

Bericht FarmerScience

Projektname: **Kupferreduktion in der Bio-Kartoffelproduktion**

Arbeitstitel (Kurztitel): **Kupferreduktion Bio-Kartoffeln**

Datum: 28. März 2024



I. Kontakt

Versuchsdurchführung:

Rathgeb BioProdukte AG
Rohracker
CH-8476 Unterstammheim

+41 52 744 00 00
info@rathgeb.bio

Daniel Hangartner, Leitung Anbau Feldbau und Lagergemüse (Abbildung 1)



Abbildung 1: Daniel Hangartner, Anbauleiter bei Rathgeb BioProdukte

Wissenschaftliche Unterstützung, Auswertung:

Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL
Ackerstrasse 113
Postfach 219
5070 Frick, Schweiz
Tel. +41 (0)62 865 72 72

Tobias Gelencsér , +41 (0)62 865 72 51, tobias.gelencser@fibl.org

Aline Dallo, +41 (0)62 865 04 40, aline.dallo@fibl.org

Rathgeb BioProdukte hat den Versuch auf einer eigenen Fläche mit eigenem Personal und eigener Technik durchgeführt. Der Aufwand dafür betrug ca. 18 Arbeitsstunden. Zudem wurde das Risiko eines Ertragsausfalles getragen, falls die Versuchsmittel nicht wie erhofft gewirkt hätten. Das FiBL half bei der Planung und dem Versuchsdesign. Die Wirkung wurde im Feld durch visuelle Bonituren erhoben, die Daten ausgewertet und ein Bericht verfasst.

2. Projektidee

Kupfer wird im Bio-Kartoffelanbau aufgrund seiner fungiziden Eigenschaften als Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten wie der Kraut- und Knollenfäule eingesetzt. Der Kupfereinsatz ist umstritten, deshalb ist die Suche nach alternativen Mitteln zur Reduktion des Kupfereinsatzes ein Schwerpunkt der Bio-Forschung und einige Mittel sind bereits entwickelt worden.

In diesem Farmer Science Projekt sollen Pflanzenschutzstrategien mit reduzierter Kupfermenge und alternativen Mitteln in der Praxis des Schweizer Biolandbaus geprüft werden. Daniel Hangartner vom Betrieb Rathgeb BioProdukte in Unterstammheim legt dazu 2023 einen Versuch in Bio-Kartoffeln an. Neben der betriebsüblichen Behandlung mit Kupfer, sollen die beiden Mittel Héliosoufre und FytoSol in Kombination mit einer um 50 % reduzierten Kupfermenge getestet werden. Das FiBL unterstützt den Betrieb mit der Erstellung des Versuchsdesigns, Bonituren des Krautfäulebefalls und der Datenauswertung (Aufwand ca. 5 Arbeitstage). Andermatt Biocontrol stellt das Mittel FytoSol zur Verfügung.

3. Problemstellung

Problembeschreibung

Die durch den Pilz *Phytophthora infestans* verursachte Kraut- und Knollenfäule ist eine der bedeutendsten Krankheiten im Kartoffelanbau die sich rasant ausbreiten und grosse Ernte- und Lagerverluste verursachen kann. Zur Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule werden im Bio-Kartoffelanbau hauptsächlich auf Kupfer basierende Mittel eingesetzt. Der Kupfereinsatz ist jedoch umstritten, da sich Kupfer als Schwermetall im Boden anreichert und in erhöhter Konzentration negativ auf Bodenorganismen auswirken kann. Daher müssen Pflanzenschutzstrategien mit reduzierter Kupfermenge und alternativen Mitteln entwickelt und in der Praxis geprüft werden. In diesem Farmer Science Projekt werden die beiden Pflanzenschutzmittel Héliosoufre und FytoSol in Kombination mit einer um 50 % reduzierten Kupfermenge auf ihre Wirkung gegen die Kraut- und Knollenfäule getestet.

Aktueller Wissensstand

Das Mittel Héliosoufre ist eine flüssige Schwefel-Formulierung auf der Basis von Kiefernextrakten und enthält 700g elementaren Schwefel pro Liter (Omya Schweiz AG AGRO, 2023). Schwefel wird im biologischen Landbau traditionell als Fungizid verwendet und ist wirksam gegen die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel (Ghorbani, 2007). Zudem wird Schwefel auch als pflanzeeigener Abwehrstoff gebildet (Williams & Cooper, 2004). Der Hersteller von Héliosoufre (Omya Schweiz AG AGRO, 2023) garantiert für einen besonders haftenden und haltbaren Spritzbelag aufgrund der modernen Formulierung wodurch eine bessere Wirkung erreicht werden könne. Neben der vorbeugenden Wirkung reduziere das Produkt die Sporenbildung und bremse die Sporulation. Héliosoufre ist in der Schweiz derzeit unter anderem für die Anwendung gegen Echten Mehltau in verschiedenen Kulturen zugelassen (Betriebsmittelliste 2024).

