticola* (causal agent of downy mildew). Regarding *G. bidwellii*, this effect was principally confirmed on clusters in the field. Here, when application takes place immediately prior to inoculation the observed efficiency (75 to 90%) was comparable to standard products applied in organic viticulture (Thiovit Jet[®], a.i. sulphur) or integrated grape production (Polyram[®] WG, a.i. metiram). However, the duration of activity in the vineyard seems to be limited. In a field trial with a seven day application interval the efficacy of the water-extract of *Sapindus mukorossi* reached around 50%.

The control of *Plasmopara viticola* in the field was even more difficult. Contrary to the results in the greenhouse, the potential of a water-extract of *Sapindus mukorossi* to control *Plasmopara viticola* was – at least in the growing period 2008 with prevailing low disease pressure – not evident.

Key words: *Sapindus mukorossi*, *Guignardia bidwellii*, *Plasmopara viticola*, *Vitis vinifera*, organic viticulture, alternative control

Institut

Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Phytomedizin, Geisenheim¹

Centre de Recherche Public, Department Environment and Agro-Biotechnologies (EVA), Belvaux, Luxembourg²

Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Bernkastel-Kues³

Leibniz Universität Hannover, Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Hannover⁴ und

ZEPP (Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz), Bad Kreuznach

Kontaktanschrift

Dr. Daniel Molitor, Centre de Recherche Public, Department Environment and Agro-Biotechnologies (EVA), 41, rue du Brill, L-4422 Belvaux, Luxembourg, E-Mail: dmolitor@lippmann.lu

Zur Veröffentlichung angenommen

Mai 2010

Einleitung

Im ökologischen Weinbau stellen kupferhaltige Pflanzenschutzmittel – neben Kulturmaßnahmen – die Grundpfeiler der Pflanzenschutzstrategien zur Regulierung der beiden wichtigen Rebkrankheiten Falscher Mehltau (Erreger: *Plasmopara viticola*) und Schwarzfäule (Erreger: *Guignardia bidwellii*) dar. Kupfer-Ionen sind jedoch im Boden persistent und können sich somit anreichern. Sie wirken auf eine Vielzahl von Lebewesen toxisch, wie z.B. auf Vögel, Säuger, aquatische Organismen sowie Regenwürmer (SCHWARZBACH, 2008). Aufgrund dieser ökotoxikologischen Probleme bestehen national und auf europäischer Ebene politische Bestrebungen, den Einsatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel zu reduzieren bzw. mittelfristig völlig darauf zu verzichten (BERKELMANN-LÖHNERTZ et al., 2008). Der Praxis stehen zurzeit keine Alternativen zur Regulierung der beiden bedeutsamen, oben genannten Krankheiten zur Verfügung, die auch bei hohem Befallsdruck Ertragssicherheit gewährleisten können. Ein Verbot von „Kupfer“ als Pflanzenschutzmittel zum gegenwärtigen Zeitpunkt hätte in Befallsgebieten enorme Ertragsverluste und damit eine massive Bedrohung der Existenz ökologisch wirtschaftender Betriebe zur Folge.

Aus diesem Grunde wurden verschiedene pflanzliche Substanzen auf ihre Eignung zur Regulierung von *P. viticola* und *G. bidwellii* in einem Screening an Topfreben im Gewächshaus getestet. Dabei wurden sehr gute Bekämpfungserfolge in Bezug auf beide Pathogene beim Einsatz saponinhaltiger Pflanzenextrakte erzielt. Saponine sind seifenartige (lat. *sapo* = Seife) sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die eine wichtige Rolle bei der präinfektiösen Pathogenabwehr spielen (HALLMANN et al., 2007). Die beste Wirksamkeit der geprüften saponinhalten Substanzen gegen beide Pathogene zeigten die gemahlene Schalen der Indischen Waschnuss. Die Schalen der Früchte (Waschnüsse) des in den tropischen und subtropischen Regionen Asiens beheimateten Waschnussbaums (*Sapindus mukorossi*) werden dort traditionell als natürliches Waschmittel verwendet (Abb. 1).

Um zu klären, ob die Indische Waschnuss – nach den positiven Ergebnissen im Gewächshaus – auch unter Freilandbedingungen bestehen kann, wurden im Jahr 2008 drei Versuche durchgeführt.

Material und Methoden

Inokulationsversuche zur Dauerwirkung gegenüber *G. bidwellii* an Beeren

Die Inokulationsversuche zur Dauerwirkung gegenüber *G. bidwellii* an Beeren wurden am Standort Geisenheim (Rheingau) mit der Sorte Riesling durchgeführt. Als Prüfsubstanzen dienten neben den gemahlene Schalen der Indischen Waschnuss („Waschnuss-Pulver“) das Netzschwefelpräparat Thiovit® Jet sowie Polyram® WG als Pflanzenschutzmittel aus dem integrierten Weinbau. Die Applikation der Prüfsubstanzen erfolgte einen Tag bzw.



