

Kaolin gegen Baumwanzen



Dr. Fabian Cahenzli, Dr. Claudia Daniel

12.1.2021

I. Zusammenfassung

In Birnenanlagen auf vier Biobetrieben (2 Thurgau, 1 Baselland, 1 Zürich) und in der Sortenprüfung am FiBL in Frick (AG) wurde die Wirksamkeit von Kaolin (Surround® WP) zur Verhinderung von Schäden, verursacht durch die rotbeinige Baumwanze *Pentatoma rufipes* L und die asiatische marmorierte Baumwanze *Halyomorpha halys* STÅL, getestet. Die Behandlungen starteten um die Birnenblüte und endeten im Verlauf des Sommers, damit der weisse Belag die optische Fruchtqualität der geernteten Birnen nicht beeinflusst. Da die rotbeinige Baumwanze unregelmässig in Obstanlagen Schäden anrichtet, testeten wir zudem die Wirksamkeit von Spinosad, Kaolin und Paraffinöl in einem Laborversuch mit behandelten Kirschzweigen.

In zwei Obstanlagen mit einer einzelnen Reihe Birnen neben Äpfeln zeigte Kaolin eine sortenabhängige Wirkung. In den grossen Birnenanlagen im Versuch stieg der prozentuale Wanzen Schaden bei den unbehandelten Birnen gegen Ernte (Juli) innert zwei Wochen signifikant um durchschnittlich 26.4 %, bei den mit Kaolin behandelten Birnen betrug der Anstieg 11.9 % und war statistisch nicht signifikant. Die Anzahl Nützlinge unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Verfahren und belegte so die Unbedenklichkeit des Einsatzes von Kaolin.

Im Laborversuch war die Mortalität der rotbeinigen Baumwanze auf den mit Kaolin behandelten, fruchttragenden Kirschzweigen nach 14 Tagen gegenüber der Kontrolle signifikant erhöht (Wirkungsgrad nach 5 Tagen = 50.0 %, nach 14 Tagen = 58.1 %). Das toxische Spinosad als Referenz wirkte bereits nach fünf Tagen signifikant (Wirkungsgrad nach 5 Tagen = 86.6 %, nach 14 Tagen = 72.9 %). Paraffinöl hatte keine Wirkung. Die Wanzen konnten sich auf den mit Kaolin behandelten Zweigen und Früchten weniger gut ernähren, während Spinosad die Wanzen direkt abtötete.

Dank der direkten Teilwirkung auf das Überleben der rotbeinigen Baumwanze und Dank der Reduktion der Wanzen Schäden durch Baumwanzen an Birnen hat Kaolin das Potential zur Anwendung in der Obstproduktion. Kaolin wird zur Bekämpfung des Birnblattsaugers bereits in Birnen eingesetzt. Eine längere Einsatzdauer bis im Sommer könnte helfen, die Wanzen Schäden in der Praxis zu reduzieren.

2. Einleitung

Die einheimische rotbeinige Baumwanze *Pentatoma rufipes* L und seit einigen Jahren auch die invasive asiatische marmorierte Baumwanze *Halyomorpha halys* STÅL verursachen z.T. massive Schäden im Obstbau. Die marmorierte Baumwanze hat ein sehr weites Spektrum an verschiedenen Wirtspflanzen wie Beeren, Steinobst, Kernobst, Reben, Gemüse, Ackerkulturen und Zierpflanzen (Haye et al., 2015; Maistrello et al., 2017). In Norditalien wurden zwischen 2014 und 2016 in Birnenanlagen teilweise über 90 % beschädigte Früchte dokumentiert (Maistrello, 2017) und auch in der Schweiz mehren sich die Probleme. Die rotbeinige Baumwanze verursacht ebenfalls vor allem Schäden in Birnen (Beliën, 2013; Beliën et al., 2015; Kehrli et al., 2011; König, 2015; Trautmann & Wetzler, 2010) und Äpfeln (Höhn et al., 1993; Wildbolz et al., 1955). Sie verursacht aber auch Probleme in Kirschen (Egger, 2019)

und Pfirsich (Kehrli et al., 2011) und wird an Haselnüssen (Sonnati et al., 2009), Getreideähren (Tischler, 1939) und in Reben (Powell, 2020) beobachtet. Äusserlich erkennbar sind Wanzen Schäden als Einsenkungen der Fruchtoberfläche und Deformationen, wobei in Birnen das darunterliegende Fruchtfleisch durch Bildung von Steinzellen stark verhärtet sein kann (Steinigkeits oder Steinfrüchtigkeit) (König, 2015; Maistrello et al., 2017). Diese Schäden entstehen durch die stechend-saugenden Mundwerkzeuge der Wanzen (König, 2015).

Studien aus dem Ausland, vor allem mit synthetischen Insektiziden, zeigen, dass es gegen die marmorierete Baumwanze einige wirksame Pflanzenschutzmittel gibt. Viele geprüfte Wirkstoffe, ob synthetisch oder im Biolandbau eingesetzt, sind aber nur bei direktem Kontakt mit der marmorierten Baumwanze und unter kontrollierten Laborbedingungen wirksam (Burjanadze et al., 2020; Gradish et al., 2019; Kuhar & Kamminga, 2017; Leskey et al., 2012; Leskey et al., 2014; Morehead & Kuhar, 2017; Parker et al., 2015; Taylor et al., 2017). Zur rotbeinigen Baumwanze gibt es nur wenige Studien bezüglich Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln (Powell, 2020). Spinosad und Pyrethrum zeigten je nach Studie variable Wirkungen (Beliën, 2013; Cahenzli & Daniel, 2018; Kehrli et al., 2011; König, 2015; Trautmann & Wetzler, 2010). Derzeit gibt es in der Schweiz weder für die integrierte Produktion noch für den Biolandbau regulär zugelassene Pflanzenschutzmittel oder geprüfte Kulturmassnahmen zur Bekämpfung von Baumwanzen. Zur Bekämpfung der marmorierten Baumwanze wurde für den Biolandbau im 2020 befristet nur der Wirkstoff Spinosad zugelassen.

Surround® WP (95 % Kaolin, Stähler Suisse SA) hat eine Bewilligung vom BLW zur Bekämpfung des Birnblattsaugers in Birnen und ist auf der Betriebsmittelliste für den biologischen Landbau gelistet. Kaolin, gespritzt in Suspension, hinterlässt einen weissen Belag auf den behandelten Pflanzenteilen, welcher repellent/störend auf Baumwanzen wirken kann (Kuhar et al., 2019; Leskey et al., 2012).