Für die Anwendung in Kartoffeln gegen *Phytophthora infestans* ist es bisher nicht zugelassen.

Das Mittel FytoSol basiert auf dem Wirkstoff COS-OGA, eine Kombination aus kationischen Chitosan-Oligomeren (COS) mit anionischen Pektin-Oligomeren (OGA). COS-OGA ist ein sogenannter Elicitor, also eine Verbindung, welche die chemische Abwehrreaktion der Pflanzen induziert (Clinckemallie et al., 2017; Thakur & Sohal, 2013). Durch den Kontakt mit einem Elicitor wird das Eindringen eines Erregers in die Pflanzenzelle simuliert und die Pflanze reagiert mit der Bildung von Abwehrstoffen. Bei Tomaten reduzieren COS und OGA die Öffnung der Stomata indem die lichtinduzierte Öffnung der Stomata gehemmt bzw. das Schliessen der Stomata beschleunigt wird (Lee et al., 1999). Durch die induzierte Abwehrreaktion ist das Blattgewebe besser geschützt vor dem Eindringen von tatsächlichen Erregern (Thakur & Sohal, 2013). Ein Versuch unter Gewächshausbedingungen hat gezeigt, dass der Wirkstoff COS-OGA bei drei Blattanwendungen den Schutz gegen Kraut- und Knollenfäule bei Kartoffeln deutlich erhöhen konnte (Clinckemallie et al., 2017). In einer weiteren Studie in der Klimakammer konnte mit dem Produkt FytoSol ein Blattschutz von fast 100 % erreicht werden (van Aubel et al., 2018). FytoSol ist in der Schweiz bislang nicht für den Biolandbau zugelassen. Ein ebenfalls auf COS-OGA basierendes Produkt mit dem Namen FytoSave darf gegen Echten und Falschen Mehltau in gewissen Spezialkulturen, jedoch nicht in Kartoffeln, eingesetzt werden (Betriebsmittelliste 2024).

Fragestellung und Hypothese

Folgende Fragestellung und Hypothese sollen in diesem Farmer Science Projekt geklärt werden:

- **Fragestellung:** Kann die Kupfermenge durch die Behandlung mit Héliosoufre oder FytoSol um 50 % reduziert werden ohne dass der Blattbefall mit Kraut- und Knollenfäule gegenüber dem Einsatz der betriebsüblichen Pflanzenschutzstrategie erhöht wird?
- **Hypothese:** Der Blattbefall mit Kraut- und Knollenfäule bei Anwendung von Héliosoufre oder FytoSol in Kombination mit einer Kupferreduktion um 50 % unterscheidet sich nicht vom Befall bei betriebsüblichem Pflanzenschutz mit der vollen Kupfermenge.

4. Material und Methoden

Versuchsdesign

Der Versuch wurde 2023 auf dem Betrieb Rathgeb BioProdukte auf einer Parzelle in Trüllikon ZH (47.64440411, 8.69701438, **Abbildung 2**) in Bio-Kartoffeln durchgeführt. Es wurden drei Verfahren zur Regulierung der Kraut- und Knollenfäule angewendet:

- B = Betriebsüblich mit 100 % Kupfer sowie ein natürliches Haft- und Netzmittel und ein Steinmehlprodukt

- H = Héliosoufre (2 l/ha) mit 50 % reduzierter Kupfermenge (50 % der Wirkstoffe wie Betriebsüblich)
- F = FytoSol (2.5 l/ha) mit 50 % reduzierter Kupfermenge (50 % der Wirkstoffe wie Betriebsüblich)

Pro Verfahren wurden 5 Wiederholungen bestehend aus 12 m Streifenbreite und 240 m Streifenlänge angelegt, d.h. insgesamt 144 Aren pro Verfahren (**Abbildung 3**).



