



BioAct WG: Biologisches Nematizid im Einsatz gegen Wurzelgallennematoden

Autorinnen und Autoren

Tobias Stucky^{1,2,*}, Eliana Thyda Sy^{1,2,*}, Jürgen Krauss³ und Paul Dahlin^{1,2}

¹ Phytopathologie und Zoologie Obst-und Gemüsebau, Agroscope

² Entomologie und Nematologie, Agroscope

³ Extension Gemüsebau, Agroscope

* Geteilte Erstautorenschaft (beide Autoren haben gleichermassen zur Entstehung der Publikation beigetragen)



Impressum

Herausgeber	Agroscope Müller-Thurgau-Strasse 29 8820 Wädenswil www.agroscope.ch
Auskünfte	Paul Dahlin, paul.dahlin@agroscope.admin.ch
Gestaltung	Tobias Stucky und Eliana Thyda Sy
Titelbild	Tobias Stucky und Eliana Thyda Sy
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2022
ISSN	2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as132g

Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhalt

Zusammenfassung	4
Résumé	4
1 Einleitung	5
1.1 Pflanzenschutzmittel BioAct WG	5
1.2 Wirkungsweise von BioAct WG	6
1.3 Studien zur Bekämpfung von Wurzelgallennematoden mit BioAct WG	6
2 Material und Methoden	7
3 Ergebnisse und Diskussion	8
4 Fazit	12
5 Danksagung	12
6 Quellen	12

Zusammenfassung

BioAct WG: Biologisches Nematizid im Einsatz gegen Wurzelgallennematoden

Wurzelgallennematoden (Gattung *Meloidogyne*) verursachen weltweit grosse Schäden an Kulturpflanzen, in dem sie das Wachstum und die Erntequalität vieler Nutzpflanzen erheblich beeinträchtigen. Da viele chemische Nematizide aufgrund ihrer unerwünschten Risiken für Mensch und Umwelt nicht mehr zugelassen sind, gewinnt der Einsatz alternativer biologischer Bekämpfungsmassnahmen zunehmend an Bedeutung. Das einzig in der Schweiz zugelassene biologische Nematizid «BioAct WG» basiert auf dem Fadenpilz *Purpureocillium lilacinum* Stamm 251, der sowohl die Eier der Nematoden als auch die Kutikula der Larven parasitiert. Von 2017 bis 2021 wurde die Wirksamkeit von *P. lilacinum* gegen unterschiedliche Populationsdichten von *Meloidogyne incognita* und unter verschiedene Applikationskonzentrationen von BioAct WG nach der Pflanzung getestet. Eine Anwendung mit BioAct WG nach einer aktiven Reduktion der *M. incognita* Anfangspopulation führte zu einer erfolgreichen Reduktion der Nematodenpopulation im Boden und des Gallindex während der gesamten Wachstumsphase. Weitere Untersuchungen zeigten auf, dass eine monatliche Anwendung von BioAct WG während der Vegetationsperiode wirksamer ist, als eine wöchentliche oder zweiwöchentliche Anwendung mit einer niedrigeren BioAct WG Dosis.

Résumé

BioAct WG: nématicide biologique utilisé contre les nématodes à galles des racines

En diminuant considérablement la croissance et la qualité à la récolte de nombreuses plantes cultivées, les nématodes à galles des racines (genre *Meloidogyne*) sont responsables de dégâts importants aux cultures à l'échelle mondiale. Comme de nombreux nématicides ne sont plus autorisés en raison des risques qu'ils présentent pour l'homme et l'environnement, le recours à des méthodes de lutte biologique alternatives prend de plus en plus d'importance. Le seul nématicide biologique autorisé en Suisse, «BioAct WG», est produit à partir du champignon filamenteux *Purpureocillium lilacinum* souche 251 qui parasite à la fois les œufs de nématodes et la cuticule des larves. De 2017 à 2021, l'efficacité de *P. lilacinum* a été testée contre différentes densités de populations de *Meloidogyne incognita* et avec différentes concentrations d'application de BioAct WG, après la plantation. Une application de BioAct WG, après une réduction active de la population initiale de *M. incognita*, a permis de réduire efficacement la population de nématodes dans le sol, de même que les indices de galles durant toute la phase de croissance. D'autres études ont montré qu'une application mensuelle de BioAct WG durant la période de végétation s'avère plus efficace que l'application hebdomadaire ou bihebdomadaire d'une dose plus faible de ce même nématicide.

1 Einleitung

Ein Befall durch pflanzenparasitäre Nematoden kann zu erheblichen Ertrags- und Qualitätseinbussen führen sowohl in Gewächshäusern als auch auf dem Freiland. Weltweit gesehen sind Nematodenbefälle bei Kulturpflanzen für 10% der Ertragsausfälle verantwortlich, was zu einem grossen Nahrungsmittelverlust und zu erheblichen Kosten für den Landwirt/in führen kann (Hallmann et al., 2007).

Die in der Schweiz vorkommenden Wurzelgallennematoden (*Meloidogyne* spp.) verursachen jährlich grosse Schäden besonders im Gemüsebau, welcher ein wichtiger Bereich der Schweizer Landwirtschaft darstellt (Eder et al., 2010).

Eine frühe Erkennung eines Nematodenbefalls ist schwierig, da überirdisch auftretende Pflanzensymptome sehr untypisch sind und schnell mit abiotischen Schäden verwechselt werden können. Befallene Pflanzen fallen meist durch reduziertes bzw. gestörtes Pflanzenwachstum und deformiertes Wurzelwachstum auf (Hallmann et al., 2007). Ein reduzierter Blüten- und Fruchtansatz sowie eine verzögerte Reife sind weitere Symptome. Oft ist die Erkennung des Schädling dann zu spät und die Nematoden haben sich bereits im Boden etabliert.