Abb. 1. Schalen der Indischen Waschnuss (*Sapindus mukorossi*); Foto: MOLITOR.

acht, 15 und 22 Tage vor der Inokulation. Die Gescheine (Infloreszenzen) bzw. Trauben wurden mittels eines Applikationsgerätes für den Kleingartenbereich (Fa. Spiess-Urania Chemicals, Hamburg; 1 Liter Fassungsvermögen) bis zur vollständigen Benetzung mit den Prüfsubstanzen behandelt. Die Anwendungskonzentrationen betragen 0,5% (Waschnuss-Pulver), 0,3% (Thiovit® Jet; Wirksubstanz: Netzschwefel) bzw. 0,2% (Polyram® WG; Wirksubstanz: Metiram). Im Versuchsglied „unbehandelte Kontrolle“ wurden die Gescheine/Trauben nicht behandelt, jedoch mit dem Pathogen inokuliert. Pro Versuchsglied wurden an jeweils drei Rebstöcken fünf Gescheine bzw. Trauben behandelt. Die Inokulation der Reborgane erfolgte ebenfalls mittels Sprühflasche mit jeweils ca. 5 ml einer Konidien suspension (Konidien dichte: 10^4 Konidien pro ml). Anschließend wurden die Gescheine bzw. Trauben für 16 Stunden in angefeuchtete Druckverschluss-Beutel aus Polyethylen eingetütet, um optimale Infektionsbedingungen zu erhalten. Dieser Versuch wurde in zwei Serien (zwei bzw. vier Wochen nach der abgehenden Blüte (BBCH 68)) durchgeführt. Die Applikation 22 Tage vor Inokulation fand somit in der Serie 1 (zwei Wochen nach BBCH 68) vor Beginn der Rebblüte statt. Als Versuchsdesign wurde eine randomisierte Blockanlage gewählt. Die Bonitur des Befalls erfolgte nach vollständiger Symptomausprägung ca. drei bis vier Wochen nach Inokulation. Eine Differenzierung des Befalls in Prozent befallener Beeren pro Traube erfolgte in Befallsklassen gemäß der EPPO-Richtlinie, PP1/31(3) „Guideline for the efficacy evaluation of fungicides“ für *P. viticola*.

Freilandversuch zur Wirksamkeit gegenüber *G. bidwellii*

Die Wirksamkeit gegenüber *G. bidwellii* bei durchgehender Anwendung unter Freilandbedingungen wurde in einem Versuch am Standort Wolf (Mosel) an der Rebsorte Müller-Thurgau untersucht. Bei der Versuchsfläche handelt es sich um eine Anlage mit sehr starkem Befalls-

druck, so dass hier auf eine künstliche Inokulation verzichtet wurde. Als Vergleichsmittel dienten in diesem Versuch Thiovit® Jet, Polyram® WG sowie die Kombination aus Thiovit® Jet und Cuprozin® flüssig. Zusätzlich wurde die Wirksamkeit der Kombination Waschnuss-Pulver und Thiovit® Jet getestet. Die Applikation der Prüfmittel erfolgte mit einem pneumatischen Tunnelapplikationsgerät für Raumkulturen (Fa. Schachtner, Ludwigsburg). Insgesamt wurden zwölf Applikationen im Zeitraum zwischen dem 15.05.2008 (BBCH 13-15) und dem 05.08.2008 (BBCH 79) durchgeführt. Die Applikationsintervalle betragen ca. sieben Tage. Die Aufwandmengen pro Hektar lagen bei 2 bis 8 kg (Waschnuss-Pulver), 3,6 bis 4,8 kg (Thiovit® Jet) bzw. konstant 0,33 l (Cuprozin® flüssig, Wirksubstanz: Kupferhydroxid). Mit dem Ziel einer Verbesserung der Regenfestigkeit des Prüfmittels Waschnuss-Pulver wurde in diesem Fall das Netzmittel NuFilm-P® (0,1%ig) zugesetzt. Die Versuchsvariante „unbehandelte Kontrolle“ blieb gegenüber *G. bidwellii* ohne Behandlung. In allen Versuchsgliedern erfolgte in 10- bis 14-tägigem Abstand eine „Grundabdeckung“ gegenüber *P. viticola* und *Erysiphe necator* mit zugelassenen Pflanzenschutzmitteln ohne Schwarzfäule-Wirkung. Jedes Versuchsglied wurde vierfach in Parzellen à 17 Stock wiederholt. Die Verteilung der Parzellen entsprach dem Schema einer vollständig randomisierten Blockanlage. Die Endbonituren des Blatt- bzw. Beerenbefalls erfolgten am 20. und 22. August 2008 (BBCH 79-81). In jeder Versuchspartelle wurden je 100 Blätter bzw. Beeren begutachtet.