Abbildung 2: Luftbild der Versuchsfläche (rot markiert) in Trüllikon ZH

Sorte	Arbeitsbreite	Fahrgasse	Block	Verfahren	Zeilenlänge [m]	Fläche [m2]
Erika	60	1	5	H	40	120
Erika	59	0	5	H	80	240
Erika	58	0	5	H	120	360
Erika	57	0	5	H	160	480
Erika	56	0	5	F	200	600
Erika	55	0	5	F	240	720
Erika	54	0	5	F	240	720
Erika	53	1	5	F	240	720
Erika	52	1	5	B	240	720
Erika	51	0	5	B	240	720
Erika	50	0	5	B	240	720
Charlotte	49	0	5	B	240	720
Charlotte	48	0	4	B	240	720
Charlotte	47	0	4	B	240	720
Charlotte	46	0	4	B	240	720
Charlotte	45	1	4	B	240	720
Charlotte	44	1	4	F	240	720
Charlotte	43	0	4	F	240	720
Charlotte	42	0	4	F	240	720
Charlotte	41	0	4	F	240	720
Charlotte	40	0	4	H	240	720
Charlotte	39	0	4	H	240	720
Charlotte	38	0	4	H	240	720
Charlotte	37	1	4	H	240	720
Charlotte	36	1	3	H	240	720
Charlotte	35	0	3	H	240	720
Charlotte	34	0	3	H	240	720
Charlotte	33	0	3	H	240	720
Charlotte	32	0	3	F	240	720
Regina	31	0	3	F	240	720
Regina	30	0	3	F	240	720
Regina	29	1	3	F	240	720
Regina	28	1	3	B	240	720
Venezia	27	0	3	B	240	720
Venezia	26	0	3	B	240	720
Venezia	25	0	3	B	240	720
Venezia	24	0	2	H	240	720
Venezia	23	0	2	H	240	720
Venezia	22	0	2	H	240	720
Venezia	21	1	2	H	240	720
Venezia	20	1	2	F	240	720
Venezia	19	0	2	F	240	720
Venezia	18	0	2	F	240	720
Venezia	17	0	2	F	240	720
Venezia	16	0	2	B	240	720
Queen Anne	15	0	2	B	240	720
Queen Anne	14	0	2	B	240	720
Queen Anne	13	1	2	B	240	720
Queen Anne	12	1	1	B	240	720
Queen Anne	11	0	1	B	240	720
Queen Anne	10	0	1	B	240	720
Queen Anne	9	0	1	B	240	720
Queen Anne	8	0	1	H	240	720
Queen Anne	7	0	1	H	240	720
Queen Anne	6	0	1	H	240	720
Queen Anne	5	1	1	H	240	720
Queen Anne	4	1	1	F	240	720
Queen Anne	3	0	1	F	240	720
Queen Anne	2	0	1	F	240	720
Queen Anne	1	0	1	F	240	720

Verfahren
 B = Betriebsüblich
 H = Heliosol
 F = Fytosol

Abbildung 3: Versuchsdesign mit drei Verfahren und fünf Wiederholungen. Jede Zeile entspricht einer Arbeitsbreite von 4 Dämmen

Variablen

- Abhängige Variablen: Blattbefall mit Kraut- und Knollenfäule
- Unabhängige Variablen: Pflanzenschutzstrategie
- Störvariablen: Diverse Umweltparameter (z.B. Bodenbeschaffenheit) die durch Randomisierung und Wiederholung der Spritzverfahren möglichst reduziert werden sollen

Versuchsplanung

In Tabelle 1 sind die Massnahmen der Kulturführung aufgelistet. Alle Massnahmen wurden nach Betriebsüblicher Weise und den Entscheidungen des Anbauleiters durchgeführt. Alle Behandlungen mit Pflanzenschutzmitteln für die drei Verfahren sind in Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 1: Bewirtschaftungsmassnahmen

Datum	Massnahme
06.06.2023	Grasnarbenfräsen, Pflügen
07.06.2023	Walzen, Fräsen, Kreiseleggen
08.06.2023	Kreiseleggen, Kartoffeln setzen mit 18 cm Pflanzdistanz
07. und 10.07.2023	Striegeln
21.07.2023	Anhäufeln
17.10.2023	Ernte



Abbildung 4: Behandelt wurde mit einer selbstfahrende Feldspritze mit Luftunterstützung.