Kehrli et al. (2011) zeigte, dass die Nymphen der rotbeinigen Baumwanze vor allem nach der Blüte Schaden an den Birnen verursachen. Bei *H. halys* hingegen erscheinen im Frühjahr im April zuerst die überwinternden Adulten (Haye et al., 2014). Erst Anfangs Juli ist die Population richtig aktiv bei der Fortpflanzung und der Populationshöhepunkt ist Ende Sommer (Haye et al., 2014). Im vorjährigen (2019) Versuch mit Kaolin vor und nach der Blüte gegen Baumwanzen in Birnen konnte wegen dem späten Befall durch die marmorierete Baumwanze deshalb keine abschliessende Aussage zur Reduktion der Fruchtschäden bei der Ernte gemacht werden (Cahenzli & Daniel, 2019). Im 2020 haben wir daher versucht die Birnen bis im Sommer mit einem repellenten Kaolin-Belag zu schützen. Der weisse Kaolin-Belag sollte aber bis zur Ernte wegen der optischen Fruchtqualität wieder verschwunden sein. Es stellt sich daher die Frage, ob ein Schutz von der Blüte bis Anfangs Sommer ausreicht, um Schäden durch beide Wanzenarten zu reduzieren. Da die rotbeinige Baumwanze unregelmässig Schäden in Obstanlagen anrichtet und Feldversuche somit nicht immer Ergebnisse liefern, testeten wir zudem die Wirksamkeit von Spinosad, Kaolin und Paraffinöl in einem Laborversuch.

3. Material & Methoden

3.1 Versuch I – Kaolin in Birnenanlagen

3.1.1 Behandlungen

Die Anzahl Behandlungen mit Surround® WP (95 % Kaolin, Stähler Suisse SA) unterschied sich zwischen den Betrieben, da der weisse Belag die optische Fruchtqualität der geernteten Birnen nicht beeinflussen sollte. Zudem wollten verständlicherweise vor der Blüte nicht alle Produzenten auf Kaolin in den Kontrollparzellen gegen den Birnblattsauger verzichten.

In Frick AG wurden alle im Versuch zu behandelnden Bäume fünfmal mit 32 kg / ha Kaolin behandelt (2 % Suspension, Tabelle 1). Auf die eher kleinen Bäume wurden pro Applikation insgesamt 147 g Kaolin ausgebracht. In Egg ZH wurde bei jeder Applikation 1 kg Kaolin auf jeweils 35 Bäume appliziert (5 % Suspension). In Güttingen TG wurden noch vor der Blüte alle Bäume mit 32 kg Kaolin (2 % Suspension) gegen den Birnblattsauger behandelt. Später wurden alle im Versuch zu behandelnden Bäume mit 15 kg Kaolin (2 % Suspension) und die Giebelzonen mit 6 kg behandelt. In Berg TG wurden noch vor der Blüte 32 kg Kaolin (2 % Suspension) auf alle Bäume gegen den Birnblattsauger ausgebracht. Die Behandlungen der entsprechenden Bäume im Versuch wurden mit derselben Konzentration durchgeführt. In Aesch BL wurden alle im Versuch zu behandelnden Bäume am 23.4.2020 mit 4.4 kg und an den restlichen Terminen mit 4.23 kg Kaolin (2 % Suspension) behandelt.

Die Anlagen in Frick AG und Egg ZH wurden von Hand mit Rückenspritzen behandelt, die grossen Anlagen im Thurgau und Baselland mit der betriebsüblichen Technik. In Frick AG wurden jeweils pro Sorte ein Block à drei bis vier Bäume mit Kaolin behandelt oder blieben als Kontrolle unbehandelt (Abb. 1). In Egg ZH wurden fünf Bäume pro Block mit Kaolin behandelt oder blieben als Kontrolle unbehandelt (Abb. 2). In den grossen Birnenanlagen in Berg TG (Abb. 3) und Güttingen TG (Abb. 4) wurden die Bäume reihenweise mit Kaolin behandelt, unbehandelte Reihen dienten als Kontrolle. In Aesch BL wurde je die Hälfte der Reihe mit Kaolin behandelt (Abb. 5).

In Frick AG (28.4.2020, 25.5.2020 und 26.6.2020) und Berg TG (7.5.2020, 26.5.2020 und 25.6.2020) wurden zu verschiedenen Zeitpunkten zufällig ausgewählte Äste an unbehandelten Birnbäumen mit Filbio Insektennetzen (Polyethylen; Maschenweite 0.85 × 1.4 mm; Andermatt Biocontrol) eingensetzt. Vom 13.4.2020 an hingen in der Birnenreihe in Frick AG zwei *H. halys* Pheromonfallen, eine im oberen und eine im unteren Teil. Die Falle war mit dem Aggregationspheromon *Pherocon*® BMSB dual lure for Brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* & others (Product Code: 3718-01; Trece Incorporated) bestückt. Das Zweikomponentenpheromon wurde nach der Installation am 13.4.2020 am 8.6.2020, 20.7.2020 und 7.9.2020 erneuert.

Tabelle I: Behandlungszeitpunkte mit Kaolin in den fünf Birnenanlagen

Betrieb	Behandlungszeitpunkt					
	Austrieb*	Vorblüte	Nachblüte	Fruchtwachstum		
Frick AG		BBCH 57: 2.4.2020	BBCH 69: 23.4.2020	BBCH 72/74: 8.5.2020	24.6.2020	9.7.2020
Güt- tingen TG	BBCH 51-53: 4.3.2020 BBCH 56-59: 3.4.2020			BBCH 71: 5.5.2020	BBCH 74: 16.5.2020	BBCH 74: 2.6.2020***
Berg TG	BBCH 57-59: 3.4.2020		BBCH 67: 2.4.2020	BBCH 71: 3.5.2020	BBCH 74-75: 22.6.2020	BBCH 77: 9.7.2020
Egg ZH	BBCH 67: 17.4.2020**			BBCH 71/72: 16.5.2020	BBCH 75: 22.6.2020	
Aesch BL			23.4.2020	18.5.0220	25.6.2020	8/10.7.2020

*Behandlung gegen den Birnblattsauger (ganze Anlage); ** alle Bäume der Sorte Conference; *** nur Gibelzone behandelt

Baum	Sorte	Verfahren	
59	Uta		
58	Uta		
57	Uta		
56	Conference	Kontrolle	
55	Conference		
54	Conference		
53	Conference		
52			
51			
50			
49	kein Baum		
48			
47			
46			
45			
44		ACW 3764	Kaolin
43	ACW 3764		
42	ACW 3764		
41	ACW 3764		
40	NP 452	Kontrolle	Falle
39	NP 452		
38	NP 452		
37	NP 452		
36	Kristina (17)	Kaolin	
35	Kristina (17)		
34	Kristina (17)		
33	Kristina (17)		
32	Celina (17)	Kontrolle	
31	Celina (17)		
30	Celina (17)		
29	Celina (17)		
28	Concorde	Kaolin	
27	Concorde		
26	Concorde		
25	Concorde		
24	ACW 3764	Kontrolle	
23	ACW 3764		
22	ACW 3764		
21	kein Baum		
20			
19	Celina (17)	Kaolin	
18	Celina (17)		
17	Celina (17)		
16	Celina (17)		
15	Conference	Kaolin	
14	Conference		
13	Conference		
12	Concorde		Kontrolle
11	Concorde		
10	Concorde		
9	kein Baum		
8	Kristina (17)		
7	Kristina (17)		
6	Kristina (17)	Kontrolle	Falle
5	Kristina (17)		
4	Kristina (17)		
3	NP 452		
2	NP 452		
1	NP 452		