Freilandversuch zur Wirksamkeit gegenüber *P. viticola*
Der Freilandversuch zur Wirksamkeit gegenüber *P. viticola* wurde am Standort Geisenheim (Rheingau) an der Rebsorte Riesling durchgeführt. Neben dem Prüfmittel Waschnuss-Pulver dienten als Vergleichsmittel das Kupferpräparat Cuprozin® flüssig sowie das Pflanzenschutzmittel Folpan® 80 WDG (Wirksubstanz: Folpet) aus dem integrierten Weinbau. Die Applikation der Prüfmittel erfolgte mit einem pneumatischen Tunnelapplikationsgerät für Raumkulturen (Fa. Schachtner, Ludwigsburg). Insgesamt wurden acht Applikationen im Zeitraum zwischen dem 29.05.2008 (BBCH 55) und dem 11.08.2008 (BBCH 81) durchgeführt. Die Applikationsintervalle betragen konstant zehn bzw. elf Tage. Die Basisaufwandmengen pro Hektar betragen 2 kg (Waschnuss-Pulver) bzw. 0,4 l bzw. kg (Cuprozin® flüssig und Folpan® 80 WDG). Der Versuchsvariante Waschnuss-Pulver wurde das Netzmittel NuFilm-P® (0,05%ig) zugesetzt. Die Versuchsvariante „unbehandelte Kontrolle“ blieb gegenüber *P. viticola* unbehandelt. In allen Versuchsgliedern erfolgte eine durchgehende „Grundabdeckung“ gegenüber *E. necator* mit dem Netzsulfid-Präparat Thiovit® Jet. Jedes Versuchsglied wurde vierfach in Parzellen à 15 Stock wiederholt. Die Verteilung der Parzellen erfolgte gemäß dem Schema einer vollständig randomisierten Blockanlage. Es erfolgte keine künstliche Inokulation. Im Versuchsjahr war in keiner der Varianten Beerenbefall festzustellen. Die Bonitur des Blattbefalls wurde 14 Tage

nach der letzten Applikation am 25. und 26. August 2008 (BBCH 81) durchgeführt. Die Auswertung erfolgte mit einem 9-Klassen-Bonitur-Schema (1: 0%, 2: 1%, 3: 3%, 4: 6%, 5: 11%, 6: 20%, 7: 35%, 8: 60% und 9: 100%). In jeder Versuchspartelle wurden 100 Blätter (50 von jeder Laubwandseite) bonitiert.

Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung der Ergebnisse wurden einfaktorische Varianzanalysen mittels STATISTICA 7.1 (StatSoft inc., ©1984–2005) durchgeführt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten wurden mittels Tukey-Test ($\alpha = 5\%$) überprüft.

Ergebnisse

Dauerwirkung an Beeren gegenüber *G. bidwellii*

In Abb. 2 sind die Befallsstärken an Beeren in Abhängigkeit vom Applikationstermin in Serie 1 (Inokulation zwei Wochen nach BBCH 68) dargestellt.

Die Applikationen in Serie 1 erfolgten zu den Entwicklungsstadien BBCH 61, 68, 73 und 73-75 (22, 15, acht und einen Tag(e) vor der Inokulation). Die Befallsstärke in der unbehandelten Kontrolle lag bei 89,3%. Keines der Prüfmittel bewirkte eine signifikante Befallsreduktion im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, wenn dieses 22 Tage vor der Inokulation eingesetzt wurde. Erfolgte die Applikation jedoch 15, acht oder einen Tag(e) vor der Inokulation, waren alle Mittel in der Lage, den Befall signifikant im Vergleich zur Kontrolle zu verringern. An allen Applikationsterminen war der Behandlungserfolg nach Anwendung des Vergleichsmittels aus dem integrierten Weinbau, Polyram® WG, am größten. Die Waschnuss-Pulver-Applikationen zeigten an allen Terminen mindestens die Wirkung einer Behandlung mit Thiovit® Jet – dem Vergleichsmittel aus dem ökologischen Weinbau. Bei einem Einsatz acht Tage vor der Applikation war der Befall in der Variante Waschnuss-Pulver sogar signifikant niedriger als in der Thiovit® Jet-Variante. Bei den Anwendungen einen bzw. acht Tage vor Inokulation erzielte das Waschnuss-Pulver Wirkungsgrade von 75 bis 80%.

Dieser Versuch wurde zwei Wochen später wiederholt (Serie 2). Die Befallsstärken in dieser Serie 2 sind aus Abb. 3 zu entnehmen.

In Serie 2 wurden die Applikationen zu den Entwicklungsstadien BBCH 73, 73-75, 75 und 77 durchgeführt. Die Befallsstärke in der unbehandelten Kontrolle lag bei 32%. Mit Ausnahme der früh (22 und 15 Tage vor Inokulation) mit den Prüfmitteln Waschnuss-Pulver durchgeführten Applikationen resultierten alle Behandlungen in einer signifikanten Reduzierung der Befallsstärke im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Bei einer Applikation acht Tage oder einen Tag vor Inokulation war der Befall in der Variante Waschnuss-Pulver nicht von dem in den beiden Varianten Thiovit® Jet und Polyram® WG zu unterscheiden. An diesen beiden Terminen konnten Wirkungsgrade von über 90% erzielt werden.

