

Surround zur Kontrolle der Kirschessigfliege *Drosophila suzukii* auf Weintrauben



Dr. Fabian Cahenzli, Dr. Claudia Daniel
 Departement für Nutzpflanzenwissenschaften

22.06.2017



Fonds européen de développement régional
 (FEDER)
 Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
 (EFRE)



EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

Das FiBL hat Standorte in der Schweiz, Deutschland und Österreich
 FiBL offices located in Switzerland, Germany and Austria
 FiBL est basé en Suisse, Allemagne et Autriche

FiBL Schweiz / Suisse
 Ackerstrasse 113, Postf. 219
 5070 Frick, Schweiz
 Tel. +41 (0)62 865 72 72
 info.suisse@fibl.org, www.fibl.org
 fabian.cahenzli@fibl.org
 claudia.daniel@fibl.org

1 Zusammenfassung und Empfehlungen

Im Sommer 2016 wurde an den Weinsorten Gamaret und Garanoir in Frick ein Versuch angelegt, um die Wirksamkeit von Surround (Kaolin) in zwei verschiedenen Konzentrationen (18 & 24 kg/ha), mit drei Applikationen alle zwei Wochen, gegen die Kirschessigfliege *Drosophila suzukii* zu testen.

Aufgrund des geringen Befallsdruck konnte im Versuch bei drei Terminen bis zur Ernte keine **Eiablage im Rebberg** festgestellt werden. Es konnten keine **Nebenwirkungen von Surround auf Nichtzielorganismen** gefunden werden. Aufgrund der niedrigen Anzahl an Nichtzielorganismen in der unbehandelten Kontrolle, kann dazu jedoch noch keine abschliessende Aussage getroffen werden.

Neben den Erhebungen im Freiland wurden acht Tage nach der letzten Behandlung Beeren geerntet, die im **Labor** in Fliegenkäfigen exponiert wurden. Beide Konzentrationen von Surround verringerten die **Eiablage** der Kirschessigfliege signifikant. Beide Konzentrationen hatten aber keine insektizide (abtötende) Wirkung. Zusätzlich wurde die Eiablage auch in vertrocknete Beeren, bei denen zwecks Steigerung des Zuckergehalts die Triebe der Trauben geschnitten wurden, getestet. Die Eiablage in diese Beeren im Labor war aber sehr gering, weshalb keine abschliessende Beurteilung zur Wirksamkeit von Surround auf vertrocknete Beeren gemacht werden kann.

Die Laborresultate zeigen eine gute Wirkung von Surround, die jedoch noch durch Freilandversuche in einem Jahr mit hohem Befallsdruck von *D. suzukii* verifiziert werden müssen. Surround wurde in den letzten Jahren (2014-2016) per Ausnahmenbewilligung im Rebbaubau zugelassen und ist auch im Bioanbau erlaubt.

2 Einleitung

Die Kirschessigfliege *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) wurde 2008 aus Südostasien nach Europa eingeschleppt und verursacht seitdem z.T. massive Ertragsausfälle. Sie befällt alle Weichobstarten, wie z.B. Beeren, Kirschen, Zwetschgen und Trauben. Auch viele wilde Pflanzen, wie z.B. Holunder und Schneeball dienen als Wirtspflanzen. Der Hauptschaden entsteht durch die bei der Eiablage verursachte Verletzung der Beeren und den Larvenfrass in den Früchten. Da der Generationszyklus sehr kurz ist und daher mehrere Generationen parallel auftreten, kommt es zu einem starken Befallsdruck im Spätsommer und Herbst. Da Weinreben länger hängen als z.B. Beeren und die Lese erst im Herbst stattfindet, findet ein besonders starker Einflug statt.

Nach dem feuchten Sommer im Jahr 2014 trat an vielen Orten erstmals ein wirtschaftlich relevanter Kirschessigfliegenbefall in den Rebbergen auf, was zu einer erhöhten Nachfrage der Praxis nach wirksamen Bekämpfungsmethoden führte. Das Kaolin-Produkt Surround wurde deshalb im Jahr 2014 vom BLW per Ausnahmegewilligung für den Einsatz in Reben zugelassen, obwohl keine Daten zur Wirksamkeit, wie auch zu Nebenwirkungen, vorlagen. Auch im Folgejahr bewilligte das BLW den Einsatz von Kaolin in Reben gegen *D. suzukii*. Im Sommer 2015 war das Wetter jedoch sehr heiss und trocken und es trat deshalb kein *D. suzukii* Befall im Rebberg in Frick auf. Laborversuche mit im Feld behandelten Beeren der Weinsorten Chambourcin und Prior zeigten aber, dass Kaolin die Eiablage effizient verringern kann, obwohl es keine insektizide Wirkung hat.