Abbildung 1: Parzellenplan Frick AG

Baum	Sorte	Verfahren
1	Harrow Sweet	Kontrolle
2	Harrow Sweet	Kontrolle
3	Harrow Sweet	Kontrolle
4	Harrow Sweet	Kontrolle
5	Harrow Sweet	Kontrolle
6	Harrow Sweet	Kaolin
7	Harrow Sweet	Kaolin
8	Harrow Sweet	Kaolin
9	Harrow Sweet	Kaolin
10	Concorde	Kaolin
11	Concorde	Kontrolle
12	Concorde	Kontrolle
13	Concorde	Kontrolle
14	Concorde	Kontrolle
15	Concorde	Kontrolle
16	Concorde	Kaolin
17	Concorde	Kaolin
18	Concorde	Kaolin
19	Concorde	Kaolin
20	Concorde	Kaolin
21	Concorde	Kontrolle
22	Concorde	Kontrolle
23	Concorde	Kontrolle
24	Concorde	Kontrolle
25	Concorde	Kontrolle
26	Concorde	Kaolin
27	Concorde	Kaolin
28	Concorde	Kaolin
29	Concorde	Kaolin
30	Concorde	Kaolin
31	Conference	Kontrolle
32	Conference	Kontrolle
33	Conference	Kontrolle
34	Conference	Kontrolle
35	Conference	Kontrolle
36	Conference	Kaolin
37	Conference	Kaolin
38	Conference	Kaolin
39	Conference	Kaolin
40	Conference	Kaolin
41	Conference	Kontrolle
42	Conference	Kontrolle
43	Conference	Kontrolle
44	Conference	Kontrolle
45	Conference	Kontrolle
46	Conference	Kaolin
47	Conference	Kaolin
48	Conference	Kaolin
49	Conference	Kaolin
50	Conference	Kaolin
51	Conference	Kontrolle
52	Conference	Kontrolle
53	Conference	Kontrolle
54	Conference	Kontrolle
55	Conference	Kontrolle
56	Conference	Kaolin
57	Conference	Kaolin
58	Conference	Kaolin
59	Conference	Kaolin
60	Conference	Kaolin
61	Conference	Kontrolle
62	Conference	Kontrolle
63	Conference	Kontrolle
64	Conference	Kontrolle
65	Conference	Kontrolle
66	Conference	Kaolin
67	Conference	Kaolin
68	Conference	Kaolin
69	Conference	Kaolin
70	Conference	Kaolin

Abbildung 2: Parzellenplan Egg ZH

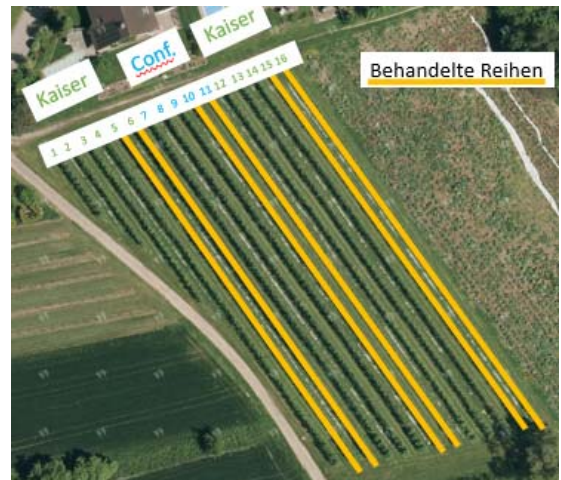


Abbildung 3: Parzellenplan Berg TG



Abbildung 4: Parzellenplan Güttingen TG, Gelb = Kaolin, Rot = unbehandelt



Abbildung 5: Parzellenplan Aesch BL

3.1.2 Erhebungen

Am 25.5.2020 und 26.6.2020 wurden in Frick AG und am 25.5.2020 und 25.6.2020 in Egg ZH Klopfproben durchgeführt. Pro Baum wurde ein Ast dreimal geklopft und die herunterfallenden Wanzen mit einem Insektentrichter aufgefangen. Alle Bäume wurden beprobt. In den Birnenanlagen in Berg TG und Göttingen TG wurden am 7.5.2020, 26.5.2020 und 25.6.2020 Klopfproben durchgeführt. An 40 Bäumen pro Verfahren-Sorte-Block (Abb. 3, Abb. 4) wurden pro Baum an einem Ast jeweils drei Schläge geklopft. In der Birnenanlagen in Aesch BL wurden am 6.5.2020, 25.5.2020 und 24.6.2020 Klopfproben durchgeführt. An 40 Bäumen pro Verfahren-Sorte-Block (Abb. 5) wurden pro Baum an einem Ast jeweils drei Schläge geklopft.

Die Pheromonfallen in der Birnenreihe in Frick AG wurden wöchentlich kontrolliert und geleert.

Die Fruchtschäden (Dellen und Verformungen) der eingesetzten Birnen wurden in Berg TG am 31.7.2020 und in Frick AG am 6.8.2020 und 24.8.2020 ausgewertet.

In Frick AG (8.7.2020, 6.8.2020 und 24.8.2020) und Egg ZH (9.7.2020 und 5.8.2020) wurden an allen Bäumen zufällig ausgewählte Birnen auf Dellen und Deformationen untersucht. An den verschiedenen grossen Bäumen mit unterschiedlich ausgeprägtem Behang wurde jeweils eine repräsentative Anzahl Birnen zufällig ausgewählt (Mittelwert \pm Standardfehler: Frick AG = 15.3 ± 0.6 , Egg ZH = 17.1 ± 0.5), was bei der statistischen Datenanalyse berücksichtigt wurde.

In der Birnenanlage in Berg TG (10.7.2020 und 30.7.2020), Göttingen TG (19.7.2020 und 31.7.2020) und Aesch BL (14.7.2020 und 30.7.2020) wurden pro Reihe jeweils 200 zufällig ausgesuchten Birnen auf Sichthöhe auf Dellen und Deformationen untersucht. Bei der Kontrolle der Früchte wurden am 14.7.2020 in Aesch und am 10.7.2020 in Berg TG zusätzlich die Nützlinge erfasst.