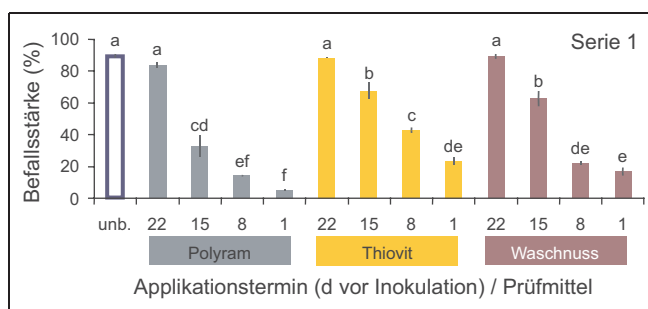


Abb. 2. Befallsstärken an Beeren unter Freilandbedingungen in Abhängigkeit vom Applikationstermin (22, 15, acht oder einen Tag(e) vor Inokulation mit *G. bidwellii*) in der Versuchsserie 1 (Inokulation zu BBCH 73-75 am 24.06.2008). Varianten, die nicht mit dem gleichen Buchstaben gekennzeichnet sind, differieren signifikant gemäß Tukey-Test ($\alpha = 5\%$); n = drei Rebstöcke mit jeweils fünf Trauben; Fehlerbalken = Standardfehler.

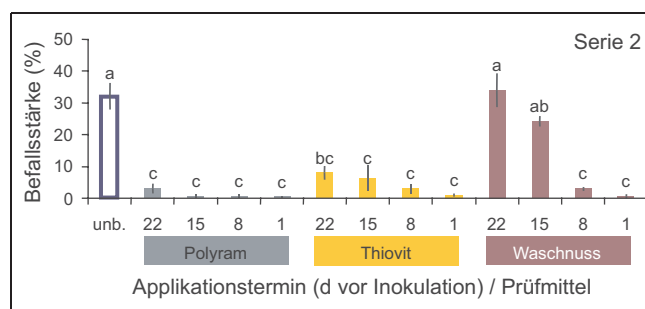


Abb. 3. Befallsstärken an Beeren unter Freilandbedingungen in Abhängigkeit vom Applikationstermin (22, 15, acht oder einen Tag(e) vor Inokulation mit *G. bidwellii*) in der Versuchsserie 2 (Inokulation zu BBCH 77 am 08.07.2008). Varianten, die nicht mit dem gleichen Buchstaben gekennzeichnet sind, differieren signifikant gemäß Tukey-Test ($\alpha = 5\%$); n = drei Rebstöcke mit jeweils fünf Trauben; Fehlerbalken = Standardfehler.

Wirkung gegenüber *G. bidwellii* im Freiland

Aus Tab. 1 sind die Ergebnisse der am 20. bzw. 22.08.2008 durchgeführten Befallsbonituren bzgl. *G. bidwellii* an Blättern und Beeren abzulesen.

In der unbehandelten Kontrolle wurden am Blatt eine Befallshäufigkeit von 84,5% und eine Befallsstärke von 3,1% registriert. Alle Prüfmittel bzw. -mittelkombinationen führten zu einer signifikanten Reduzierung des Befalls. Die höchsten Wirkungsgrade wurden beim Einsatz des Vergleichsmittels Polyram® WG erzielt. Waschnuss-Pulver konnte den Befall um über 50% reduzieren, die ermittelte Befallsstärke lag allerdings signifikant höher als beim Einsatz von Polyram® WG oder der Mittelkombination aus Thiovit® Jet und Cuprozin® flüssig. Der Zusatz von Waschnuss-Pulver verbesserte den Wirkungsgrad von Thiovit® Jet geringfügig, jedoch nicht in dem Maße wie der Zusatz von Cuprozin® flüssig (Verbesserung des Wirkungsgrades um ca. 10%). Eine signifikante Unterscheidung der Versuchsglieder Thiovit® Jet „Solo“ und Thiovit® Jet plus Waschnuss-Pulver war bezüglich der Befallsstärke nicht möglich (Tab. 1, Abb. 4).

Die Befallshäufigkeit an Beeren lag in der unbehandelten Kontrolle am 22.08.2008 bei 100% und die

Befallsstärke bei 65,7%. Der Einsatz aller Prüfmittel bzw. Mittelkombinationen resultierte in einer signifikanten Reduzierung des Befalls im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Der höchste Wirkungsgrad (99,7%) wurde beim Einsatz des Vergleichsmittels Polyram® WG erzielt. Waschnuss-Pulver konnte den Befall um ca. 40% reduzieren. Damit war die Befallsstärke bei einem Waschnuss-Pulver-Einsatz jedoch signifikant höher als bei der Anwendung der anderen Mittel bzw. Mittelkombinationen. Der Zusatz von Waschnuss-Pulver verbesserte den Wirkungsgrad von Thiovit® Jet um ca. 10%, erreichte jedoch nicht die Wirksamkeit der Kombination aus Thiovit® Jet und Cuprozin® flüssig. Im Falle des Zusatzes von Waschnuss-Pulver zu Thiovit® Jet war der Einfluss auf den Befall nicht signifikant (Tab. 1, Abb. 5).