In einem Folgeversuch im Sommer 2016 wurde die Schutzwirkung von Surround in zwei verschiedenen Konzentrationen (18 & 24 kg/ha) an Reben gegen die Eiablage von *D. suzukii* erneut getestet. Dazu wurden die anfälligen Sorten Gamaret und Garanoir in Frick dreimal behandelt und die Eiablage im Feld wie auch im Labor untersucht. Zudem wurden Nebenwirkungen der beiden Kaolin Konzentrationen auf die Nützlingsabundanz im Feld erhoben.

Die folgenden Versuchsfragen sollten beantwortet werden:

- Verringert Surround die die Eiablage auf die Weinsorten Gamaret und Garanoir?
- Hat Surround eine insektizide Wirkung?
- Hat Surround eine negative Auswirkung auf andere Arthropoden im Rebberg?
- Gibt es Unterschiede in der Wirksamkeit zwischen den beiden Surround-Konzentrationen?

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsaufbau, Verfahren & Behandlungstermine

Der Versuch wurde an Reben der Sorte Gamaret und Garanoir (Pflanzabstand 90 cm) im Versuchsrebbereich in Frick (47°30' N 08°1' O) durchgeführt. Die beiden verschiedenen Konzentrationen und die unbehandelten Kontrolle wurden jeweils in vier Wiederholungen appliziert (Abbildung 1). Surround (Wirkstoff: Kaolin, Stähler Suisse SA, Zofingen) wurde mit 18 kg/ha und 24 kg/ha appliziert. Eine Versuchspartizelle bestand aus jeweils drei Reihen mit einer Rei-

henlänge von 11 m und 8 m in den Kontrollen. Bei einem Reihenabstand von ca. 2 m wurden pro Block somit ungefähr 66 m² behandelt. Die Reben wurden am 31.08.2016, 17.09.2016 und 26.09.2016 behandelt. Surround wurde in heissem Wasser gut angerührt. Die Spritzbrühe wurde mit einem Turbomobil mit 4 km/h Fahrtgeschwindigkeit und einem Druck von 8.7 bar ausgebracht. Bei der ersten Applikation wurden 1200 l/ha aus sechs Holkegeldüsen (je drei links und rechts) appliziert. Bei den nächsten beiden Applikationen wurden, um einen besseren Spritzbelag auf den Beeren zu erreichen, 800 l/ha aus vier Düsen appliziert. In den Tanks blieben jeweils zwischen 5-10 l Spritzbrühe zurück.

Bei einem Teil der Trauben wurden die Triebe abgeschnitten, damit die Beeren für die Spätlese eintrocknen.

		kg/ha Kaolin	8m	11m	8m	11m	Rest		
104	Muscat Bleu	24	Kontrolle	24	Kontrolle	24	24		Puffer Garanoir
105	Garanoir	24	Kontr 1	24 1	Kontrolle	24 2	24		Auszählung Garanoir
105	Garanoir	24	Kontrolle	24	Kontrolle	24	24		
106	Garanoir	18	Kontrolle	18	Kontrolle	18	18		Puffer Gamaret
106	Garanoir	18	Kontrolle	18 1	Kontr 2	18 2	18		Auszählung Gamaret
107	Gamaret	18	Kontrolle	18	Kontrolle	18	18		Puffer Kontrolle
107	Gamaret	18	Kontrolle	18 1	Kontr 1	18 2	18		Auszählung Kontrolle
108	Garanoir	18	Kontr 3	18 3	Kontrolle	18 4	18		
108	Garanoir	24	Kontrolle	24	Kontrolle	24	24		
108	Garanoir	24	Kontrolle	24 3	Kontr 4	24 4	24		
109	Gamay	24	Kontrolle	24	Kontrolle	24	24		
			8m	11m	8m	11m	11m		
110	Gamaret	24	Kontrolle	24	Kontrolle	24	24		
110	Gamaret	24	Kontr 2	24 1	Kontrolle	24 2	24		
111	Chardonnay	24	Kontrolle	24	Kontrolle	24	24		
			8m	11m	8m	11m	11m	Rest	
113	Muscat Bleu	24	Kontrolle	24	Kontrolle	24	24	24	
114	Gamaret	24	Kontrolle	24 3	Kontr 3	24 4	24	24	
114	Gamaret	24	Kontrolle	24	Kontrolle	24	24	24	
114	Gamaret	18	Kontrolle	18	Kontrolle	18	18	18	
114	Gamaret	18	Kontr 4	18 3	Kontrolle	18 4	18	18	
115	Gamaret???	18	Kontrolle	18	Kontrolle	18	18	18	

Abbildung 1: Versuchsanlage im Rebberg Frick 2016

3.2 Auswertungen und Bonituren

3.2.1 Auswertungen im Freiland

Visuelle Fruchtbonitur (06.09.2016, 22.09.2016, 04.10.2016): Aus der Mittelreihe wurden pro Block je 25 frische und 25 vertrocknete, aber unversehrte Beeren mit Stiel zufällig aus dem obo-

ren Drittel der Trauben geerntet. Die Beeren wurden unter dem Binokular auf Eiablage kontrolliert.