Tabelle 2: Behandlungsjournal für das Verfahren «Betriebsüblich»

Behandlung	Eingesetztes Pflanzenschutzmittel	Behandlungsgrund	Produkte-Menge	Wirkstoff-Anteil	Reinkupfer-Menge
Datum	Handelsname	Schädling/Pilz	Kg/L/ ha	%	kg/ha
17.07.2023	Wasser		500		0
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	1		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	1.5	28	0.42
28.07.2023	Wasser		500		0
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	1		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	2	28	0.56
07.08.2023	Wasser		500		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	2	28	0.56
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	1		0
	Klinospray	Blattstärker	5		0
21.08.2023	Wasser		500		0
	Novodor	Kartoffelkäfer	5		0
22.08.2023	Wasser		500		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	2	28	0.56
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	1		0
02.09.2023	Wasser		500		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	2	28	0.56
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	1		0
	Klinospray	Blattstärker	5		0
Total					2.66

Tabelle 3: Behandlungsjournal für das Verfahren «FytoSol»

Behandlung	Eingesetztes Pflanzenschutzmittel	Behandlungsgrund	Produkte-Menge	Wirkstoff-Anteil	Reinkupfer-Menge
Datum	Handelsname	Schädling/Pilz	Kg/L/ ha	%	kg/ha
17.07.2023	Wasser		500		0
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	0.5		0
	FytoSol	Kraut- und Knollenfäule	2.5		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	0.75	28	0.21
28.07.2023	Wasser		500		0
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	0.5		0
	FytoSol	Kraut- und Knollenfäule	2.5		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	1	28	0.28
07.08.2023	Wasser		500		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	1	28	0.28
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	0.5		0
	FytoSol	Kraut- und Knollenfäule	2.5		0
	Klinospray	Blattstärker	2.5		0
21.08.2023	Wasser		500		0
	Novodor	Kartoffelkäfer	5		0
22.08.2023	Wasser		500		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	1	28	0.28
	FytoSol	Kraut- und Knollenfäule	2.5		0
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	0.5		0
02.09.2023	Wasser		500		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	1	28	0.28
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	0.5		0
	FytoSol	Kraut- und Knollenfäule	2.5		0
	Klinospray	Blattstärker	2.5		0
Total					1.33

Tabelle 4: Behandlungsjournal für das Verfahren «Héliosoufre»

Behandlung	Eingesetztes Pflanzenschutzmittel	Behandlungsgrund	Produkte-Menge	Wirkstoff-Anteil	Reinkupfer-Menge
Datum	Handelsname	Schädling/Pilz	Kg/L/ ha	%	kg/ha
17.07.2023	Wasser		500		0
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	0.5		0
	Héliosoufre	Kraut- und Knollenfäule	2		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	0.75	28	0.21
28.07.2023	Wasser		500		0
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	0.5		0
	Héliosoufre	Kraut- und Knollenfäule	2		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	1	28	0.28
07.08.2023	Wasser		500		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	1	28	0.28
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	0.5		0
	Héliosoufre	Kraut- und Knollenfäule	2		0
	Klinospray	Blattstärker	2.5		0
21.08.2023	Wasser		500		0
	Novodor	Kartoffelkäfer	5		0
22.08.2023	Wasser		500		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	1	28	0.28
	Héliosoufre	Kraut- und Knollenfäule	2		0
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	0.5		0
02.09.2023	Wasser		500		0
	Airone WG	Kraut- und Knollenfäule	1	28	0.28
	Heliosol	Netz- und Haftmittel	0.5		0
	Héliosoufre	Kraut- und Knollenfäule	2		0
	Klinospray	Blattstärker	2.5		0
Total					1.33

Messmethoden

Der Befall mit Kraut- und Knollenfäule wurden visuell anhand der Symptome auf den Blättern geschätzt (Prozent der Blattoberfläche mit Befall). Die Bonitur wurde an drei Daten während der Vegetationsperiode durchgeführt (**Tabelle 5**). Pro Spritzverfahren und Wiederholung wurden drei Abschnitte im Feld bonitiert (unten, mitte, oben). Bei der erste Bonitur Anfang August war der Befall noch sehr gering und kaum Symptome sichtbar. Bei der zweiten Bonitur war der Befall hoch und in gewissen Bereichen des Feldes war die Bonitur aufgrund von Trockenstress erschwert. Bei der dritten Bonitur waren schon viele Läsionen eingetrocknet und es wurden nur die frischen Läsionen bonitiert.