Wurzelgallennematoden gehören zur Gruppe der sedentären Nematoden, die mittels eines hohlen Mundstachels in die Wurzel eindringen und sich dort etablieren können. Die Nematodenlarven induzieren in der Wurzel die Bildung eines Nährgewebes, welches ihnen kontinuierlich Nahrung liefert. Wie der Nematoden-Name bereits verrät, verursacht eine Infektion das Anschwellen des Wurzelgewebes zu einer Galle.

Die Vermehrung erfolgt überwiegend parthenogenetisch, wobei das in der Wurzel festsitzende Weibchen die Eier in einer gelatinösen Substanz nach aussen ablegt. Je nach Klimabedingungen können sich mehrere Generationen im Jahr entwickeln, wobei ein Weibchen bis zu 400 Eier produzieren kann (Hallmann et al., 2007; Jones et al., 2013).

Das grosse Wirtsspektrum der Nematoden und das lange Überdauern der Eier und Juvenile im Boden, machen eine Bekämpfung dieser Organismen schwierig. Zudem besteht die Gefahr der Verschleppung der Eier und Juvenile von befallenen Feldern über Erdmaterialreste an Ernte-, Bodenbearbeitungsmaschinen und über infiziertes Pflanzenmaterial (Grunder et al., 2007).

In der Schweiz sind einzig die zwei Produkte Basamid und BioAct WG (*Pureocillium lilacinum* Stamm 251) in der Betriebsmittelliste aufgelistet und dürfen nur unter entsprechenden Auflagen als Nematizide eingesetzt werden. Basamid (Wirkstoff: Dazomet (DMTT)) ist ein streng geregeltes chemisches Pflanzenschutzmittel, welches vor allem als Flächen- und Substratbehandlung im Gemüsebau eingesetzt wird (Pflanzenschutzmittelverzeichnis, Stand:02.09.2021). Es fungiert nicht nur als Nematizid, sondern hat auch eine fungizide und herbizide Wirkung. Der Wirkstoff DMTT ist im biologischen Anbau nicht erlaubt und darf einmalig nur alle drei Jahre auf derselben Parzelle eingesetzt werden. BioAct WG ist somit das einzige Nematizid in der Schweiz, welches für eine regelmässige Applikation gegen Wurzelgallennematoden zugelassen ist, und zugleich auf Biobetrieben eingesetzt werden darf.

1.1 Pflanzenschutzmittel BioAct WG

Das Produkt BioAct WG ist ein mikrobielles Pflanzenschutzmittel, welches aus den Konidien (Pilzsporen) des Bodenpilzes *P. lilacinum* Stamm 251 besteht (Andermatt Biocontrol, 2020). *P. lilacinum* (ehemals *Paecilomyces lilacinus* benannt) gehört zu den Fadenpilzen und kann aus dem Boden von verrottender Insekten, Pflanzen und Nematoden isoliert werden. Stämme dieses nematophagen Pilzes werden vor allem gegen pflanzenparasitäre Nematoden wie Wurzelgallennematoden (*Meloidogyne* spp.) eingesetzt (Abbildung 1), bei denen hauptsächlich Nematodeneier und die sedentären Weibchen befallen werden. In der Schweiz ist BioAct WG nur zum Einsatz gegen Wurzelgallennematoden in Gurken und Tomaten zugelassen.

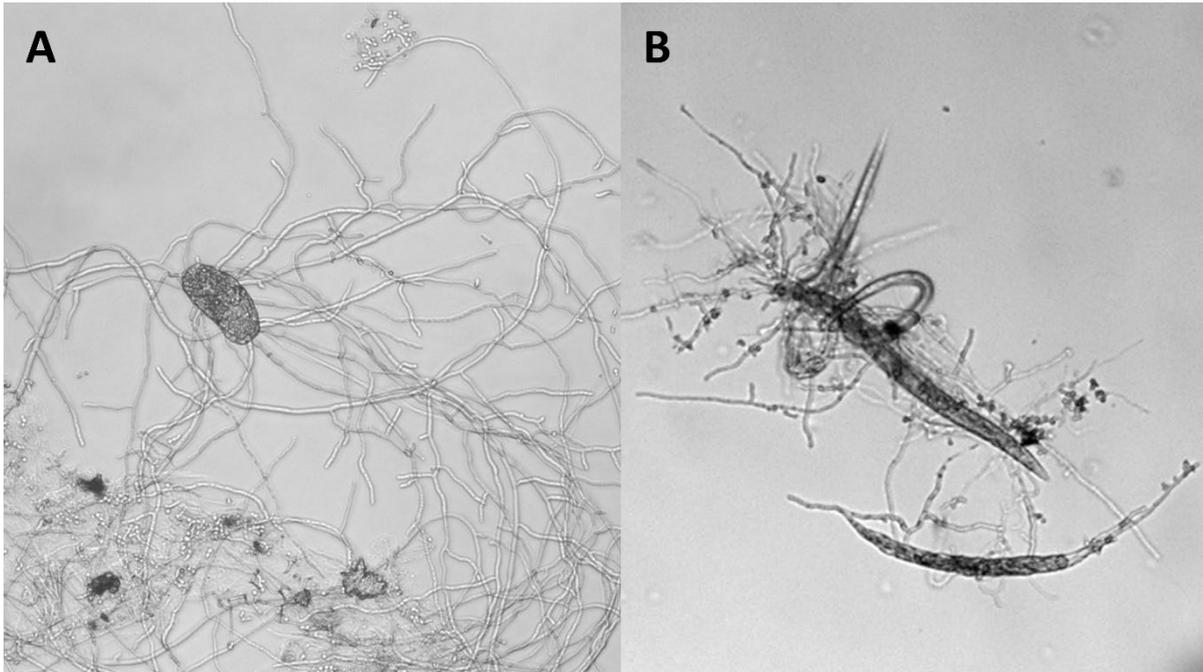


Abbildung 1: Die Pilzfäden und Sporen des Bodenpilzes *Pureocillium lilacinum* befallen *Meloidogyne incognita* Eier (A) oder Juvenile des zweiten Larvenstadiums (B).