3.1.3 Statistische Datenanalyse

Das Verhältnis der deformierten Birnen zu unbeschädigten Früchten in den Netzen wurde mit *generalized linear models* mit binomial verteilten Fehlern im Statistikprogramm R 4.0.1 (The R Foundation for Statistical Computing, 2020) analysiert. Die Modelle enthielten die beschreibenden Variablen Sorte und Einnetzungsdatum und die Interaktion zwischen den Variablen. Das Modell zu den Daten von Frick testete zusätzlich den Faktor Erhebungsdatum und die dazugehörigen Interaktionen. Der *random effect* Baum zur Berücksichtigung der zweifachen Erhebung derselben Netze erklärte keine Varianz im Modell und wurde daher entfernt.

Das Verhältnis der deformierten Birnen zu unbeschädigten Früchten bei den nicht eingesetzten Ästen wurde mit *generalized linear mixed models* mit binomial verteilten Fehlern mit dem R *package lme4* (Bates et al., 2015) analysiert. Die Modelle enthielten die *fixed effects* Verfahren (unbehandelte Kontrolle vs. Kaolin) und Sorte und die Interaktion zwischen den beiden Variablen. Die Modelle zur Analyse der Daten in Frick AG und den grossen Birnenanlagen (TG & BL) enthielten zudem die Variable Erhebungszeitpunkt. Das Modell zur Ana-

lyse der Daten in Frick AG enthielt den *random effect* Baum zur Berücksichtigung der dreifachen Erhebung desselben Baumes, mit unterschiedlichen Steigungen aber fixiertem Ausgangspunkt zwischen den Verfahren an den verschiedenen Erhebungsdaten. Für die bessere Konvergenz enthielt das Modell den *optimizer "bobyqa"* anstatt "*Nelder-Mead*" für die zweite Phase. Das Modell zur Analyse der Daten der grossen Birnenanlagen enthielt den *random effect* Baumreihe geschachtelt innerhalb des Betriebes zur Berücksichtigung der zweifachen Erhebung derselben Anlagen, mit unterschiedlichen Steigungen aber fixiertem Ausgangspunkt zwischen den Verfahren an den verschiedenen Erhebungsdaten. Das Modell zur Analyse der Daten in Egg ZH enthielt ein *observational level* als *random effect* zur Berücksichtigung der Überverteilung der Daten.

Die Anzahl Nützlinge wurde mit einem *generalized linear model* mit Poisson verteilten Fehlern analysiert. Das Modell enthielt die beschreibenden variablen Verfahren (Kaolin vs. Kontrolle) und Betrieb (Berg TG vs. Aesch BL) und einen *offset* zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Anzahl erhobener Bäume.

Alle nicht signifikanten Interaktionen wurden aus den Modellen schrittweise entfernt. Die Modellannahmen wurden verifiziert. χ^2 und *P*-Werte wurden mit dem R package *car* (Fox & Weisberg, 2019) mit Typ III Quadratsummen bei Interaktionen im Modell extrahiert. Post-hoc Vergleiche wurden mit dem R package *lsmeans* (Lenth, 2016) durchgeführt.

3.2 Versuch 2: Laborversuch mit *Pentatoma rufipes*

3.2.1 Versuchsaufbau und Datenanalyse

Die Wirkung von 2 % Kaolin (Surround® WP; 95 % Kaolin, AL151208, Stähler Suisse SA), 0.02 % Spinosad (Success 4; 44.2 % Spinosad, FO55F1T011, Dow Agrosiences S.A.S) und 3.5 % Paraffinöl (Weissöl S; 99.1 % Paraffinöl, 30000625104, Schneiter Agro AG) wurde auf L5 Nymphen der rotbeinigen Baumwanze, die kurz vor der Entwicklung zum Erwachsenenstadium standen, getestet. Die Nymphen wurden anfangs Juli in einer Kirschenanlage in Flawil SG (47°24'18.0"N 9°11'43.2"E) mittels Klopfrichter gesammelt und in Netzkäfigen auf unbehandelten Kirschenzweigen mit Früchten ein paar Tage bis zum Versuchsbeginn gehalten. Die Suspensionen der Insektizide wurden mit destilliertem Wasser angerührt. Kirschenzweige mit je zwei Früchten und sechs Blättern (Abbildung 6) wurden in einer Drehtellerspritzkabine mit den Pflanzenschutzmitteln behandelt. Die Kontrolle wurde mit destilliertem Wasser behandelt. Aus vier *flat-jet*-Düsen wurden 80 ml Spritzbrühe mit 2 bar Druck auf jeweils zehn Zweige gleichmässig appliziert.

Die getrockneten Zweige wurden in einen Wasserbehälter gestellt und zusammen mit sechs Wanzen in einem Plastikzylinder mit Netzdeckel- und Boden (Abbildung 6) und einem Wasserspender für die Wanzen im Labor bei 24 ± 1 °C und 40 ± 3 % relativer Luftfeuchtigkeit gehalten. Jedes Verfahren wurde achtmal repliziert. Nach fünf Tagen wurden die Wanzen auf frisch behandelte Zweige umgesiedelt. Tote Wanzen wurden zur Verhinderung von Kannibalismus und der damit verbundenen zusätzlichen Nahrungsaufnahme täglich entfernt. Die Mortalität nach fünf und vierzehn Tagen wurde mit linearen Modellen mit dem Faktor Insektizid (Kontrolle, Spinosad, Kaolin, Paraffinöl) im Statistikprogramm R 4.0.1

(The R Foundation for Statistical Computing, 2020) statistisch analysiert. Die Modellannahmen wurden validiert. χ^2 und *P*-Werte wurden mit dem R package *car* (Fox & Weisberg, 2019) mit Typ III Quadratsummen bei Interaktionen im Modell extrahiert. Post-hoc Vergleiche wurden mit dem R package *lsmeans* (Lenth, 2016) durchgeführt.



Abbildung 6: Kirschenzweig mit zwei Früchten im Plastikzylinder (links, Mitte), behandelt mit Kaolin (rechts)

4. Resultate und Diskussion

4.1 Versuch I – Kaolin in Birnenanlagen

Obwohl Klopfproben als gängige Methode für das Monitoring von Wanzen gelten, konnten wir damit - wie in den beiden vorherigen Versuchsjahren - die Wanzen nicht verlässlich erfassen. Trotz mehrerer Termine und unzähligen beprobten Bäumen fanden wir bei den Klopfproben nur vereinzelt Wanzen. Bei den Klopfproben in Frick AG und Egg ZH wurden an beiden Terminen keine Wanzen gefangen. In den Anlagen in Berg TG und Güttingen TG wurden lediglich am 7.5.2020 Nymphen der rotbeinigen Baumwanze in den Klopfproben gefunden: Wobei es in Berg TG eine einzelne und in Güttingen TG nur drei Wanzen waren. An den anderen beiden, späteren Terminen hatte es in beiden Anlagen keine Wanzen in den Klopfproben. In der Birnenanlage in Aesch BL wurden Wanzen gefunden: am 6.5.2020 waren drei adulte *H. halys* und neun *P. rufipes* Nymphen, am 25.5.2020 eine adulte *H. halys* und 21 *P. rufipes* Nymphen und am 24.6.2020 drei Nymphen und acht Adulte von *P. rufipes* in den Klopfproben. Es konnte aber kein Muster in der Anzahl Wanzen entsprechend den Behandlungen mit Kaolin festgestellt werden.