Tabelle 5: Daten der durchgeführten Bonituren und Bemerkungen

Bonitur Nr.	Datum	Bemerkung
1	10.08.2023	Befall mit Kraut- und Knollenfäule sehr gering
2	24.08.2023	Aufgrund des grossen Trockenstresses waren die Pflanzen auf der Kuppe schwer zu bonitieren
3	05.09.2023	Es wurden nur die frischen Läsionen bonitiert

Kommentare

Es war geplant im ganzen Versuch die Sorte Queen Anne zu pflanzen. Durch ein Missverständnis wurden fünf verschiedene Kartoffelsorten gepflanzt (Queen Anne, Venezia, Regina, Charlotte und Erika, siehe **Abbildung 3**) anstatt wie geplant nur eine Sorte über den gesamten Versuch. Da Regina wenig anfällig ist auf Kraut- und Knollenfäule wurde diese Sorte bei den Bonituren nicht miterfasst.

Statistische Auswertung

Die Statistische Auswertung wurden mit RStudio (R Version 2023.09.1) durchgeführt. Um Pseudoreplikate zu vermeiden wurde der Mittelwert der drei bonitierten Abschnitte (unten, mitte, oben) verwendet. Aufgrund der ungeplanten Pflanzung mehrerer Kartoffelsorten waren die Verfahren zum Teil ungleichmässig auf die Sorten verteilt. Dies wurde ausgeglichen, indem Verfahren die innerhalb einer Sorte häufiger vorkamen mit dem Mittelwert zusammengefasst wurden.

Um den Einfluss der Spritzverfahren auf den Krautfäulebefall zu analysieren wurde pro Bonitur eine zweifaktoriellen ANOVA mit Verfahren und Block als fixe Faktoren durchgeführt. Die Normalität der Modellresiduen wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test und die Homogenität der Varianzen mit dem Levene-Test geprüft. Für die Post-hoc-Analyse wurde der Tukey-HSD-Test verwendet. Bei der ersten Bonitur war die Annahme der Varianzhomogenität in Bezug auf den Faktor Block nicht erfüllt, weshalb eine einfache ANOVA ohne den Faktor Block verwendet wurde.

Zudem wurde der Einfluss der Sorten auf den Krautfäulebefall mit einer einfaktoriellen ANOVA untersucht. Da die Sorten jedoch ohne räumliche Wiederholung angebaut wurden könnten diese Daten aufgrund von inhomogenen Standorteigenschaften (Mulden, Bodenverdichtungen etc.) verzerrt sein.



Abbildung 5: Starker Blattverlust durch die Kraut- und Knollenfäule (05.09.2023).

5. Resultate

Einfluss der Spritzverfahren auf den Krautfäulebefall

Es wurde kein signifikanter Unterschied im Krautfäulebefall zwischen den drei Spritzverfahren (Betriebsüblich, FytoSol und Héliosoufre) gefunden (**Tabelle 6**).

Tabelle 6: F- und p-Werte sowie Signifikanzniveau einer zweifaktoriellen ANOVA mit den Faktoren Verfahren und Block (. $p < 0.1$, * $p < 0.05$, n.s. = nicht signifikant)

	Verfahren			Block		
	F	p		F	p	
Krautfäulebefall Bonitur 1	2.42	0.14	n.s.	-	-	
Krautfäulebefall Bonitur 2	0.40	0.68	n.s.	3.30	0.07	.
Krautfäulebefall Bonitur 3	2.44	0.17	n.s.	8.07	0.02	*

Bei der ersten Bonitur war der Befall mit durchschnittlich 0.28 % (± 0.5) sehr gering. Er war im Verfahren FytoSol leicht erhöht, unterschied sich jedoch aufgrund der grossen Streuung nicht signifikant von den beiden anderen Verfahren (**Abbildung 6**). Bei der zweiten Bonitur war der Befall beim Verfahren FytoSol mit 21.73 % (± 8.9) beinahe identisch mit dem Verfahren Betriebsüblich mit 21.50 % (± 15.6). Im Verfahren Héliosoufre wurde ein leicht erhöhter Befall von 27.07 % (± 18.2) festgestellt, wobei dieser Unterschied nicht statistisch signifikant war. Bei der dritten Bonitur war der Befall mit durchschnittlich 1.19 % (± 1.3) erneut gering. Hier liess sich eine leichte, nicht signifikante, Zunahme des Befalls vom Verfahren Betriebsüblich über das Verfahren FytoSol hin zum Verfahren Héliosoufre beobachten (**Abbildung 6**).