Die **Nebenwirkung der Behandlungen auf Nichtzielorganismen** wurde am 04.10.2016 erhoben. Dafür wurden bei jedem Verfahren die Anzahl Arthropoden pro 20 Blätter aus jedem Block (Blätter direkt über der Traubenzone mit Spritzbelag) visuell erfasst. Für die statistische Datenanalyse wurde die Anzahl gefundener Nützlinge mit einem linearen Modell, mit den Faktoren *Sorte* und *Verfahren* analysiert. Die nichtsignifikante Interaktion zwischen den beiden Faktoren wurde aus dem Modell entfernt.

3.2.2 Versuche im Labor

Neben den Erhebungen im Freiland wurden Laborversuche durchgeführt: die unterschiedlich behandelten Beeren wurden in Käfigen mit Fliegen exponiert, um den Einfluss von Surround auf die Fliegenmortalität und Eiablage zu erfassen. Acht Tage nach der letzten Behandlung, unmittelbar nach der letzten Bonitur im Feld (04.10.2016), wurden pro Sorte drei gesunde, unbeschädigte Beeren während 24 Stunden in einem Käfig mit 15 Weibchen und 5 Männchen (5-10 Tage alt) exponiert. Als Käfig dienten Pappbecher (Dessertbecher Karton/PLA 390 ml, Pacovis AG, Stetten, Art.-Nr.: 133807) mit transparenten Plastikdeckeln (Deckel PLA zu Dessertbecher, 115.1 mm Durchmesser, Pacovis AG, Art.-Nr.: 132902). Die Beeren in den Bechern wurden auf Drahtgitter platziert, damit sie nicht umherrollen. Die Käfige enthielten jeweils ein mit Wasser getränktes Stück Watte zur Feuchtigkeitsversorgung der Kirschessigfliegen. Die Versuche wurden in einer Klimakammer (Percival Intellus, Modell: I-364L4VL, Percival Scientific, Inc., Perry (USA)) bei einer Temperatur von $23 \pm 1.5^\circ\text{C}$, einer Luftfeuchte von $71.7 \pm 2.4\%$ und einer Tagelänge von 16h durchgeführt. Pro Verfahren wurden vier Wiederholungen (= vier Käfige, einer pro Block wie in Abbildung 1 gezeigt) angelegt.

Nach 24 Stunden wurde die Anzahl toter Kirschessigfliegen bei den frischen Beeren gezählt. Für die statistische Datenanalyse wurde die **Mortalität** mit einem «generalized linear model» mit binomial verteilten Fehlern, analysiert. Das Modell testete das Verhältnis von toten zu lebenden Fliegen in Abhängigkeit zu den erklärenden Faktoren *Verfahren* und *Geschlecht*. Die nichtsignifikante Interaktion wurde aus dem Modell entfernt.

Die **Eiablage** an den frischen und vertrockneten Beeren wurde nach 24 Stunden unter dem Binokular ausgezählt. Für die statistische Datenanalyse wurde die Anzahl gelegter Eier auf je drei Beeren (total pro Becher) pro Sorte mit einem «generalized linear model» mit Poisson verteilten Fehlern analysiert. Das Modell testete den Einfluss der Faktoren *Sorte* und *Verfahren* und berücksichtigte mittels Zufallsfaktor *Wiederholung*, dass die Eiablage auf die Beeren der beiden Sorten im selben Becher nicht unabhängig voneinander ist. Die nichtsignifikante Interaktion zwischen den beiden Faktoren wurde aus dem Modell entfernt.

Der **Zuckergehalt** (° Oechsle) aus einer Mischprobe der Beeren wurde pro Block gemessen. Die Daten wurden mit einem linearen Modell, mit den Faktoren *Verfahren*, *Sorte* und *Schnitt* (ja vs. nein) analysiert. Mittels Zufallsfaktor *Block* wurde berücksichtigt, dass frische und trocknen Trauben aus demselben Block nicht unabhängig voneinander sind.

Alle statistischen Analysen wurden mit dem Statistikprogramm R Version 3.3.1 durchgeführt.

4 Resultate und Diskussion

Die **Witterungsbedingungen im Sommer 2016** waren, wie bereits im Jahr 2015, sehr trocken und warm. Während des Versuchszeitraumes im September war es ebenfalls für die Jahreszeit eher zu warm, die Niederschlagsmengen waren vergleichsweise gering (Abbildung 2).

