

Regulierung der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) im ökologischen Kartoffelanbau durch Applikation von Eisenpelargonat

Einleitung

Aufgrund der steigenden Nachfrage nach ökologisch produzierten Speisekartoffeln, ist ihr Anbau für viele ökologische Betriebe ein zunehmend wichtiger werdender Betriebszweig. Als einer der größten ertragsmindernden Faktoren gilt dabei die durch den Erreger *Phytophthora infestans* ausgelöste Kraut- und Knollenfäule. Bedingt durch den Mangel an wirksamen Alternativmitteln werden im Ökologischen Landbau derzeit fast nur Kupferpräparate zur Bekämpfung eingesetzt. Aufgrund des potentiell negativen Einflusses einer Kupferanreicherung auf Böden, Bodenorganismen und Gewässer ist der Einsatz dieser Mittel durch Verbandsrichtlinien auf 3 kg Cu/ha/a limitiert und wird sowohl in der Praxis des Ökolandbaus als auch in der Wissenschaft kontrovers diskutiert (BÖL 2010).

Neben technischen Maßnahmen, wie Prognoseprogrammen, Applikationstechnik und Pflanzgutvorbereitung, wird auch intensiv an der Erforschung neuer biologischer Wirkstoffe gearbeitet, die beispielsweise auf Pflanzen- oder Algenextrakten basieren (Böhm 2015). Bislang ist der Erfolg dieser getesteten Alternativen zwar im Labor- und Topfversuch zu beobachten, konnten bislang unter Feldbedingungen nicht ausreichend bestätigt werden.

Ein vielversprechender neuer Ansatz zur Bekämpfung der Krautfäule besteht nun in der Anwendung eines Eisensalzes der Pelargonsäure. Dieses derzeit in der Zulassung für den Ökolandbau befindliche Kontaktfungizid (Neu1143F) basiert auf zwei sich gegenseitig ergänzenden Vorgängen, welche die Sporenkeimung unterbinden und das Myzelwachstum sowie die Keimschlauchentwicklung hemmen: Die gute Pflanzenverträglichkeit und ökotoxikologische Eigenschaften wurden durch erste Versuche bestätigt. (Prokop et al. 2016). In wie weit dieses neue Mittel bereits praxisreif einsetzbar ist, wurde 2017 auf zwei Standorten in NRW im Rahmen des Leitbetriebprojektes untersucht.

Fragestellung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, innovative Präparate hinsichtlich ihres Einflusses und ihrer Wirksamkeit auf den Befall von Kartoffeln mit *Phytophthora infestans* zu untersuchen. Im Vordergrund stand dabei ein neu entwickeltes Präparat auf Basis von Eisenpelargonat (Neu1143F). Ergänzend wurde die Wirkung von Neu1143F in Kombination mit Silikat untersucht. Eine alternierende Ausbringung des Präparates mit Cuprozin®progress und die kombinierte Ausbringung beider Mittel war ebenfalls Bestandteil der Versuche. Weiterhin wurde der Hefestamm 2H13 in Verbindung mit Cuprozin®progress unter Freilandbedingungen getestet.

Die Beantwortung der folgenden Forschungsfragen stand dabei im Vordergrund:

1. Erreicht das Präparat **Neu1143F** im Freiland eine signifikante Wirkung gegen den Befall mit *P. infestans* und wird diese Wirkung durch Zugabe von Silikat verbessert?
2. Erfolgt eine signifikante Wirkung bei der kombinierten Applikation von **Neu1143F** mit Cuprozin®progress? Kann eine alternierende Ausbringung den Krautfäulebefall signifikant reduzieren?
3. Kann eine reduzierte Aufwandmenge eines Kupferpräparates bereits einen befallsreduzierenden Effekt bewirken? Wird diese Wirkung in kombinierter Ausbringung mit dem Hefestamm 2H13 verstärkt?
4. Welchen Einfluss haben die eingesetzten Präparate auf den Ertrag und die Ertragsstruktur des Bestandes?

Präventive Maßnahmen

Als präventive Maßnahmen zur Minderung des Befallsrisikos mit *P. infestans* stehen dem Ökolandbau die Standort- und Sortenwahl, die Fruchtfolgegestaltung, Pflanzgutvorbereitung und Pflegemaßnahmen sowie die konsequente Beseitigung von Primärherden (BÖHM et al. 2003) zur Verfügung.

Zur Berücksichtigung der Standortwahl empfiehlt es sich den Anbau in engen Tallagen und Senken zu vermeiden. Zur Gewährleistung eines besseren Abtrocknens der Kartoffelpflanzen wird empfohlen, die Ausrichtung der Reihen nach Hauptwindrichtung durchzuführen. Eine schnellere Abtrocknung nach Niederschlagsereignissen wird auch durch einen größeren Abstand zwischen den einzelnen Pflanzen, sowie einen Mindestreihenabstand von 75 cm gefördert (SCHÖBER-BUTIN 2001, KOLBE & MEINCK 2007).