Bei der dritten Bonitur hatte die Block-Struktur einen signifikanten Effekt auf den Krautfäulebefall (**Tabelle 6**). Der Krautfäule-Befall war in Block 1 höher als in Block 4 und Block 5 ($p < 0.05$). In Block 1 war die Sorte Queen Anne gepflanzt, während in Block 3, 4 und 5 die Sorten Charlotte und Erika angebaut wurden (**Abbildung 3**).

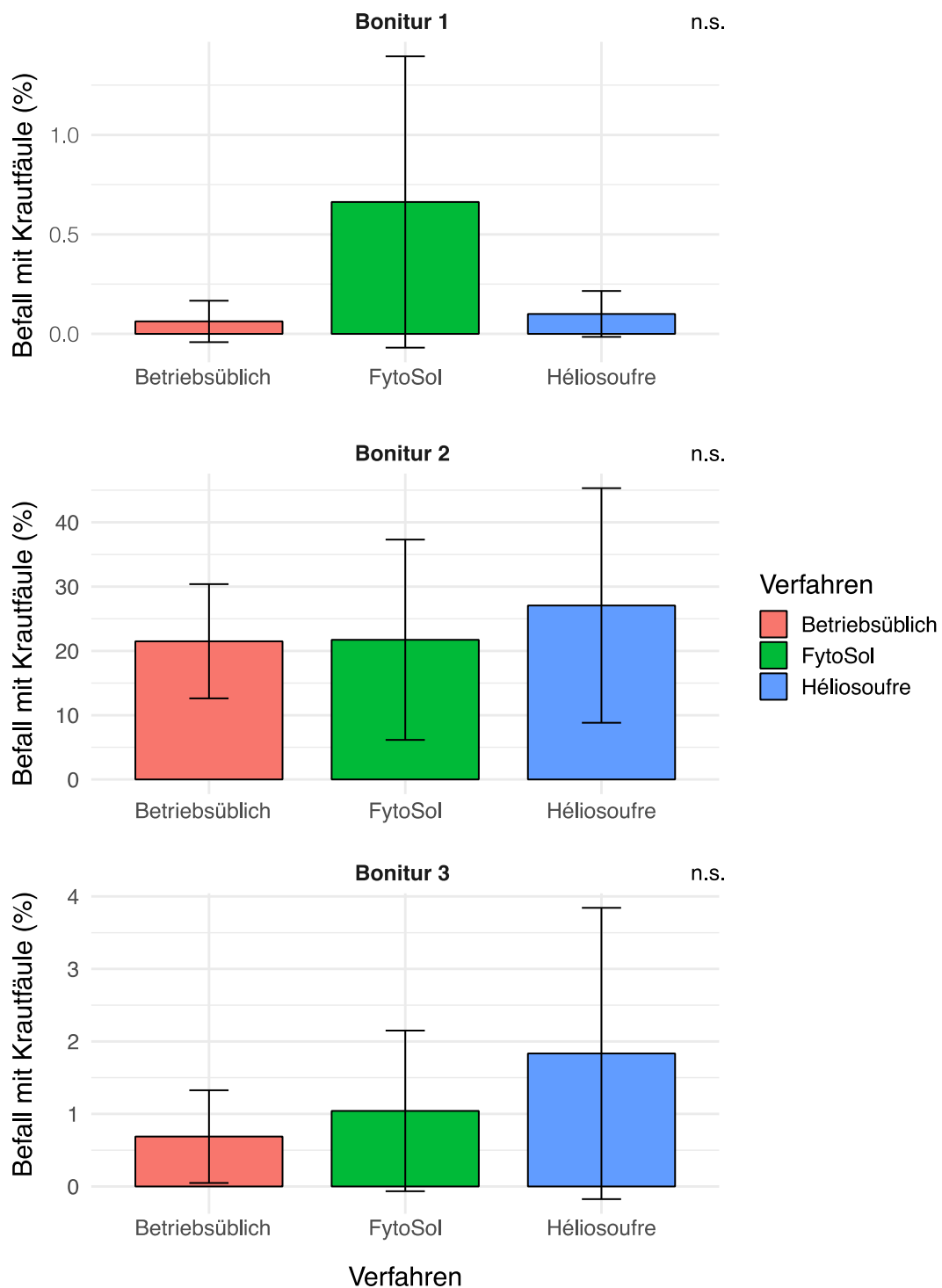


Abbildung 6: Krautfäulebefall (% , Mittelwert und Standardabweichung) von drei Spritzverfahren (Betriebsüblich, FytoSol, Héliosoufre) bei drei Bonituren. Eine zweifaktoriellen ANOVA mit den Faktoren Verfahren und Block ergab keine signifikanten Unterschiede (n.s.)