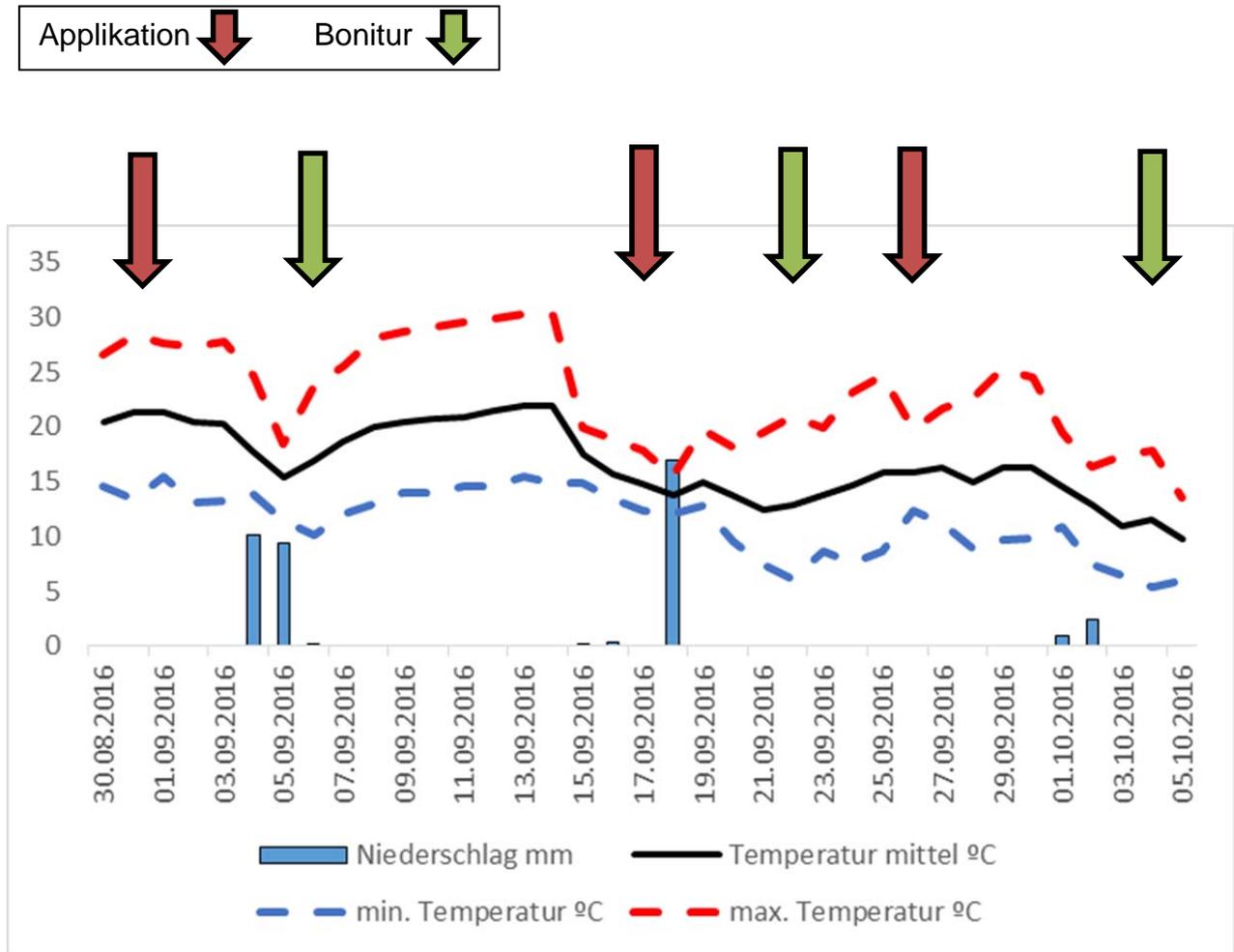


Abbildung 2: Wetterbedingungen während der Versuchsperiode, gemessen in Frick 2016 (Agrometeo.ch)

4.1.1 Auswertungen im Freiland

Bei allen drei Boniturterminen gab es keinen **Befall** bei den 200 kontrollierten Beeren aus den Kontrollblocks im Rebberg. Das Wetter war wie im Vorjahr relativ trocken und warm, weshalb kein grosser Befallsdruck durch *D. suzukii* herrschte. *Drosophila suzukii* bevorzugt mildere und feuchtere Temperaturen (Wiman et al., 2014; Tochen et al., 2016; Wang et al., 2016; Wiman et al., 2016). Des Weiteren war der Penetrationswiderstand, gemessen mit einem Penetrometer mit einer stumpfen 2 mm dicken Nadel, über 100 cN. Ioriatti et al. (2015) bestimmte bei Weintrauben einen kritischen Penetrationswiderstand von 40 cN, ebenfalls mit einer stumpfen 2 mm dicken Nadel. Es ist daher möglich, dass die Kirschessigfliegen die für die Eiablage eher ungeeigneten Weintrauben mieden. Generell gehören Weintrauben nicht zu den bevorzugten Wirtsfrüchten von *D. suzukii* (Lee et al., 2011; Bellamy et al., 2013).