Die Pheromonfallen in Frick TG boten zumindest für *H. halys* ein verlässlicheres Monitoring (Abbildung 7). Im Gegensatz zu anderen Insektenfallen, welche oft mit Sexualpheromonen ausgestattet sind, enthält die Lockfalle für *H. halys* ein Aggregationspheromon. *Halyomorpha halys* geht daher oft nicht in die Falle selbst, sondern hält sich in ihrer unmittelbaren Umgebung auf. Dies genügt zwar für ein Monitoring und darauf basierende Entscheidungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmassnahmen (Short et al., 2017), die Lockwirkung kann

aber zu erhöhten Schäden durch *H. halys* in der zu schützenden Kultur selbst führen (Akotsen-Mensah et al., 2018; Sargent et al., 2014). Deutlich zu sehen ist in den Fällen das Auftreten der Nymphen der neuen Generation ab Mitte Juli. Ab August überlappen Adulte der F₁-Generation und Nymphen der F₁- und F₂-Generation. Es wurde wohl eine zweite Generation an Nymphen produziert, die sich aber vermutlich bis Ende Saison nicht zu der überwinterrnden adulten Form entwickeln konnte, da es im Mai teilweise eher kühl war (Abbildung 8).

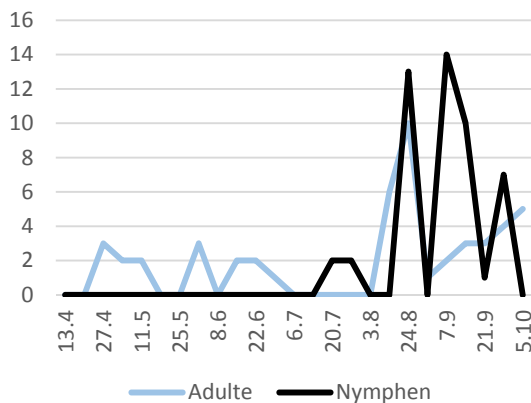


Abbildung 7: Anzahl Nymphen (blau) und Adulte (schwarz) von *Halymorpha halys* in den beiden Pheromonfallen in Frick AG.

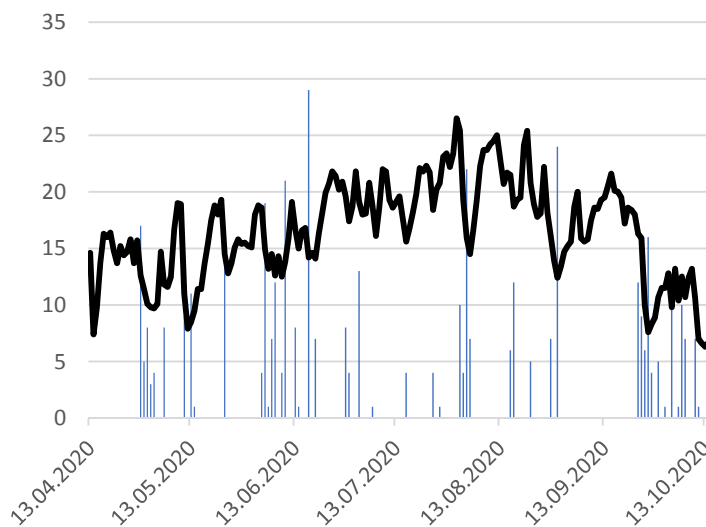


Abbildung 8: Tägliche Wetterdaten gemessen in Frick AG: Tagesdurchschnittstemperatur °C (schwarze Linie) und mm Niederschlag / m²

Der Zuwachs der Aktivität der marmorierten Baumwanze war auch am zunehmenden Schaden an den zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingensetzten Früchten erkennbar. Je früher die Birnen eingensetzt wurden (Abbildung 9), desto kürzer hatten die Wanzen Möglichkeit diese anzustechen. Dementsprechend war der Schaden an den früh in der Saison eingensetzten Birnen geringer ($\chi^2_{1,25} = 29.024$, $P < 0.001$; Abbildung 10). Da die Schäden erst während der Fruchtreife entstanden sind, stammen diese vermutlich von der marmorierten Baumwanze und nicht von der rotbeinigen Baumwanze, die vor allem während der Blüte

aktiv ist. Der Fruchtschaden unterschied sich nicht signifikant zwischen den Sorten ($\chi^2_{1,25} = 9.345$, $P = 0.096$). Bei den eingennetzten Birnen in Berg TG konnte kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden ($\chi^2_{1,14} = 2.624$, $P = 0.105$). Generell hatte es dort aber auch viele Netze ohne beschädigte Früchte. In den breit gestreuten Daten gab es zwischen den früheren und späteren Einnetzungszeitpunkten dadurch keine statistisch signifikante Zunahme der Schäden (7.5.2020: 0.00 ± 0.00 %; 26.5.2020: 8.75 ± 4.07 %; 25.6.2020: 16.61 ± 6.24 %). Auch hier gab es keinen signifikanten Sortenunterschied ($\chi^2_{1,14} = 0.228$, $P = 0.633$).



Abbildung 9: Eingennetzter Ast

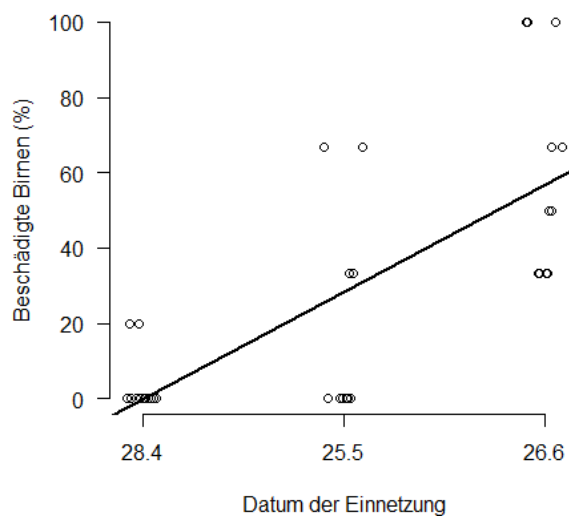


Abbildung 10: Prozentualer Fruchtschaden bei verschieden lang eingennetzten Birnen