Einfluss der Sorten auf den Krautfäulebefall

Bei der zweiten und dritten Bonitur konnten signifikante Unterschiede im Krautfäulebefall zwischen den Sorten festgestellt werden (Tabelle 7). In der zweiten Bonitur wiesen die Sorten Charlotte und Queen Anne einen deutlich tieferen Befall auf als die Sorten Erika und Venezia (Abbildung 8; Abbildung 7). In der dritten Bonitur wies die Sorte Queen Anne dann einen höheren Befall auf als die Sorten Charlotte und Erika.

Tabelle 7: F- und p-Werte sowie Signifikanzniveau einer einfaktoriellen ANOVA mit dem Faktor Sorte (***) $p < 0.001$, * $p < 0.05$, n.s. = nicht signifikant)

	Sorten		
	F	p	
Krautfäulebefall Bonitur 1	0.81	0.52	n.s.
Krautfäulebefall Bonitur 2	29.21	0.00	***
Krautfäulebefall Bonitur 3	5.93	0.02	*



Abbildung 7: Deutlicher Sortenunterschied bezüglich Krautfäulebefall (25.08.2023). Rechts im Bild ist die Sorte Queen Anne, links Venezia.

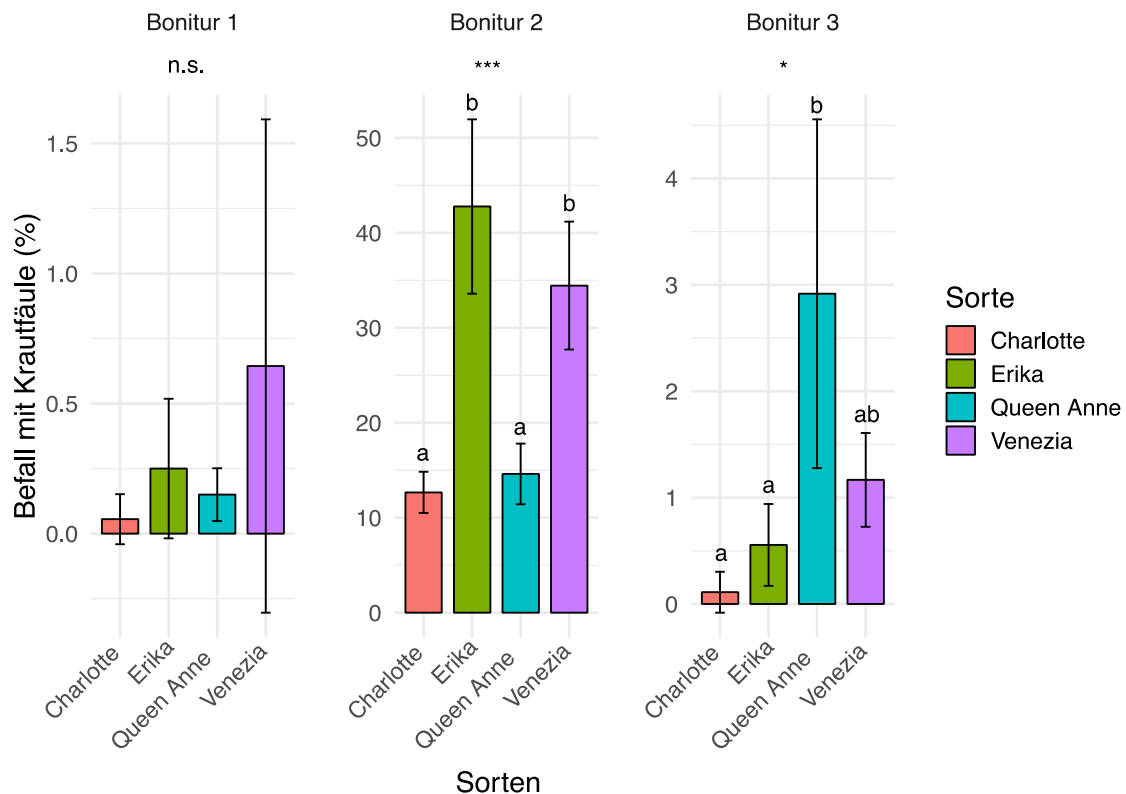


Abbildung 8: Krautfäulebefall (%; Mittelwert und Standardabweichung) von vier Kartoffelsorten bei drei Bonituren. Ergebnisse einer einfaktoriellen ANOVA mit dem Faktor Sorte sind über den Plots eingetragen (***) $p < 0.001$, * $p < 0.05$, n.s. = nicht signifikant). Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) zwischen den Sorten sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