Die **Nebenwirkungen der Behandlungen auf Nichtzielorganismen** wurden mit einer visuellen Kontrolle an den Blättern erfasst. Bei dieser Erhebung wurden insgesamt nur wenige Arten auf den Rebblättern beobachtet. Da sich die Reben bereits im beginnenden Blattfall befanden, sind die geringen Dichten nicht verwunderlich. Es wurde vor allem die Raubmilbe *Typhlodromus pyri* gefunden, dazu vereinzelte Kreuz- und Krabbenspinnen. Dabei gab es weder zwischen den Sorten ($F_{1,17} = 0.00$, $P = 1$), noch den Verfahren ($F_{2,17} = 0.59$, $P = 0.56$) signifikante Unterschiede (Abbildung 3). Mit der aktuellen Datenlage gibt es keinen eindeutigen Hinweis, dass Surround die Nichtzielarthropoden negativ beeinflussen würde. Vor einer abschliessenden Beurteilung der Mittel sollten die Versuche jedoch zu einer anderen Jahreszeit und an anderen Kulturen wiederholt werden.

Das Verfahren hatte keinen signifikanten Einfluss auf den **Zuckergehalt** ($\chi^2 = 3.78$, $P = 0.15$). Diese Beobachtung zeigt, dass die Photosyntheseleistung kurz vor der Ernte durch den Spritzbelag nicht negativ beeinflusst wurde. Die Weintraubensorte Garanoir hatte einen signifikant höheren Zuckergehalt als Gamaret ($\chi^2 = 5.76$, $P = 0.02$; Abbildung 4). Des Weiteren hatten die Beeren, bei denen die Triebe geschnitten wurden, einen signifikant höheren Zuckergehalt als die frischen Beeren ($\chi^2_{2,9} = 376.50$, $P < 0.001$).

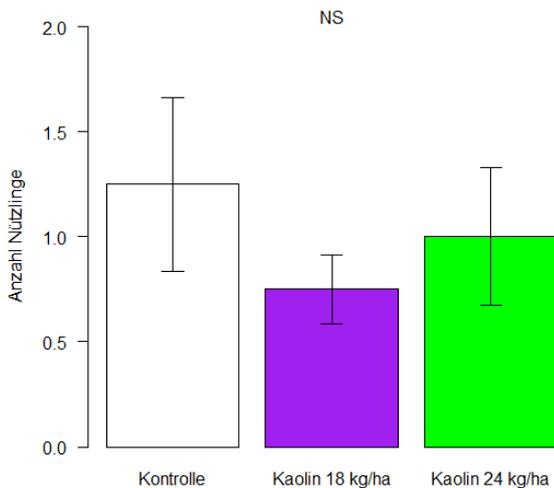


Abbildung 3: Anzahl Nützlinge im Rebberg auf 20 Blättern pro Verfahren.

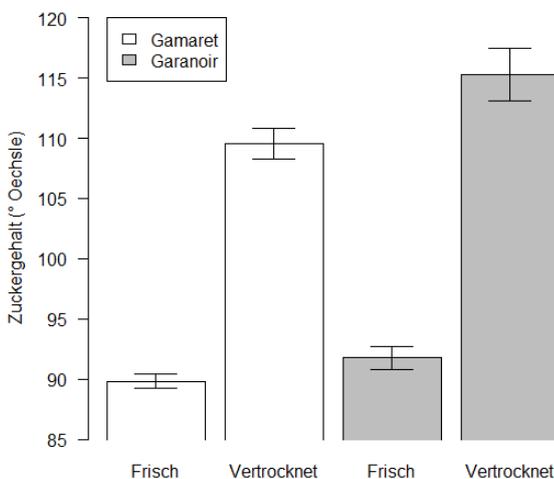


Abbildung 4: Zuckergehalt der Weintraubensorten Gamaret und Garanoir. Bei den vertrockneten Beeren wurden die Triebe der Trauben geschnitten.

4.1.2 Resultate der Laborversuche auf frischen Beeren

Behandelte Beeren aus dem Freiland wurden acht Tage nach der letzten Applikation im Labor in Fliegenkäfigen exponiert. Zwischen der Applikation und der Exposition im Labor gab es nur einen minimalen Niederschlag, welcher den Belag hätte verringern können. Beide Konzentrationen hatten keinen Einfluss auf die **Mortalität** ($\chi^2 = 0.71$, $P = 0.70$; Abbildung 5). Die Männchen überlebten aber signifikant weniger lang als die Weibchen ($\chi^2 = 44.58$, $P < 0.001$).

Die **Eiablage** unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Sorten ($z = 0.49$, $P = 0.62$). Auf die mit 18 kg/ha Kaolin behandelten Beeren ($z = -3.71$, $P < 0.001$) und auf die mit 24 kg/ha Kaolin behandelten Beeren ($z = -3.71$, $P < 0.001$) wurden signifikant weniger Eier gelegt als auf die unbehandelten Beeren (Abbildung 6). Zwischen den beiden Verfahren gab es aber keinen signifikanten Unterschied ($z = 1.10$, $P = 0.27$). Die positiven Resultate bestätigen die letztjährigen Laborversuche, bei denen ebenfalls Kaolin 24 kg/ha die Eiablage auf die Weintraubensorten Chambourcin und Prior signifikant verringern konnte.