In Frick AG ($\chi^2_{5,108} = 14.191$, $P = 0.014$; Tabelle 2) und Egg ZH (Tabelle 3), beides Anlagen mit einer einzelnen Reihe Birnen am Rand einer kleinen Apfelanlage, konnte eine sortenabhängige Wirkung des Kaolins auf die Wanzen Schäden beobachtet werden. Analog zu den Einnetzungsversuchen stieg der prozentuale Wanzen Schaden in Frick AG über die drei Erhebungszeitpunkte signifikant an ($\chi^2_{1,108} = 32.601$, $P < 0.001$; Tabelle 2). Bei der ersten Bonitur am 9.7.2020 in Egg ZH konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den behandelten und unbehandelten Harrow Sweet + Concorde festgestellt werden ($\chi^2_{1,26} = 2.295$, $P = 0.130$), lediglich Harrow Sweet hatte generell mehr Schäden als Concorde ($\chi^2_{1,26} = 6.945$, $P = 0.008$). Erst bei der späteren Bonitur am 5.8.2020 waren die Unterschiede genügend deutlich und statistisch signifikant verschieden zwischen den behandelten und unbehandelten Birnen ($\chi^2_{1,26} = 5.993$, $P = 0.014$). Die Sorte Harrow Sweet hatte nach wie vor signifikant mehr Schäden als Concorde ($\chi^2_{1,26} = 22.282$, $P < 0.001$). Bei beiden Bonituren in Egg ZH konnte für die Sorte Conference kein statistisches Modell gefunden werden um die erhobenen Daten korrekt zu beschreiben. Dies weist darauf hin, dass ein weiterer, unbekannter Effekt den (Wanzen-)Schaden in dieser Sorte beeinflusst hat. Bei Conference hatte auch am Standort Frick

AG Kaolin keinen signifikant reduzierenden Effekt auf die Wanzen Schäden. Dagegen wirkte Kaolin an beiden Standorten bei der Sorte Concorde.

Tabelle 2: Wanzen Schaden (%) an Birnen in Frick AG in Abhängigkeit der Sorte

Verfahren	Datum	Celina	Concorde	Kristina	Conference	NP_452	ACW_3764
Kaolin	8.7.2020	1.3 ± 1.3	5.0 ± 2.9	1.7 ± 1.7	8.3 ± 4.4	6.7 ± 1.7	1.3 ± 1.3
	6.8.2020	0.0 ± 0.0	6.7 ± 1.7	3.3 ± 1.7	11.7 ± 1.7	6.7 ± 1.7	6.7 ± 3.3
	24.8.2020	4.4 ± 1.4	11.7 ± 1.5	11.7 ± 2.6	15.0 ± 2.4	10.0 ± 1.2	11.7 ± 1.8
unbehandelt	8.7.2020	2.5 ± 1.4	6.7 ± 3.3	13.3 ± 6.7	6.6 ± 2.4	5.0 ± 2.0	0.0 ± 0.0
	6.8.2020	8.3 ± 4.2	18.3 ± 3.3	13.4 ± 6.6	11.1 ± 4.2	10.0 ± 0.0	2.5 ± 2.5
	24.8.2020	12.7 ± 1.9	33.3 ± 5.3	36.0 ± 7.3	16.2 ± 2.2	11.7 ± 1.3	5.0 ± 1.7
Statistischer Unterschied Kaolin vs. unbehandelt		<i>P</i> = 0.037	<i>P</i> = 0.005	<i>P</i> = 0.001	<i>P</i> = 0.727	<i>P</i> = 0.725	<i>P</i> = 0.658

Tabelle 3: Wanzen Schaden (%) an Birnen in Egg ZH in Abhängigkeit der Sorte

Verfahren	Datum	Concorde	Conference	Harrow Sweet
Kaolin	9.7.2020	1.0 ± 1.0	4.0 ± 2.4	10.0 ± 6.1
	5.8.2020	3.0 ± 1.3	5.5 ± 2.2	11.1 ± 2.3
unbehandelt	9.7.2020	5.0 ± 2.6	1.8 ± 0.8	20.0 ± 8.5
	5.8.2020	5.7 ± 1.7	2.6 ± 1.1	26.3 ± 10.0

In den grossen Birnenanlagen (TG & BL) stieg der Schaden im Juli bei den unbehandelten Birnen gegen Ernte innert zwei Wochen signifikant um 26.4 % ($z = 2.251$, $P = 0.024$), wohingegen bei den mit Kaolin behandelten Birnen der Schaden nur um 11.9 % anstieg ($z = 2.251$,

$P = 0.024$; Abbildung 11). Bis die Schäden der Einstiche der Wanzen als Dellen und Deformationen sichtbar sind, dauert es eine gewisse Zeit. Zudem hatte die Sorte Concorde signifikant mehr Schäden als Kaiser Alexander ($z = 6.119$, $P < 0.001$) und Conference ($z = 6.096$, $P < 0.001$). Dieser Effekt war aber teilweise auch den unterschiedlichen Standorten mit unterschiedlichem Schädlingsdruck geschuldet, da nicht alle Sorten in allen Anlagen vorkamen.

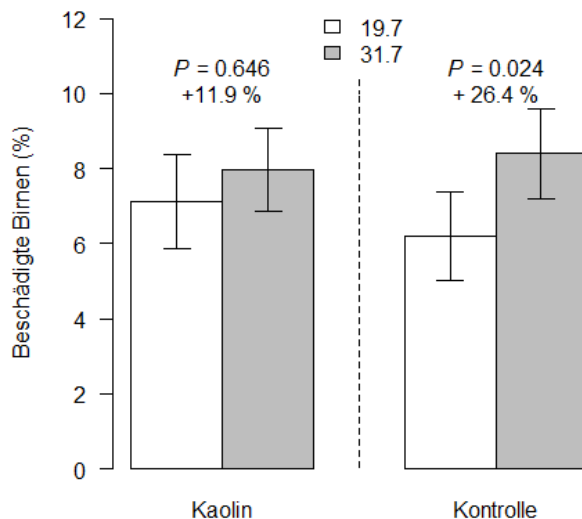


Abbildung 11: Durchschnittliche Prozent beschädigte Birnen \pm Standardfehler in den grossen Birnenanlagen in Göttingen TG, Berg TG und Aesch BL. Die Fruchtbonituren wurden am 19.7.2020 (weisse Balken) und zwei Wochen später am 31.7.2020 (graue Balken) durchgeführt.

Die Anzahl an Nützlingen unterschied sich nicht signifikant zwischen der unbehandelten Kontrolle und den mit Kaolin behandelten Bäumen ($\chi^2_{1,16} = 2.121$, $P = 0.145$). Kaolin wurde in diversen Studien als unbedenklich für Nützlinge befunden (Bengochea et al., 2014; Karagounis et al., 2006; Porcel et al., 2011).

4.2 Versuch 2: Laborversuch mit *Pentatoma rufipes*

Da die rotbeinige Baumwanze unregelmässig Schäden in Obstanlagen anrichtet und Feldversuche somit nicht immer Ergebnisse liefern, testeten wir die Wirksamkeit von Spinosad, Kaolin und Paraffinöl in einem Laborversuch. Die L5 Nymphen zu Beginn des Versuches entwickelten sich während den 14 Versuchstagen zu adulten Wanzen.