Das Produkt ist erhältlich in Form eines wasserlöslichen Granulats bestehend aus 1×10^9 lebenden Pilzsporen pro Gramm (Andermatt Biocontrol, 2020). Die Pilzsporen benötigen eine Bodentemperatur zwischen 20 - 30°C, um ihre Wirkung entfalten zu können. Aus diesem Grund wird dieses Produkt hauptsächlich in Gewächshäusern und Tunnels eingesetzt (Andermatt Biocontrol, 2020).

Die Applikation des Produkts erfolgt zwei Wochen vor der Pflanzung (0.2 g/ Pflanze) oder bei der Behandlung von Jungpflanzen (5 - 10g/ Pflanze), indem die Wurzelballen in die vorbereitete Giessbrühe getaucht werden. Zudem wird eine Folgeapplikation von 0.2 g/ Pflanze alle vier Wochen vom Hersteller empfohlen (Andermatt Biocontrol, 2020). Eine Anwendung über das Bewässerungssystem, um auch grossflächig Parzellen behandeln zu können, ist auch mit einem zugeschaltetem Dosatron möglich.

1.2 Wirkungsweise von BioAct WG

Der Bodenpilz *P. lilacinum* wird als mikrobielles Pflanzenschutzmittel gegen pflanzenparasitäre Nematoden eingesetzt (Abbildung 1). Die Wirkung richtet sich gegen verschiedenste Bodennematoden (Andermatt Biocontrol, 2020). Mit seinen Pilzfäden und Sporen greift der Pilz nicht nur Nematodeneier an, sondern ist auch in der Lage, die Oberfläche der sedentären weiblichen Nematoden im Wurzelrindengewebe zu durchdringen (Khan et al., 2005). Einmal in der Nematode eingedrungen, wächst der Pilz von innen nach aussen und bildet Sporen. Eier, die sich im frühen Entwicklungsstadium befinden, werden häufiger vom Pilz infiziert, als Eier mit vollständig entwickelte Juvenile. Dem Pilz ausgesetzte Juvenile wiesen Deformationen und eine abnormale Weiterentwicklung auf, die schliesslich zum Tod der Juvenile führte (Khan et al., 2006).

1.3 Studien zur Bekämpfung von Wurzelgallennematoden mit BioAct WG

Langzeitversuche mit BioAct WG wurden 2017 bis 2021 am Agroscope Standort Wädenswil durchgeführt (Abbildung 2). Dabei wurde das biologische Produkt gegen den Südlichen Wurzelgallennematoden *M. incognita* eingesetzt. Erhoben wurden Parameter wie Wurzelbefall, Ertrag und die Anzahl an Juvenile Nematoden (des zweiten Larvenstadiums (L₂)) im Boden. In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse zur Bekämpfung von *M. incognita* in Tomaten mit BioAct WG und die Beurteilung von zeitlich versetzten BioAct WG Applikationen vorgestellt. Hierfür wurden zusätzlich Untersuchungen aus der Studie von Dahlin et al. (2019) herbeigezogen.



Abbildung 2: Angelegter Gewächshausversuch mit Tomatenkulturen und dem biologischen Nematizid BioAct WG auf dem Gelände von Agroscope Wädenswil im Jahr 2019 (links) und 2021 (rechts).

2 Material und Methoden

Die Wirksamkeit des biologischen Nematizids BioAct WG zur Bekämpfung von *M. incognita* in Tomaten wurde in einem Gewächshausversuch unter kommerziellen Bedingungen in zwei aufeinanderfolgenden Jahren am Agroscope Standort Wädenswil getestet. Das chemische Nematizid Velum (aktive Substanz; Fluopyram) wurde zusätzlich zu BioAct WG evaluiert und diente zur Reduktion der *M. incognita* Ausgangspopulation für weitere BioAct WG Applikationen während der Vegetationsperiode. Aus diesem Grund wurden sowohl die einzelnen Nematizide separat getestet, als auch in Kombination. Die drei Behandlungsvarianten BioAct WG, Velum und Velum + BioAct WG gegen *M. incognita* wurden in Bezug auf Gallenbildung an Tomatenwurzeln, Populationsentwicklung der Juvenile *M. incognita* Larven im Boden und Ernteertrag verglichen. Das Experiment umfasste insgesamt 80 x 15-Liter-Töpfe, welche mit hitzesterilisierter Erde befüllt wurden. Im Gewächshaus verteilte man die Töpfe in vier Reihen, wobei je zwei Töpfe als Behandlungspaare randomisiert angeordnet wurden. Um den Randeffekt gering zu halten, platzierte man an jedem Ende der Reihe zusätzlich zwei Töpfe mit derselben Tomatensorte.