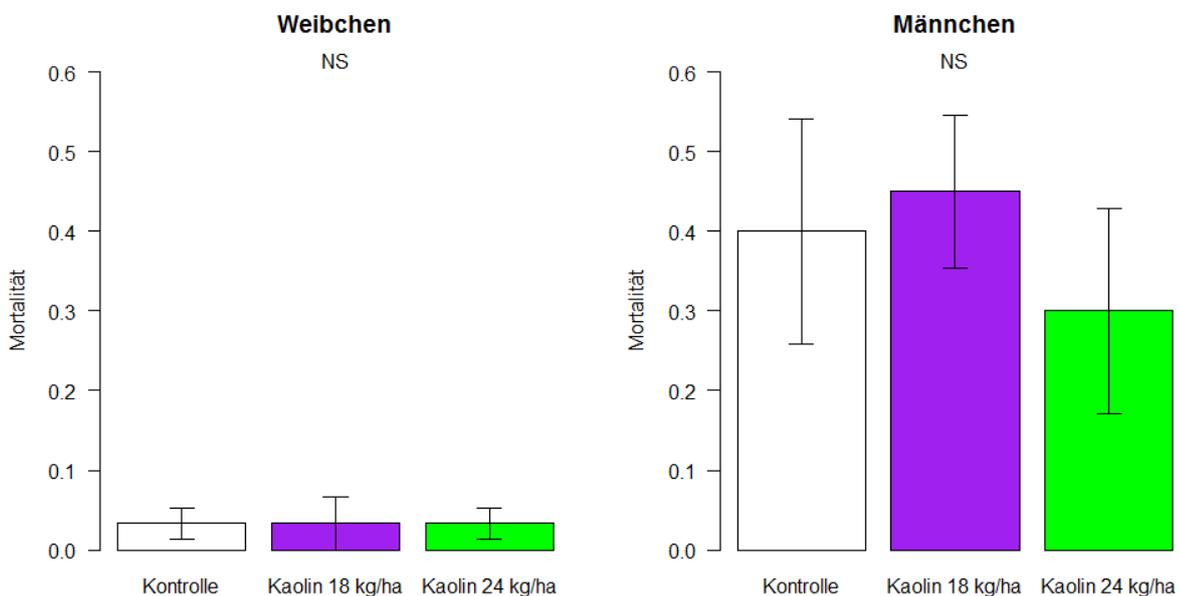


Abbildung 5: Auswirkung der verschiedenen Kaolin-Konzentrationen auf frischen Beeren auf die Mortalität von *D. suzukii* (links: Weibchen, rechts: Männchen).

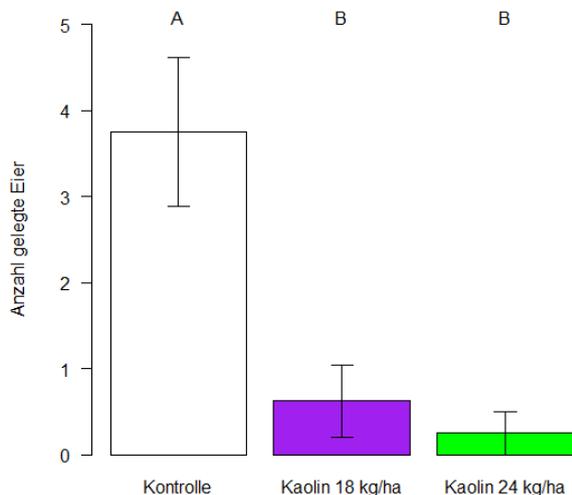


Abbildung 6: Auswirkung der verschiedenen Kaolin-Konzentrationen auf frischen Beeren auf die Eiablage von *D. suzukii*. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren ($P < 0.05$).

4.1.3 Resultate der Laborversuche auf vertrockneten Beeren

Auch die Trauben, bei denen die Triebe geschnitten wurden, wurden im Feld behandelt. Behandelte Beeren aus dem Freiland wurden acht Tage nach der letzten Applikation im Labor in Fliegenkäfigen exponiert. Beide Konzentrationen hatten keinen Einfluss auf die **Mortalität** ($\chi^2 = 5.20$, $P = 0.074$; Abbildung 7). Die Männchen überlebten aber signifikant weniger lang als die Weibchen ($\chi^2 = 39.37$, $P < 0.001$).