Nach fünf Tagen auf den behandelten Zweigen gab es signifikante Unterschiede in der Mortalität zwischen den getesteten Insektiziden ($F_{3,28} = 2.295$, $P = 0.130$). Spinosad zeigte mit einem Wirkungsgrad von 86.6 % eine signifikante Wirkung (Abbildung 12). Spinosad ist ein breitwirkendes Nervengift mit rasch eintretender Toxizität (Sparks et al., 2012).

Nach fünf Tagen hatte Kaolin noch keine signifikante Wirkung, aber nach 14 Tagen waren signifikant mehr Wanzen auf mit Kaolin behandelten Zweigen verstorben, der Wirkungsgrad lag dann bei 58.1 % (Abbildung 12). Die weisse Schicht mit Mineralpartikeln (Abbildung 6), die stark an den Insektentarsi heften, erschwert das Festhalten der Insekten an den

behandelten Oberflächen und kann auch die Nahrungsaufnahme behindern und reduzieren (Glenn et al., 1999; Glenn & Puterka, 2005). Die reduzierte Nahrungsaufnahme erklärt die langsamere Wirkungsweise von Kaolin gegenüber dem Nervengift Spinosad.

Paraffinöl erstickt Insekten, indem es eine luftundurchlässige Schicht auf den Insekten bildet (Cranshaw & Baxendale, 2005). Da Paraffinöl zeitig im Frühjahr noch vor der Blüte appliziert wird, wenn die rotbeinigen Baumwanzen noch im L1/L2 Stadium sind, haben wir im Versuch mit den L5 Larven bewusst die Wanzen nicht direkt besprüht. In der Praxis würden diese späteren Stadien ebenfalls nur mit Rückständen auf den Pflanzen in Berührung kommen und nicht direkt getroffen werden. Das Paraffinöl hatte aber keine Wirkung auf die L5 Nymphen der rotbeinigen Baumwanzen (Abbildung 12).

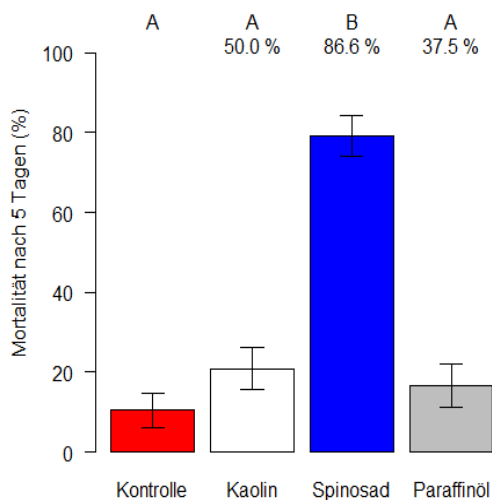


Abbildung 12: Prozentuale Mortalität \pm Standardfehler von *Pentatoma rufipes* 5 Tage nach der ersten Behandlung

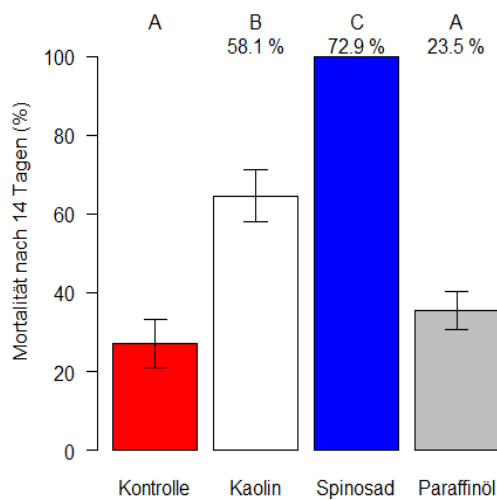


Abbildung 13: Prozentuale Mortalität \pm Standardfehler von *Pentatoma rufipes* 14 Tage nach der ersten und 9 Tage nach der zweiten Behandlung

5. Fazit

Dank der direkten Teilwirkung auf das Überleben der rotbeinigen Baumwanze und Dank der Reduktion der Wanzenschäden durch Baumwanzen an Birnen hat Kaolin das Potential zur Anwendung in der Obstproduktion. Kaolin wird zur Bekämpfung des Birnblattsaugers bereits in Birnen eingesetzt. Eine längere Einsatzdauer bis im Sommer könnte helfen die Wanzenschäden in der Praxis zu reduzieren. Kaolin hatte im Feld auch in anderen Kulturen (Kuhar et al., 2019) und gegen andere Wanzenarten (Lalancette et al., 2005) eine Wirkung. Wegen der Teilwirkung und sortenabhängigen Wirkung kann Kaolin aber nicht als alleinige Lösung zur Reduktion der Wanzenschäden dienen.

6. Danksagung

Unser herzlicher Dank geht an die Produzenten für das Bereitstellen und Behandeln der Versuchsflächen und die gute Zusammenarbeit. Zudem danken wir dem Migros-Genossenschafts-Bund, der Fondation Sur-La-Croix und dem Bundesamt für Landwirtschaft für die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojektes. Stähler Suisse SA danken wir für das Sponsern von Surround® WP.

7. Referenzen

- Akotsen-Mensah C, Kaser JM, Leskey TC & Nielsen AL (2018) *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) responses to traps baited with pheromones in peach and apple orchards. *Journal of Economic Entomology* 111: 2153-2162. doi:10.1093/jee/toy200.
- Bates D, Maechler M, Bolker B & Walker S (2015) Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 67: 1-48. doi:doi:10.18637/jss.v067.i01.
- Beliën T (2013) Integrated pest management in pip fruit orchards and the challenge to control stink bugs (Pentatomidae): Integrated Pest Management in horticulture: research for practice (ed. Benelux Society for Horticultural Science (BNL-SHS), 9090 Melle, Belgium).
- Beliën T, Peusens G, Schoofs H & Bylemans D (2015) Stink Bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in Pear Orchards: Species Complex, Population Dynamics, Damage Potential and Control Strategies, Vol. 1094.: Xii International Pear Symposium (ed. by T Deckers & J Vercammen), pp. 415-420.
- Bengochea P, Budia F, Vinuela E & Medina P (2014) Are kaolin and copper treatments safe to the olive fruit fly parasitoid *Psytalia concolor*? *Journal of Pest Science* 87: 351-359. doi:10.1007/s10340-013-0543-5.
- Burjanadze M, Kharabadze N & Chkhidze N (2020) Testing local isolates of entomopathogenic microorganisms against Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* in Georgia, Vol. 18: Iv All-Russian Plant Protection Congress with International Participation: Phytosanitary Technologies in Ensuring Independence and Competitiveness of the Agricultural Sector of Russia (ed. by Y Tokarev & V Glupov).
- Cahenzli F & Daniel C (2018) Bekämpfung der Rotbeinigen Baumwanze *Pentatoma rufipes* L. in Birnen. *Organic eprints* 37119.
- Cahenzli F & Daniel C (2019) Baumwanzen an Birnen. *Organic eprints* 37120. doi:<https://orgprints.org/37120/>.
- Cranshaw W & Baxendale B (2005) Insect control: horticultural oils. Colorado State University, Fort Collins (Colorado).
- Egger B (2019) Die Rotbeinige Baumwanze in Kirschen. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 25: 25.
- Fox J & Weisberg S (2019) An {R} Companion to applied regression, third edition. Sage, Thousand Oaks CA.