Zudem konnten bei einigen Pflanzen, die mit Waschnuss-Pulver in Kombination mit NuFilm-P® behandelt wurden, leichte phytotoxische Veränderungen an Blättern und Beeren beobachtet werden. Begleituntersuchungen zeigten, dass keine Beeinträchtigung der Population der Raubmilbe *Typhlodromus pyri* durch den Einsatz von Waschnuss zu verzeichnen war (HOFFMANN, unveröffentlicht).

Tab. 1. Ergebnisse der Befallsbonitur an Blättern am 20.08.2008 bzw. an Beeren am 22.08.2008 (*G. bidwellii*). Angegeben sind die Befallshäufigkeit (BH), die Befallsstärke (BS) sowie der Wirkungsgrad (WG) bezogen auf die Befallsstärke. Versuchsglieder, die nicht mit dem gleichen Buchstaben gekennzeichnet sind, differieren bezüglich ihrer Befallsstärke signifikant gemäß Tukey-Test ($\alpha = 5\%$)

Prüfglied	Blätter (20.08.2008)			Beeren (22.08.2008)		
	BH (%)	BS (%)	WG (%)	BH (%)	BS (%)	WG (%)
unb. Kontrolle	84,5	3,1		100,0	65,7	
Polyram	8,5	0,1	97,1	14,5	0,2	99,7
Thiovit	37,3	0,6	80,4	98,8	17,7	73,0
Waschnuss	61,5	1,5	52,4	100,0	39,2	40,4
Thiovit + Cuprozin	26,0	0,3	89,7	80,5	4,3	93,5
Thiovit + Waschnuss	30,5	0,6	82,3	90,5	11,4	82,7

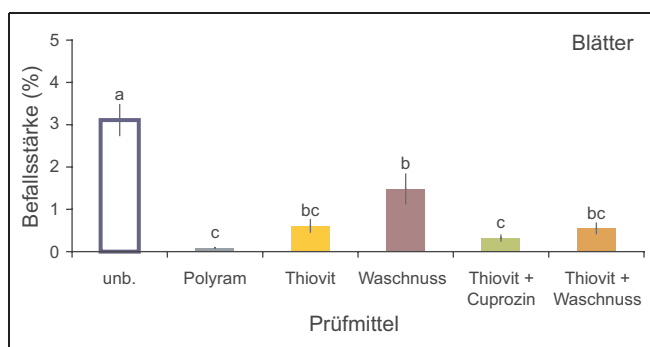


Abb. 4. Befallsstärken (*G. bidwellii*) an Blättern unter Freilandbedingungen in Abhängigkeit von den eingesetzten Prüfmitteln. Bonitur vom 20.08.2008. Versuchsglieder, die nicht mit dem gleichen Buchstaben gekennzeichnet sind, differieren signifikant gemäß Tukey-Test ($\alpha = 5\%$); Fehlerbalken = Standardfehler.

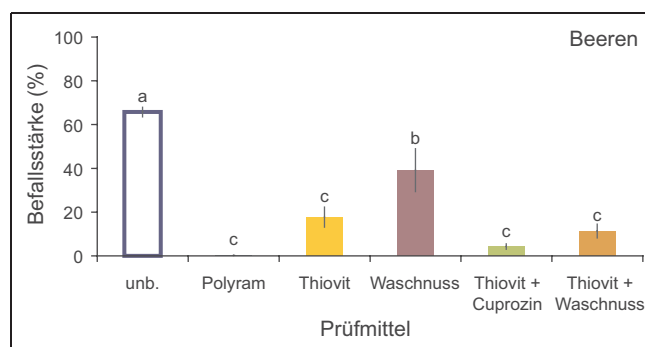


Abb. 5. Befallsstärken (*G. bidwellii*) an Beeren unter Freilandbedingungen in Abhängigkeit von den eingesetzten Prüfmitteln. Bonitur vom 22.08.2008. Versuchsglieder, die nicht mit dem gleichen Buchstaben gekennzeichnet sind, differieren signifikant gemäß Tukey-Test ($\alpha = 5\%$); Fehlerbalken = Standardfehler.

Tab. 2. Ergebnisse der Befallsbonitur an Blättern am 25./26.08.2008 (*P. viticola*). Angegeben sind die Befallshäufigkeit (BH), die Befallsstärke (BS) sowie der Wirkungsgrad (WG) bezogen auf die Befallsstärke. Versuchsglieder, die nicht mit dem gleichen Buchstaben gekennzeichnet sind, differieren bezüglich ihrer Befallsstärke signifikant gemäß Tukey-Test ($\alpha = 5\%$)

Prüfmittel	Blätter (25./26.08.2008)			
	BH (%)	BS (%)	WG (%)	
unb. Kontrolle	86,0	8,08		a
Folpan	0,8	0,01	99,7	b
Cuprozin	1,0	0,06	99,2	b
Waschnuss	85,3	8,93	-9,7	a

Wirkung gegenüber *P. viticola*

In Tab. 2 sind die Ergebnisse der Befallsbonitur vom 25./26.08.2008 bzgl. *P. viticola* an den Blättern dargestellt.