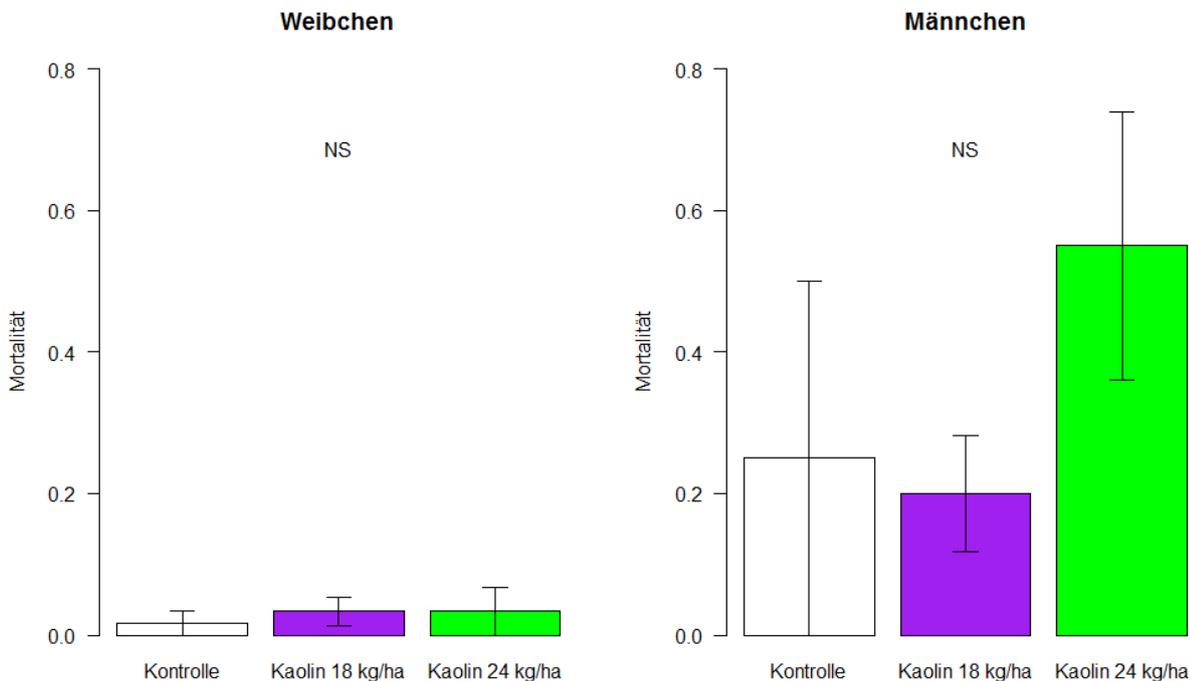


Abbildung 7: Auswirkung der verschiedenen Kaolin-Konzentrationen auf vertrockneten Beeren auf die Mortalität von *D. suzukii* (links: Weibchen, rechts: Männchen). Bei den vertrockneten Beeren wurden die Triebe der Trauben geschnitten.

Die **Eiablage** unterschied sich signifikant zwischen den beiden Sorten ($\chi^2 = 4.50$, $P = 0.04$), da tendenziell mehr Eier auf Garanoir als auf Gamaret abgelegt wurden (Abbildung 8). Das Verfahren hatte keinen Einfluss auf die Eiablage ($\chi^2 = 0.16$, $P = 0.93$). Trotz des klar höheren Zuckergehaltes der vertrockneten gegenüber den frischen Beeren (Abbildung 4), wurden auch in der Kontrolle sehr wenige Eier gelegt. Zuckergehalt der Früchte und Eiablage sind in *D. suzukii* üblicherweise positiv korreliert (Ioriatti et al., 2015; Hamby et al., 2016; Lee et al., 2016), obwohl auch negative Zusammenhänge gefunden wurden (Little et al., 2017). Der Penetrationswiderstand bei den vertrockneten Beeren war aber, wie bei den frischen Beeren ebenfalls, über 100cN (stumpfe 2 mm Nadel) und deshalb hinderlich für die Eiablage. Zudem könnte es sein, dass die geringere Fruchtfestigkeit das Anbohren der Beeren erschwert hat und deshalb generell weniger Eier auf die vertrockneten, gegenüber den frischen Beeren, gelegt wurden. Da bei den vertrockneten Beeren auch bei der Kontrolle fast keine Eier gelegt wurden, kann keine abschliessende Beurteilung betreffend der Wirkung von Kaolin bei diesen Beeren gemacht werden.

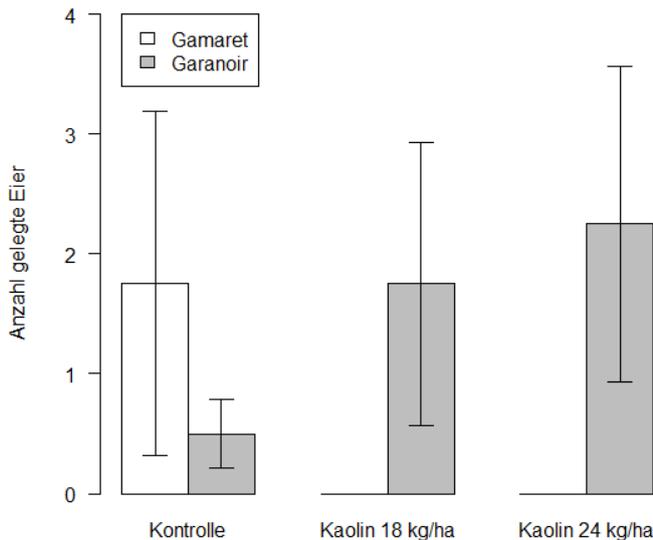


Abbildung 8: Auswirkung der verschiedenen Kaolin-Konzentrationen auf vertrockneten Beeren auf die Eiablage von *D. suzukii*. Bei den vertrockneten Beeren wurden die Triebe der Trauben geschnitten.