Eine Suspension bestehend aus 5500 *M. incognita* Ei/ L₂ wurde zwei Wochen vor der Pflanzung in jedem Topf inokuliert (2017; 99% Eier und 1% L₂, 2018; 90% Eier und 10% L₂). Die Töpfe wurden eine Woche vor der Pflanzung mit einer 0,2 g/100mL BioAct WG Suspension behandelt. Der Tomatenwurzelstock wurde einen Tag vor der Pflanzung mit einer weiteren 0.2g BioAct WG Anwendung getränkt. Über einen Zeitraum von vier Monaten wurde alle fünf Wochen die gleiche Konzentration von 0.2g/Topf BioAct WG wiederholt appliziert. Velum wurde mit einer Konzentration von 7.5 mg aktive Substanz Fluopyram/50 ml H₂O am Tag der Pflanzung angewendet. Im Jahr 2017 wurde die Tomatensorte Climberly F1 (Syngenta) und im Jahr 2018 die Sorte Tomaranto RZ F1 (72-722; Rijk Zwaan) jeweils mit derselben Mi-resistenten Unterlage Maxifort F1 (De Ruiters) gepflanzt. Ein Tropfbewässerungssystem mit einem wasserlöslichem NPK-Dünger (Kristalon Red Acid, Yara, UK) diente zur Bewässerung als auch zur Düngung der Pflanzen. Rote Tomaten wurden jede Woche über einen Zeitraum von 14 Wochen geerntet, wobei die Erntedaten Tomatengewicht und Anzahl Tomaten jeder Pflanze erhoben wurden. Die durch *M. incognita* verursachten Wurzelgallenbildung wurde auf einer Skala von 0 - 10, mit 0 = keine Gallen und 10 = maximale Vergallung, beurteilt (Zeck, 1971). Eine Bewertung der Wurzelgallenbildung wurde im Jahr 2017 am Ende der Wachstumsaison durchgeführt. Im Jahr 2018 wurden in Woche 8 (früh: 22.06.2018) und Woche 15 (Mitte: 10.08.2018) nach der Pflanzung jeweils eine Reihe mit 20 Wurzelsystemen beurteilt. Die letzten 40 Pflanzenwurzelsysteme wurden am

Ende des Versuchs (Ende: Woche 24, 05.10.2018) bewertet. Zusätzlich zur Gallenbewertung wurde die Nematodenpopulation im Boden durch Extraktion von Nematodenlarven aus 100 cm³ gut gemischter Erde mit der Siebschalen-Methode von Oostenbrink (1960) für jeden Topf bestimmt. Die extrahierten *M. incognita* Larven wurden unter dem Lichtmikroskop ausgezählt.

Um die Wirkung und den Einsatz des Produkts BioAct WG gegen den südlichen Wurzelgallennematod *M. incognita* zu optimieren, wurde in einem weiteren Gewächshausversuch im Jahr 2021 am Standort Wädenswil, während einer Wachstumssaison, die Anwendung von BioAct WG in verschiedenen Konzentrationen und zu verschiedenen Zeitpunkten bei Tomaten untersucht. Verglichen wurde die vom Hersteller monatlich empfohlene Anwendung von 0.2g BioAct WG pro Pflanze, eine Anwendung all zwei Wochen mit 0.1g BioAct WG pro Pflanze und eine wöchentliche Applikation mit 0.05g BioAct WG pro Pflanze. Am Ende des Monats wurde bei allen Behandlungsarten die gleiche Menge von 0.2g BioAct WG ausgebracht. Dabei sollte untersucht werden, ob eine häufigere Anwendung von BioAct WG den Druck auf die Nematoden Entwicklung erhöht und eine Bekämpfung eines Nematoden Befalls begünstigt. Zusätzlich zu den Behandlungen wurde eine positive Kontrolle mit inokulierten Nematoden und eine negative Kontrolle ohne Nematoden angesetzt. Das Experiment setzte sich aus 4 Reihen mit jeweils 20x15-Liter-Töpfe zusammen, wobei die Töpfe nach zwei Behandlungspaaren angeordnet wurden. Der Randeffect wurde mit zwei zusätzlichen Töpfen pro Reihe minimiert. Drei Tage vor der Pflanzung wurde eine Suspension von 5000 *M. incognita* Eier und L₂ pro Topf inokuliert. Die für das Experiment verwendete Tomatensorte Roterno F1 RZ wurde auf die Maxiford Tomate gepfropft. Am Tag der Tomatenpflanzung wurden die Töpfe aller Behandlungsarten mit derselben anfänglichen Suspensionsmenge von 0.2 g BioAct WG behandelt. Nach der Pflanzung der Tomaten wurden die Töpfe der verschiedenen Behandlungsarten mit der entsprechenden Menge an BioAct WG zum richtigen Zeitpunkt angewendet. Wie zuvor beschrieben, wurde zu vier verschiedenen Zeitpunkten der Tomatengallindex und die Bodenpopulation der *M. incognita* Larven (L₂) während der Wachstumsperiode 2021 erhoben.

3 Ergebnisse und Diskussion

In den beiden Versuchsjahren 2017 und 2018 hatte die kombinierte Anwendung der beiden Produkte, Velum und BioAct WG, den stärksten reduzierenden Effekt auf den Wurzelbefall und der *M. incognita* Nematodenpopulation im Boden (Abbildung 3 und 4). Generell zeigten die Untersuchungen des Wurzelgallindex, dass 2017 und 2018 im Vergleich zu der unbehandelten Kontrolle bei allen Behandlungen eine Reduktion des Wurzelbefalles festzustellen war (Abbildung 3).