Da in diesem Freilandversuch an den Beeren kein Befall durch *P. viticola* auftrat, konnte lediglich eine Bonitur des Blattbefalls erfolgen (25. und 26.08.2008). In der unbehandelten Kontrolle wurde eine Befallshäufigkeit von 86,0% und eine Befallsstärke von 8,1% festgestellt. Die beiden Vergleichsmittel, Folpan® 80 WDG und Cuprozin® flüssig, wiesen einen signifikant geringeren Befall auf als die unbehandelte Kontrolle und erzielten Wirkungsgrade von über 99%. Der Einsatz von Waschnuss-Pulver zeigte in diesem Versuch kein Potential zur Regulierung von *P. viticola* (Tab. 2).

In diesem Freilandversuch wurden beim Einsatz von Waschnuss-Pulver in Kombination mit NuFilm-P® leichte phytotoxische Reaktionen auf den Blättern sichtbar.

Diskussion

Beim Screening nach geeigneten Substanzen zur Regulierung der Schwarzfäule und des Falschen Mehltaus im

ökologischen Weinbau konnte eine Reihe pflanzlicher Prüfmittel selektiert werden, die neben sonstigen phenolischen Komponenten hohe Gehalte an Saponinen aufweisen. Saponine sind niedermolekulare Verbindungen des pflanzlichen Sekundärstoffwechsels mit Steroid-ähnlicher Grundstruktur (HALLMANN et al., 2007). Die direkte Wirkung von Saponinen auf pilzliche Pathogene beruht wahrscheinlich auf einer Komplexbildung mit den Sterolen der pflanzlichen Membranen und damit einhergehend auf der Zerstörung der selektiven Permeabilität (OSBOURN et al., 1998). Mit dieser potenten antifungalen Aktivität nehmen Saponine in vielen Pflanzen eine wichtige Rolle als präinfektionelle Abwehrbarriere gegenüber pilzlichen Schaderregern ein (OSBOURN et al., 1998). In Untersuchungen verschiedener Arbeitsgruppen zeigten saponinhaltige Pflanzenextrakte eine gute Wirksamkeit gegenüber *Venturia inaequalis* (NIELSEN, 2007; HELJNE et al., 2007) sowie *G. bidwellii* (TRAVIS et al., 2007). Neben der direkten fungiziden Wirkung könnte ein weiterer möglicher Grund für die biologische Wirksamkeit darin liegen, dass saponinhaltige Pflanzenextrakte in der Lage sind, die spezifischen Eigenschaften von Oberflächen zu verändern. Wie von KUO und HOCH (1996) beschrieben, ist für die Keimung der Konidien von *G. bidwellii* ein Anhaften an die pflanzliche Oberfläche zwingend notwendig. Diese Anhaftung erfolgt jedoch nur auf hydrophoben Oberflächen, wie z.B. auf Rebblättern. Saponine fungieren aufgrund ihrer seifenartigen Konsistenz als natürliche Netzmittel (TRAVIS et al., 2007) und verändern somit die Oberflächenspannung auf den pflanzlichen Organen. Von den gemahlenden Schalen der Indischen Waschnuss ist bekannt, dass sie hohe Gehalte an Saponinen enthalten. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass die – neben den Saponinen – in pflanzlichen Extrakten häufig in hoher Konzentration vorkommenden Phenole zumindest für einen Teil der beobachteten Wirkung verantwortlich sind. Phenolische Substanzen sind, wie Saponine, an der präinfektionellen Pathogenabwehr beteiligte Pflanzeninhaltsstoffe. Ihr Einfluss auf das pilzliche Pathogen ist vielfältig und reicht von einer direkten fungiziden Wirkung (Enzyminhibition,

Membranveränderungen, Hemmung des Elektronentransportes) bis hin zu einer Aktivierung der Gen-Expression in den Wirtszellen (EL MODAFAR und EL BOUSTANI, 2005).