- Glenn D, Puterka G & Vanderzwet T (1999) Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. *Journal of Economic Entomology* 92: 759-771.
- Glenn DM & Puterka GJ (2005) Particle films: a new technology for agriculture. , Vol. 1. Auflage: Horticultural reviews (ed. by J Janick) John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, pp. 2-36.
- Gradish AE, Fraser H & Scott-Dupree CD (2019) Direct and residual contact toxicity of insecticides to *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Canadian Entomologist* 151: 209-218. doi:10.4039/tce.2018.62.
- Haye T, Abdallah S, Garipey T & Wyniger D (2014) Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Europe. *Journal of Pest Science* 87: 407-418. doi:10.1007/s10340-014-0560-z.
- Haye T, Garipey T, Hoelmer K, Rossi JP, Streito JC, Tassus X & Desneux N (2015) Range expansion of the invasive brown marmorated stinkbug, *Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide. *Journal of Pest Science* 88: 665-673. doi:10.1007/s10340-015-0670-2.
- Höhn H, Höpli HU & Graf B (1993) Wanzenschäden an Golden – weiterhin offene Fragen. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 129: 740-746.
- Karagounis C, Kourdoumbalos A, Margaritopoulos J, Nanos GD & Tsitsipis JA (2006) Organic farming - compatible insecticides against the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) in peach orchards. *Journal of Applied Entomology* 130: 150-154.
- Kehrli P, Pasquier D & Höhn H (2011) Die Rotbeinige Baumwanze, ein sporadisch auftretender Schädling im Obstbau. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 4: 10-13.
- König V (2015) Monitoring der Rotbeinigen Baumwanze. *Öko-Obstbau* 4: 18-22.
- Kuhar TP & Kamminga K (2017) Review of the chemical control research on *Halyomorpha halys* in the USA. *Journal of Pest Science* 90: 1021-1031. doi:10.1007/s10340-017-0859-7.
- Kuhar TP, Morehead JA & Formella AJ (2019) Applications of kaolin protect fruiting vegetables from Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science* 54: 401-408. doi:10.18474/jes18-126.
- Lalancette N, Belding RD, Shearer PW, Frecon JL & Tietjen WH (2005) Evaluation of hydrophobic and hydrophilic kaolin particle films for peach crop, arthropod and disease management. *Pest Management Science* 61: 25-39. doi:10.1002/ps.943.
- Lenth RV (2016) Least-Squares Means: The R Package lsmeans. *Journal of Statistical Software* 69: 1-33. doi:doi:10.18637/jss.v069.i01.
- Leskey TC, Lee D-H, Short BD & Wright SE (2012) Impact of Insecticides on the Invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae): Analysis of Insecticide Lethality. *Journal of Economic Entomology* 105: 1726-1735.
- Leskey TC, Short BD & Lee D-H (2014) Efficacy of insecticide residues on adult *Halyomorpha halys* (Stal) (Hemiptera: Pentatomidae) mortality and injury in apple and peach orchards. *Pest Management Science* 70: 1097-1104.
- Maistrello (2017) Monitoring of the invasive *Halyomorpha halys* a new key pest of fruit orchards in northern Italy.pdf>. doi:10.1007/s10340-017-0896-2.
- Maistrello L, Vaccari G, Caruso S, Costi E, Bortolini S, Macavei L, Foca G, Ulrici A, Bortolotti PP, Nannini R, Casoli L, Fornaciari M, Mazzoli GL & Dioli P (2017) Monitoring of

- the invasive *Halyomorpha halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy. *Journal of Pest Science* 90: 1231-1244. doi:10.1007/s10340-017-0896-2.
- Morehead JA & Kuhar TP (2017) Efficacy of organically approved insecticides against brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* and other stink bugs. *Journal of Pest Science* 90: 1277-1285. doi:10.1007/s10340-017-0879-3.
- Parker BL, Skinner M, Gouli S, Gouli V & Kim JS (2015) Virulence of BotaniGard((R)) to Second Instar Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae). *Insects* 6: 319-324. doi:10.3390/insects6020319.
- Porcel M, Cotes B & Campos M (2011) Biological and behavioral effects of kaolin particle film on larvae and adults of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Biological Control* 59: 98-105. doi:10.1016/j.biocontrol.2011.07.011.
- Powell G (2020) The biology and control of an emerging shield bug pest, *Pentatoma rufipes* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Agricultural and Forest Entomology* 22: 298-308. doi:10.1111/afe.12408.
- Sargent C, Martinson HM & Raupp MJ (2014) Traps and trap placement may affect location of Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) and increase injury to tomato fruits in home gardens. *Environmental Entomology* 43: 432-438. doi:10.1603/en13237.
- Short BD, Khimian A & Leskey TC (2017) Pheromone-based decision support tools for management of *Halyomorpha halys* in apple orchards: development of a trap-based treatment threshold. *Journal of Pest Science* 90: 1191-1204. doi:10.1007/s10340-016-0812-1.
- Sonnati C, Molinari F & Ughini V (2009) Seven years of observation of the presence of different plant bug species in the hazelnut orchards of cultivar 'Tonda Gentile delle Langhe' in Piedmont, Vol. 845: VII International Congress on Hazelnut (ed. by L Varvaro & S Franco), pp. 543-548.
- Sparks TC, Dripps JE, Wtson G.B. & Paroonagian D (2012) Resistance and cross-resistance to the spinosyns - A review and analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 102: 1-10.
- Taylor C, Johnson V & Dively G (2017) Assessing the use of antimicrobials to sterilize brown marmorated stink bug egg masses and prevent symbiont acquisition. *Journal of Pest Science* 90: 1287-1294. doi:10.1007/s10340-016-0814-z.
- The R Foundation for Statistical Computing (2020) R version 4.0.1 (2020-06-06) -- "See Things Now".
- Tischler W (1939) Zur Ökologie der wichtigsten in Deutschland an Getreide schädlichen Pentatomiden II.
- Trautmann M & Wetzler H (2010) Die Baumwanze *Pentatoma rufipes* (L.), ein Fruchtschädling in Birnenanlagen des Bodenseegebietes. *Obstbau* 3: 30-133.
- Wildbolz T, Vogel W & Henauer A (1955) Wanzen-schäden an Glockenäpfeln. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 64: 531-534.