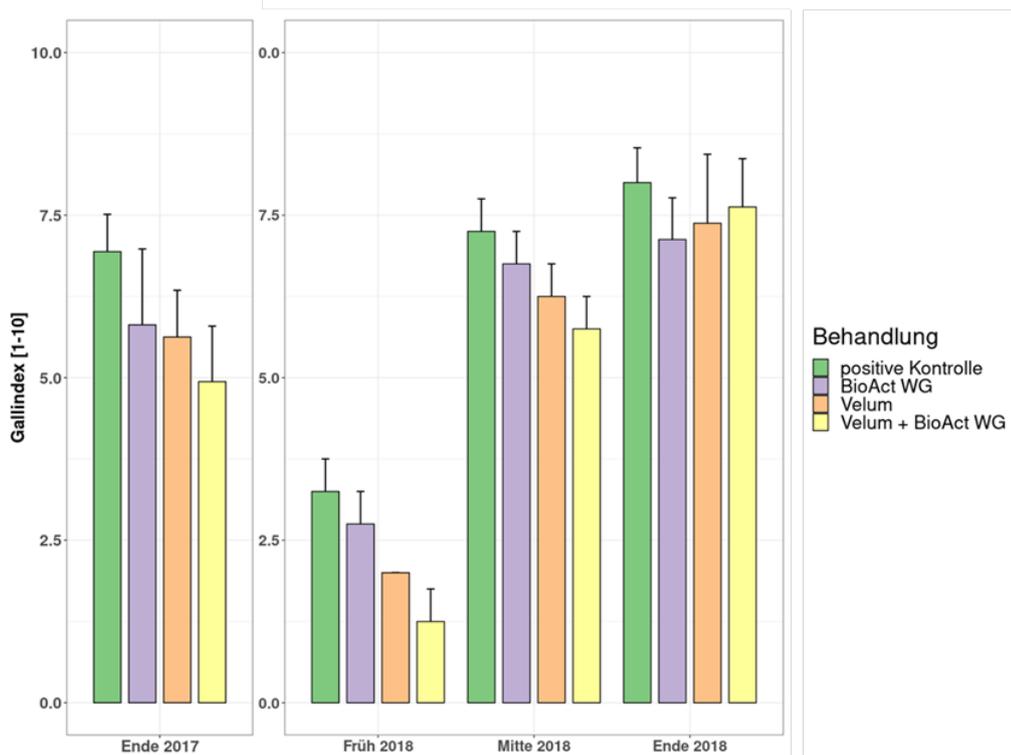


Abbildung 3: Einfluss der Antagonistischen Wirkung von BioAct WG und des chemischen Nematizid Velum gegen Meloidogyne incognita an Tomaten unter Gewächshausbedingungen für die Jahre 2017 und 2018. Der Gallindex der Tomatenwurzeln wurde anhand der Skala von 0 -10 nach Zeck (1971) bewertet.

Neben der Reduktion der Gallen, hatten beide Produkte einen reduzierenden Einfluss auf die Anzahl Nematodenlarven im Boden (Abbildung 4).

Die grösste Reduktion erzielte Velum (17.1 L₂/100 cc Boden), gefolgt von Velum + BioAct WG (22.6 L₂/100 cc Boden) und BioAct WG mit 47.3 L₂/100 cc Boden, bei einer Bodenpopulation des 2. Larvenstadiums der Kontrolle von 88.3 L₂/100 cc Boden.

Die geringere Reduktion der Nematodenlarven durch BioAct WG im Vergleich zum chemischen Nematizid ist damit zu erklären, dass der Pilz sich im Boden erst etablieren muss und somit der Befall der Juvenile durch Pilzfäden ein langsamerer Kontrollmechanismus ist, als die direkte Wirkung des chemischen Nematizids Velum. Zusätzlich haben Studien gezeigt, dass *P. lilacinum* bei optimal Besiedelung der Eimassen nur 50% der Nematodeneier parasitiert (Carneiro und Cayrol, 1991).