5 Schlussfolgerungen

Surround in beiden Konzentrationen (18 & 24 kg/ha) konnte die Eiablage der Kirschessigfliege in Weintrauben der Sorte Gamaret und Garanoir signifikant verringern. Die klare Reduktion der Eiablage bestätigt die Befunde aus den letztjährigen Laborversuchen auf den Sorten Chambourcin und Prior. Vertrocknete Beeren scheinen generell weniger anfällig für die Eiablage von *D. suzukii* zu sein, als frische Beeren. Beide Konzentrationen hatten acht Tage nach der Applikation keine insektizide Wirkung.

Da es keinen Befallsdruck im Freiland gab, müssen die Laborresultate noch durch Freilandversuche in einem Jahr mit hohen Niederschlägen und hohem Befallsdruck von *D. suzukii* verifiziert werden. Nebenwirkungen von Surround auf Nichtzielorganismen wurden nicht gefunden, können jedoch mit dem vorliegenden Versuch nicht abschliessend beurteilt werden.

6 Dank

Vielen Dank an Andi Tuchs Schmid, Philip Gallati und Dominik Schaffner (Weingut FiBL) für die Bereitstellung der Versuchsfläche und die Applikation der Versuchsprodukte.

7 Literatur

- Bellamy, D. E., Sisterson, M. S., and Walse, S. S. (2013). Quantifying host potentials: indexing postharvest fresh fruits for spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Plos One* **8**.
- Hamby, K. A., Bellamy, D. E., Chiu, J. C., Lee, J. C., Walton, V. M., Wiman, N. G., York, R. M., and Biondi, A. (2016). Biotic and abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii* *Journal of Pest Science* **89**.

- Ioriatti, C., Walton, V., Dalton, D., Anfora, G., Grassi, A., Maistri, S., and Mazzoni, V. (2015). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and its Potential Impact to Wine Grapes During Harvest in Two Cool Climate Wine Grape Production Regions. *Journal of Economic Entomology* **108**, 1148-1155.
- Lee, J. C., Bruck, D. J., Curry, H., Edwards, D., Haviland, D. R., Van Steenwyk, R. A., and Yorgey, B. M. (2011). The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Pest Management Science* **67**, 1358-1367.
- Lee, J. C., Dalton, D. T., Swoboda-Bhattarai, K. A., Bruck, D. J., Burrack, H. J., Strik, B. C., Woltz, J. M., and Walton, V. M. (2016). Characterization and manipulation of fruit susceptibility to *Drosophila suzukii*. *Journal of Pest Science* **89**, 771–780.
- Little, C. M., Chapman, T. W., Moreau, D. L., and Hillier, N. K. (2017). Susceptibility of selected boreal fruits and berries to the invasive pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Pest Management Science* **73**, 160-166.
- Tochen, S., Woltz, J. M., Dalton, D. T., Lee, J. C., Wiman, N. G., and Walton, V. M. (2016). Humidity affects populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberry. *Journal of Applied Entomology* **140**, 47-57.
- Wang, X.-G., Stewart, T. J., Biondi, A., Chavez, B. A., Ingels, C., Caprile, J., Grant, J. A., Walton, V. M., and Daane, K. M. (2016). Population dynamics and ecology of *Drosophila suzukii* in Central California. *Journal of Pest Science* **89**, 701–712.
- Wiman, N. G., Dalton, D. T., Anfora, G., Biondi, A., Chiu, J. C., Daane, K. M., Gerdeman, B., Gottardello, A., Hamby, K. A., Isaacs, R., Grassi, A., Ioriatti, C., Lee, J. C., Miller, B., Rossi Stacconi, M. V., Shearer, P. W., Tanigoshi, L., Wang, X., and Walton, V. M. (2016). *Drosophila suzukii* population response to environment and management strategies. *Journal of Pest Science* **89**, 653–665.
- Wiman, N. G., Walton, V. M., Dalton, D. T., Anfora, G., Burrack, H. J., Chiu, J. C., Daane, K. M., Grassi, A., Miller, B., Tochen, S., Wang, X., and Ioriatti, C. (2014). Integrating Temperature-Dependent Life Table Data into a Matrix Projection Model for *Drosophila suzukii* Population Estimation. *Plos One* **9**.