6. Schlussfolgerung und Lösungsvorschläge

Im vorliegenden Praxisversuch wurde kein Unterschied im Krautfäulebefall zwischen den beiden um 50 % kupferreduzierten Spritzverfahren FytoSol und Héliosoufre gegenüber der betriebsüblichen Pflanzenschutzstrategie mit voller Kupfermenge gefunden. Die Resultate dieses Versuches zeigen, dass die beiden Mittel FytoSol und Héliosoufre vielversprechende Alternativen sind, um im biologischen Kartoffelanbau den Kupfereinsatz zu reduzieren ohne einen erhöhten Befall mit Krautfäule zu riskieren. Die relativ grosse Streuung bei der befallenen Blattfläche je Verfahren kam durch die Sortenunterschiede zustande. In jedem Verfahren war jede Sorte mindestens einmal enthalten. Die grossen Fehlerbalken täuschen daher etwas über die gute Aussagekraft dieses Versuches. Das Mittel FytoSol ist für den Biolandbau besonders interessant da es als Elicitor die eigene Abwehrreaktion der Pflanzen stimuliert und, im Gegensatz zu Héliosoufre, ohne fungiziden Wirkstoff auskommt. Zudem war der Befall mit Krautfäule beim Mittel Héliosoufre nicht statistisch signifikant aber doch in der Tendenz etwas höher. Die Sorte Charlotte wies eine geringere Anfälligkeit für Krautfäule im

Vergleich zu den anderen Sorten. Der erhöhte Befall von Queen Anne bei der dritten Bonitur verglichen mit den anderen Sorten könnte auf ein späteres Abreifen dieser Sorte zurückzuführen sein. Die Sorten Erika und Venezia sind früh abreifend und waren zum späten Zeitpunkt durch die «Altersresistenz» weniger von der Kraut- und Knollenfäule betroffen als die mittelspät abreifende Queen Anne. Die unterschiedlichen Anfälligkeiten der eingesetzten Sorten zeigen die Bedeutung der Sortenwahl als wichtigsten Faktor bei der Entwicklung von Pflanzenschutzstrategien mit reduziertem Kupfereinsatz. Die Resultate bietet eine gute Grundlage um die beiden erprobten Pflanzenschutzstrategien in weiteren Versuchsjahren und an weiteren Standorten einzusetzen um sie allenfalls auch mit Ernteerhebungen weiter zu validieren.

7. Dank

Wir bedanken uns für die ausgezeichnete Zusammenarbeit mit Rathgeb BioProdukte und Daniel Hangartner. Andermatt Biocontrol wird gedankt fürs grosszügige zur Verfügung stellen des Mittels FytoSol.

8. Literatur

- Betriebsmittelliste 2024 für den biologischen Landbau in der Schweiz, FiBL
- Clinckemaiilie, A., Decroës, A., van Aubel, G., Carrola dos Santos, S., Renard, M. E., Van Cutsem, P., & Legrève, A. (2017). The novel elicitor COS-OGA enhances potato resistance to late blight. *Plant pathology*, 66(5), 818-825.
- Ghorbani, R. (2007). Reducing copper-based fungicide use in organic crop production systems. In *Handbook of organic food safety and quality* (pp. 392-412). Woodhead Publishing.
- Lee, S., Choi, H., Suh, S., Doo, I. S., Oh, K. Y., Jeong Choi, E., ... & Lee, Y. (1999). Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture by inducing the evolution of reactive oxygen species from guard cells of tomato and *Commelina communis*. *Plant physiology*, 121(1), 147-152.
- Omya Schweiz AG AGRO (2023). Technische Informationen Heliosoufre. https://www.omya.com/AgroDocs/Heliosoufre_S.pdf
- Thakur, M., & Sohal, B. S. (2013). Role of elicitors in inducing resistance in plants against pathogen infection: a review. *International Scholarly Research Notices*, 2013.
- van Aubel, G., Serderidis, S., Ivens, J., Clinckemaiilie, A., Legrève, A., Hause, B., & Van Cutsem, P. (2018).
- Williams, J. S., & Cooper, R. M. (2004). The oldest fungicide and newest phytoalexin—a reappraisal of the fungitoxicity of elemental sulphur. *Plant Pathology*, 53(3), 263-279.