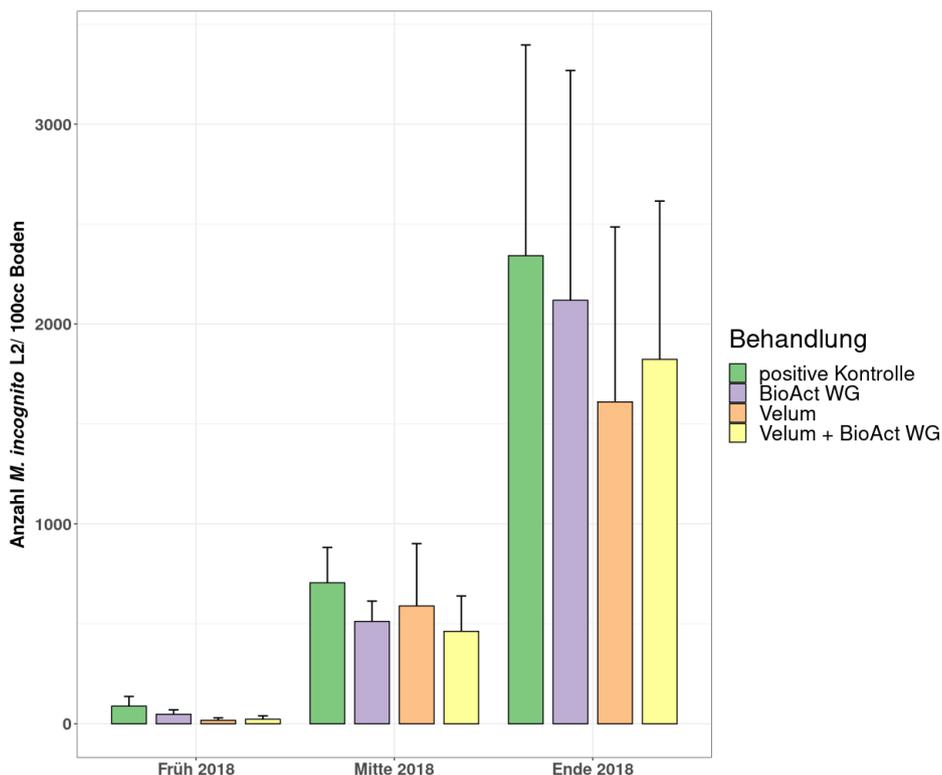


Abbildung 4: Populationsentwicklung von *Meloidogyne incognita* im Boden in Abhängigkeit von der Behandlung mit BioAct WG, Velum und Velum + BioAct über drei verschiedene Vegetationsphasen (Früh, Mitte oder Ende) im Jahr 2018.

Dieser langsamere Kontrollmechanismus von BioAct WG muss bei einer erfolgreichen Anwendung berücksichtigt werden, da die Nematoden sich sonst schneller im Boden etablieren und so zu Schäden in den Kulturpflanzen führen können. Mit der kombinierten Behandlung von Velum und BioAct WG konnte im Versuch gezeigt werden, dass BioAct WG eine gute Wirkung zeigt, wenn die Ausgangspopulation der Nematoden vor der BioAct WG Applikation reduziert wurde bevor die Kulturpflanzen gesetzt werden. Auch ohne einen Einsatz mit Nematizide, besteht die Möglichkeit die Nematodenpopulation zu reduzieren. Die Entfernung von befallenen Wurzeln der Folgekultur, eine Gründüngung oder kurze Schwarzbrache vor der nächsten Pflanzung, sowie eine thermische Behandlung (Dämpfen) des Bodens können zu einer Reduktion der Nematodenpopulation beitragen (Hallmann et al., 2007).

In der Abbildung 5 sind die erhobenen Erträge der verschiedenen Behandlungen dargestellt. Die höchsten Ernteerträge im Jahr 2017 und 2018 sind jeweils die Kontrollpflanzen ohne Nematodenbefall. Im Jahr 2018 erreichte die Nematodenkontrolle mit Velum + BioAct WG das höchsten Ertragspotential (Abbildung 5).

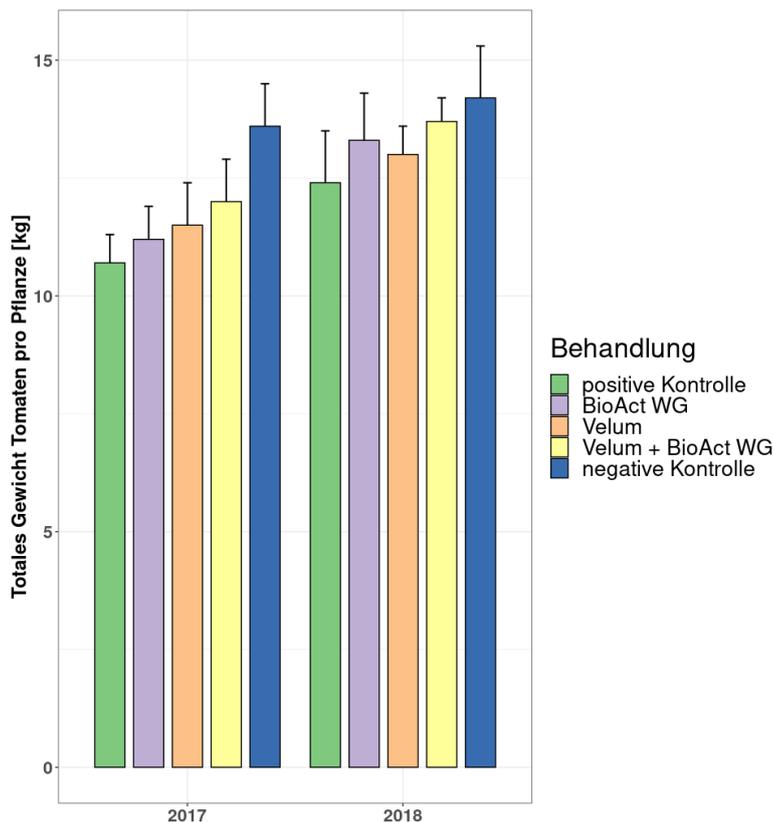


Abbildung 5: Einfluss der *Meloidogyne incognita* Behandlung mit BioAct WG, Velum und Velum + BioAct WG auf das totale Tomatenerntegewicht pro Pflanze während dem Gewächshausversuch in den Jahren 2017 und 2018. Über 14 Wochen wurde wöchentlich rote Tomaten geerntet und deren Gewicht (kg) und Anzahl bestimmt.

Wenn man die Erträge mit den befallenen Kontrollen vergleicht, zeigt die kombinierte Behandlung eine Ertragssteigerung von bis zu 10% in 2018 (Tabelle 1). Hingegen erreichen die einzelnen Behandlungen mit Velum und BioAct WG eine geringere Ertragssteigerung von 2.7% im Jahr 2018, im Vergleich zur unbehandelten Nematoden Kontrolle.

Tabelle 1: Tomaten Ertragssteigerung gegenüber der inokulierten *Meloidogyne incognita* Kontrolle für jeden Behandlungstyp (BioAct WG, Velum und BioAct WG + Velum). Während dem Gewächshausversuch in den Jahren 2017 und 2018 wurden über 14 Wochen wöchentlich rote Tomaten geerntet und deren Gewicht (kg) und Anzahl bestimmt.