Das in den vorliegenden Untersuchungen näher charakterisierte saponinhaltige Prüfmittel Waschnuss-Pulver zeigte im Gewächshaus-Screening mit Wirkungsgraden von über 90% sowohl gegen *G. bidwellii* als auch gegen *P. viticola* eine sehr gute Wirkung, wenn es am Tag vor der Inokulation appliziert wurde. Diese Wirkung ließ sich in Bezug auf *G. bidwellii* auch im Freiland an Beeren bestätigen. Erstaunlich hohe Wirkungsgrade wurden beim Einsatz des Prüfmittels Waschnuss-Pulver erzielt, wenn die Infektion spätestens acht Tage nach der Applikation stattfand. So lagen die Wirkungsgrade eines Waschnuss-Einsatzes bei einer Inokulation zwei Wochen nach der Blüte mit 75 bis 80% im Bereich zwischen den beiden Vergleichsmitteln, Thiovit® Jet und Polyram® WG, wenn die Inokulation einen Tag oder acht Tage nach der Applikation stattfand. In dieser Versuchsserie fand allerdings bei der Variante mit achttägigem Abstand zwischen Applikation und Inokulation lediglich ein einziges Niederschlagsereignis mit einer Regenmenge von 1,8 l/m² statt. Die Applikation 22 Tage vor Inokulation erfolgte zum Zeitpunkt des Blütebeginns. Hierbei konnte durch keines der getesteten Mittel eine Befallsreduzierung herbeigeführt werden. Die vor der Blüte erfolgten Applikationen zeigten also keinen Effekt im Nachblütebereich, da die aufgetragenen Wirkstoffe vermutlich mit den Blüten-Käppchen abgeworfen wurden.

Auch in der zwei Wochen später durchgeführten Serie (Inokulation vier Wochen nach der Blüte) zeigte sich der Einsatz von Waschnuss-Pulver als sehr effektiv (Wirkungsgrad > 90%), wenn die Applikation nicht länger als acht Tage vor der Inokulation erfolgte. Auch hierbei lag die Wirksamkeit des Waschnuss-Pulvers im Bereich zwischen Thiovit® Jet und Polyram® WG. In dieser Serie wurde jedoch die begrenzte Dauerwirkung des Prüfmittels deutlich. So führten die 15 und 22 Tage vor Inokulation durchgeführten Waschnuss-Pulver-Applikationen – im Gegensatz zu Behandlungen mit Polyram® WG und Thiovit® Jet – nicht zu einer Befallsreduzierung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Ein Blick auf die Witterungsdaten in dieser Phase liefert einen Erklärungsansatz. Während innerhalb des Zeitfensters acht Tage vor Inokulation nur 5 mm Niederschlag fielen, waren dies in den 15 Tagen vor der Inokulation 36,3 mm (hauptsächlich hervorgerufen durch ein Starkniederschlagsereignis von 31,3 mm am 25. Juni). Es wird daher vermutet, dass diese hohe Niederschlagsmenge dazu geführt hat, dass große Mengen der Aktivsubstanz(en) des Waschnuss-Pulvers abgewaschen wurden und daher nicht mehr wirksam werden konnten.

Dass Waschnuss-Pulver über ein Wirkungspotential gegenüber *G. bidwellii* verfügt, zeigte sich erneut im Freilandversuch mit durchgehender Behandlung während der gesamten Pflanzenschutzsaison. Die Wirkungsgrade lagen dabei an Blättern wie an Beeren im Bereich

zwischen 40 und 50%, also deutlich niedriger als bei den beiden Vergleichsmitteln Thiovit® Jet „(Wirkungsgrade 73 bis 80%)“ und Polyram® WG „(Wirkungsgrade 97 bis 100%)“. Als Grund für die geringe Wirkung des Waschnuss-Pulvers in diesem Versuch wird wiederum die unzureichende Regenfestigkeit vermutet, die offenbar selbst durch den Zusatz des Netzmittels NuFilm-P® nicht entscheidend verbessert werden konnte. Diese mögliche Schwachstelle saponinhaltiger Pflanzenextrakte bestätigen auch die Untersuchungen von TRAVIS et al. (2007). Nach guten Ergebnissen im Gewächshaus bei Applikation kurz vor der Inokulation stellte sich ein saponinhaltiger Yucca-Extrakt im Freiland unter hohem Befallsdruck als vollständig unwirksam heraus (TRAVIS et al., 2007). Dasselbe Ergebnis erbrachten die Freilandversuche am Julius Kühn-Institut (JKI) in Bernkastel-Kues in Wolf im Jahr 2007. Auch hier konnten die saponinhaltigen Prüfmittel auf Basis von Yucca und Teesamen in einer Solo-Spritzfolge die unter Gewächshausbedingungen erzielten positiven Ergebnisse nicht bestätigen (LOSKILL und MOLITOR, 2008; LOSKILL et al., 2008). Die vorliegenden Versuche deuten jedoch eine Verbesserung der Wirksamkeit von Thiovit® Jet durch den Zusatz von Waschnuss-Pulver an. Neben der direkten Wirkung könnte dies auf die „spreitende“ Wirkung saponinhaltiger Substanzen und die damit einhergehende gleichmäßigere Verteilung anderer Wirkstoffe auf den Zieloberflächen zurück zu führen sein. Eine solche Wirkungsverbesserung stellten auch HEIJNE et al. (2007) bei der Bekämpfung von *Venturia inaequalis* durch Zusatz eines saponinhaltigen Yucca-Extraktes zu Netzschwefel fest. Diese Ergebnisse zeigen das Potential der Prüfsubstanz zur Verbesserung der Wirksamkeit kombiniert eingesetzter Pflanzenschutz- oder Pflanzenstärkungsmittel auf.