Wachstumsaison	Behandlung	Kontrolle	Tomaten Ertragssteigerung %
2017	BioAct WG		3.7
	Velum		5.8
	BioAct WG + Velum		9.5
	keine	ohne Nematoden	21.2
	keine	mit Nematoden	0
2018	BioAct WG		7.6
	Velum		4.6
	BioAct WG + Velum		10.2
	keine	ohne Nematoden	13.5
	keine	mit Nematoden	0

Im Gewächshausversuch im Jahr 2021, bei dem die zeitliche Wirkung der Applikation von BioAct WG getestet wurde, zeigte sich, dass gegen Ende der Wachstumsperiode die monatlichen BioAct WG Anwendung im Vergleich zu der weniger dosierten wöchentlichen und zweiwöchentlichen BioAct WG Anwendung *M. incognita* am wirksamsten war (Abbildung 6). Der eiparasitische Pilz, *P. lilacinum* konnte durchschnittlich bei fast allen BioAct WG Anwendungen den Nematoden Befall im Vergleich zur positiven Nematodenkontrolle reduzieren, was wiederum die Wirkung des biologischen Produktes belegt.

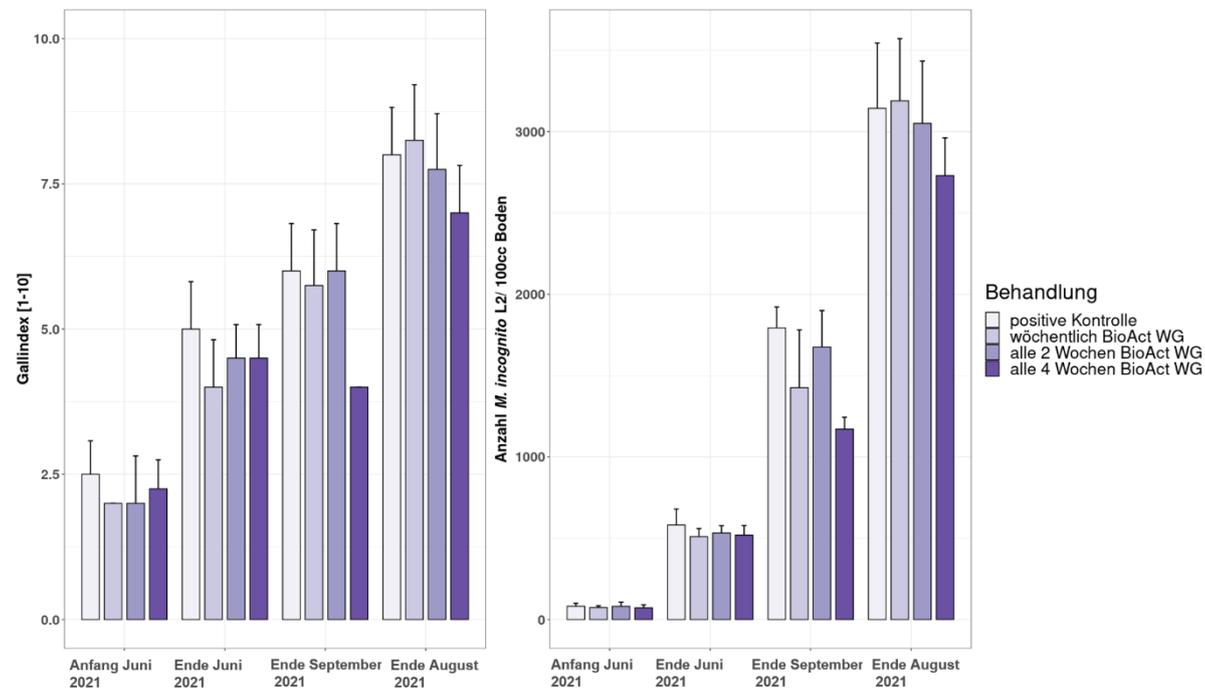


Abbildung 6: Einfluss drei verschiedener Applikationsgaben des biologischen Nematizid BioAct WG gegen *Meloidogyne incognita* an Tomaten. Entwicklung des Gallindex an Tomatenwurzeln (links) und auf die *M. incognita* Bodenpopulation (rechts) unter vier verschiedenen Zeitpunkten in der Vegetationsphase 2021. Der Gallindex der Tomatenwurzeln wurde anhand der Skala 0 -10 von Zeck (1971) bewertet.

Generell konnte man aufzeigen, dass die Daten für die Beurteilung der Wurzelgallen und der Bodenpopulation der *M. incognita* Larven ziemlich gut miteinander übereinstimmen. Bei allen BioAct WG Behandlungen nahm die Nematodenpopulation im Boden während der Wachstumsperiode stetig zu. Diese Zunahme der Populationsdichte von *M. incognita* mit jeder Generation trotz der Behandlung, macht ebenfalls deutlich, dass die biologische Schädlingsbekämpfung mit *P. lilacinum* bei starkem Nematodenbefall an seine Grenzen stößt.

Zu Beginn der Wachstumsaison Anfang und Ende Juni konnte man keine grossen Unterschiede zwischen den verschiedenen BioAct-Behandlungsarten erkennen. Am dritten Monat nach der Pflanzung Ende September konnte hingegen bei der monatlichen Anwendung von BioAct eine signifikante Verringerung der Wurzelgallenbildung und der Bodenpopulation des 2. Larvenstadiums im Vergleich zu der positiven Nematodenkontrolle erreicht werden. Im Gegensatz dazu konnte nur eine geringe Reduktion der Wurzelgallenbildung und der Bodenpopulation der Larven bei der wöchentlichen und der zweiwöchentlichen BioAct WG-Gabe beobachtet werden. Daraus lässt sich schließen, dass eine monatliche Anwendung mit einer Dosis von 0.2g BioAct WG über die gesamte Vegetationsperiode *M. incognita* deutlicher reguliert, als eine niedrigere Dosierung bei einer häufigeren Anwendung. Für eine erfolgreiche Schädlingsbekämpfung benötigen viele Biokontrollmittel eine gewisse Startpopulationsdichte des Pilzes, so dass das Überleben und Etablieren des Antagonisten gewährleistet ist (Paulitz, 2000). Ein entscheidender biotischer Umweltfaktor, der die Ansiedlung eines antagonistischen Pilzes stark beeinflussen kann, ist der Wettbewerb mit anderen Bodenpilzen um Nährstoffe. Die Konzentration von PL251-Konidien hat einen Einfluss auf eine erfolgreiche Biokontrolle, die vor allem während der frühen Phasen entscheidend ist (Kiewnick und Sikora, 2003).

Ob die Behandlungen mit BioAct WG lukrativ für den Produzenten ist, hängt vom jeweiligen Produktionssystem, dem Marktpreis der Kulturpflanze und der Produktionskosten ab. Zusätzlich zu beachten sind Fruchtfolge und Umweltfaktoren, welche die Fortpflanzung der Nematoden begünstigen oder hemmen können.

4 Fazit

Die vorgestellten Untersuchungen sollten Aufschluss geben, ob die Bekämpfung von pflanzenparasitärer Nematoden mit BioAct WG eine geeignete Methode für die Schweizer Landwirtschaft ist.

Die Ergebnisse der Gewächshausversuche zeigten, dass die Wirkung des biologischen Produkts BioAct WG bei einer erhöhten Nematodenpopulation im Boden limitiert ist, da sich der Pilz zuerst im Boden etablieren muss und auch die antagonistische Wirkung des Pilzes bei zu hoher Nematoden-Besatzdichte seine biologischen Grenzen hat. Aus diesem Grund empfehlen wir eine integrierte Bekämpfung der Wurzelgallennematoden, bei der die Anfangspopulation der Wurzelgallennematoden zum Beispiel durch angepasste Anbauverfahren, manuelles Entfernen von infizierten Wurzeln, kurze Schwarzbrache, thermische Behandlung (Dämpfen) des Bodens, reduziert wird, um dem Pilz einen Vorsprung gegenüber der Nematodenpopulation schaffen zu können.

Zusätzlich zeigte der Folgeversuch, dass eine monatliche BioAct WG-Anwendung, wie es vom Hersteller empfohlen wird, im Vergleich zu einer häufigeren BioAct WG Anwendung mit niedrigerer Dosierung, die Wurzelgallennematoden besser kontrollierte. Daher wird empfohlen, auf den Applikationszeitpunkt und die Dosierung zu achten, um gute Erfolge zu erzielen.

5 Danksagung

Wir möchten uns bei Marco Eigenmann, Reinhard Eder, Carmela Total, Erika Consoli und allen anderen Helfern für ihre Unterstützung bei den Gewächshausversuchen und der Tomatenernte bedanken.

6 Quellen

- Andermatt Biocontrol (2020). BioAct WG. https://www.biocontrol.ch/media/downloads/998/GA_BioActWG.pdf
- Carneiro, R. M. D. G. und Cayrol, J. C. (1991). Relationship between inoculum density of the nematophagous fungus *Paecilomyces lilacinus* and control of *Meloidogyne arenaria* on tomato. *Revue Nematologie*, 14(4), 629-634.
- Dahlin, P., Eder, R., Consoli, E., Krauss, J. und Kiewnick, S. (2019). Integrated control of *Meloidogyne incognita* in tomatoes using fluopyram and *Purpureocillium lilacinum* strain 251. *Crop Protection*, 124, 104874.
- Eder, R., Roth, I., Terrettaz, C. und Kiewnick, S. (2010). Quarantänenematoden im Schweizer Gemüsebau. *Agrarforschung Schweiz* 1 (9): 340–345, 2010.
- Grunder, J., Daniel, O. und Kiewnick, S. (2007). Neue Nematodenarten bedrohen die Schweizer Kulturen. *Der Gemüsebau*, 3, 19-21.
- Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A. und von Tiedemann, A. (2007). *Phytomedizin: Grundwissen Bachelor*. 2.Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G., ... und Perry, R. N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 14(9), 946-961
- Khan, A., Williams, K. L. und Nevalainen, H. K. (2006). Infection of plant-parasitic nematodes by *Paecilomyces lilacinus* and *Monacrosporium lysipagum*. *BioControl*, 51(5), 659-678.
- Kiewnick, S. and Sikora, R. A. (2003). Efficacy of *Paecilomyces lilacinus* (strain 251) for the control of root-knot nematodes. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 68(4 Pt A), 123-128.
- Oostenbrink, M. (1960). Estimating nematode populations by some selected methods. In: *Nematology*. Herausgegeben von J.N. Sasser und W.R. Jenkins. University of North Carolina, Chapel Hill, NC, USA, 85-102.
- Paulitz, T. C. (2000). Population dynamics of biocontrol agents and pathogens in soils and rhizospheres. *European journal of plant pathology*, 106(5), 401-413.