Anders stellte sich die Situation im Falle des Falschen Mehlaus dar. Im Gegensatz zu der sehr guten Wirkung des Extraktes von *S. mukorossi* unter Gewächshausbedingungen an Topfreben konnte im Freilandversuch selbst bei niedrigem Befallsdruck keine Wirkung verzeichnet werden. Die ersten Ölflecke konnten am 19. Juni 2008 beobachtet werden. Erst die Regenperiode Ende Juni bis Anfang August 2008 (Niederschlagssumme 26.07.–15.08.2008: 84,8 mm) führte zu einer weiteren Ausbreitung von *P. viticola*. Möglicherweise haben die Niederschlagsereignisse dafür gesorgt, dass der Belag des Waschnuss-Pulvers – trotz Zusatz des Netzmittels NuFilm-P®, welches laut Herstellerangaben die Regenfestigkeit verbessert – abgewaschen wurde und somit nicht mehr ausreichend wirksam werden konnte. Somit kann Waschnuss-Pulver in der geprüften Konzentration und der Kombination mit dem ausgewählten Formulierungshilfsstoff NuFilm-P® nicht zur *Plasmopara*-Regulierung empfohlen werden. Allerdings sollte das Potential zur Verbesserung der Wirkstoffverteilung eines Extraktes von *S. mukorossi* bei der Mischung mit anderen Produkten (Tonerdepräparate, Algenextrakte etc.) – insbesondere aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung der Rebenperonospora für den ökologischen Weinbau – weiter untersucht werden.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Mitarbeitern der Fachgebiete Phytomedizin und Weinbau der Forschungsanstalt Geisenheim sowie des Institutes für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau des JKI für die hervorragende Unterstützung bei den Gewächshaus- und Freilanduntersuchungen.

Das Projekt wurde vom Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL) finanziert. Wir danken deshalb außerdem dem Projektträger (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, BLE) für die gute Zusammenarbeit und dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) für die finanzielle Unterstützung.

Literatur

- BERKELMANN-LÖHNERTZ, B., D. HEIBERTSHAUSEN, O. BAUS-REICHEL, U. HOFMANN, R. KAUER, 2008: Ohne Kupfer geht es nicht – Status quo im ökologischen Weinbau nach vier Jahren BÖL-Verbundprojekt. Fachgespräch „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau – Reduktions- und Ersatzstrategien“, Berlin, 29.01.2008, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut **142**, 17-20.
- EL MODAFAR, C., E.S. EL BOUSTANI, 2005: The role of phenols in plant defense mechanisms. In: REGNAULT-ROGER, C., B.J.R. PHILOGENE, C. VINCENT: Biopesticides of plant origin. Paris, Frankreich, Lavoisier Publishing, 157-171.
- HALLMANN, J., A. QUADT-HALLMANN, A. VON TIEDEMANN, 2007: Phyto-medizin. Grundwissen Bachelor. Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag.
- HELNE, B., P.F. DE JONG, H. PEDERSEN LINDHARD, K. PAASKE, M. BENGTSOON, J. HOCKENHULL, 2007: Field efficacy of new compounds to replace copper for scab control in organic apple production. Proceedings of the 3rd international congress of the European integrated project quality low input food (QLIF), Hohenheim, 20.-23. Mai 2007, 249-253.
- KUO, K., H.C. HOCH, 1996: Germination of *Phyllosticta ampellicida* pycnidiospores: Prerequisite of adhesion to the substratum and the relationship of substratum wettability. Fungal Genetics and Biology **20**, 18-29.
- LOSKILL, B., D. MOLITOR, 2008: Ökologischer Weinbau: Regulierung der Schwarzfäule. Das Deutsche Weinmagazin **12**, 8-12.
- LOSKILL, B., D. MOLITOR, B. BERKELMANN-LÖHNERTZ, E. KOCH, M. HARMS, M. MAIXNER, 2008: Regulation der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau. Fachgespräch „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau – Reduktions- und Ersatzstrategien“, Berlin, 29.01.2008, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut **142**, 27-32.
- NIELSEN, B., 2007: Bitterstoffe rücken Apfelschorf zu Leibe. Südtiroler Landwirt **8**, 57-58.
- OSBOURN, A.E., J.P. WUBBEN, R.E. MELTON, J.C. CARTER, M.J. DANIELS, 1998: Saponins and plant defense. In: ROMEO, J.T., K.R. DOWNUM, R. VERPOORTE: Phytochemical signals and plant-microbe interactions., New York, USA, Plenum Press, 1-15.
- SCHWARZBACH, W., 2008: Kupfer als Pflanzenschutzmittel-Wirkstoff: Bewertung der Auswirkungen auf den Naturhaushalt. Fachgespräch „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau – Reduktions- und Ersatzstrategien“, Berlin, 29.01.2008, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut **142**, 10-14.
- TRAVIS, J.W., M. SAUNDERS, B. HED, A. MUZA, J. TIMER, W.F. WILCOX, 2007: Integrated management of organic concord grape production in the Lake Erie region. Final research report submitted to: The New York Wine/Grape Foundation.