Als weitere pflanzenbauliche Maßnahmen steht die Auswahl einer geeigneten Sorte zur Verfügung. Die Züchtung von resistenten Sorten erhält im ökologischen Anbau eine zunehmende Bedeutung, jedoch stoßen diese Sorten beim Verbraucher oft geschmacklich auf wenig Gegenliebe. Die Wahl früher Sorten hat den Vorteil, dass die Knollenbildung frühzeitiger erfolgt und demzufolge eine ausreichende Ertragsbildung oftmals schon vor der Infektion abgeschlossen ist (KOLBE & MEINCK 2007).

Unabdingbar für die Widerstandsfähigkeit des Bestandes gegen den Erreger ist eine ausreichende Nährstoffversorgung, da nur mit dieser eine möglichst hohe Ertragsbildung in der infektionsfreien Zeit unterstützt werden kann.

Durch effiziente Pflanzgutvorbereitungen, das heißt v.a. fachgerechtes Vorkeimen, können verschiedenen Untersuchungen zufolge deutliche Mehrerträge, ein verbessertes Wachstum sowie eine verbesserte Qualität erreicht werden (BÖHM & NEUHOFF 2001).

Zur Primärherdreduzierung ist die Einhaltung einer korrekten Feldhygiene zu beachten. Hierbei sollte es durch die Entfernung von Kartoffelresten vom Feld zur Vermeidung von Durchwuchskartoffeln kommen (SCHÖBER-BUTIN 2001). Bei einer vorhandenen Krautinfektion sollte etwa drei bis fünf Wochen vor dem Erntetermin das Kraut mechanisch entfernt werden, um eine Ansteckung der Knollen zu vermeiden (HENFLING 1987, DRANGMEISTER 2011).

Direkte Kontrolle

Der Einsatz von chemisch-synthetischen Fungiziden ist im Ökolandbau untersagt (BMEL 2017). Derzeit beschränken sich die direkten Regulierungsmaßnahmen hauptsächlich auf Kupferpräparate, die zu den Kontaktfungiziden zählen. Diese erreichen einen protektiven Wirkungseffekt, indem sie sich auf der Blattoberfläche verteilen und die Keimung der Sporangien sowie das anschließende Eindringen unterbinden. Da der Wirkstoff nicht in das Blattgewebe aufgenommen wird und nicht systemisch wirkt, muss das Mittel v.a. nach Niederschlägen neu appliziert werden. (SCHÖBER-BUTIN 2001, KÜPPER & SULLIVAN 2004).

Die Nutzung von Kupferpräparaten ist in Deutschland und vielen weiteren Ländern unterschiedlich streng reglementiert. In skandinavischen Ländern und den Niederlanden ist der Einsatz von Kupfer verboten. Die deutschen Auflagen der Ökoverbände beschränken die höchste erlaubte Kupferaufwandmenge seit 2009 auf 3 kg Reinkupfer pro Jahr und Hektar. Auch die erlaubten Höchstaufwandmengen pro Spritzung wurden

durch Auflagen beschränkt (BÖHM et al. 2003, BÖLW 2010). Die Kupferspritzungen sollten nach Warndienstmeldungen für die entsprechende Region erfolgen. Hierzu bietet sich seit 2005 das Prognosemodell Öko-Simphyt an, welches eine Prognose des Spritzstarts, der Aufwandmengen und der folgenden Applikationen ermöglicht. Die Spritzabstände erfolgen angepasst an die Witterungsbedingungen und den daraus resultierenden Infektionsdruck, wodurch unrentable Routineapplikationen verhindert werden können (KOLBE & MEINCK 2007).

Ansätze zu kupferfreien Alternativmitteln

Aufgrund der potentiell negativen Einflüsse des Kupfereinsatzes auf das Ökosystem und einer in den nächsten Jahren möglicherweise erfolgenden Limitierung des Einsatzes von Kupferpräparaten wird in der Forschung intensiv nach Alternativen zur direkten Bekämpfung von *P. infestans* geforscht. Hierzu wurden bisher mehrere Hundert Präparate getestet. Bisher konnten eine eventuell unter Labor- und Gewächshausbedingungen erzielte Wirkung jedoch kaum im Freiland bestätigt werden (KÜHNE & GITZEL 2016, MEKURIA et al. 2003, BÖHM & CERNY 2002).

Ein neuer Ansatz besteht aktuell in der Anwendung von Neu1143F, einem Fettsäurefungizid auf Basis eines Eisensalzes der Pelargonsäure. Die Wirkung ergibt sich laut PROKOP et al. (2016) aus zwei sich gegenseitig ergänzenden Vorgängen, welche die Sporenkeimung unterbinden und das Myzelwachstum sowie die Keimschlauchentwicklung hemmen. Zum einen findet durch die Fettsäure eine Schädigung der pilzlichen Zellmembran statt, zum anderen werden durch aktive Eisenionen die natürlichen Abläufe in den Zellen gestört. Darüber hinaus sollen pflanzeneigene Abwehrmechanismen aktiviert werden, was die Anfälligkeit gegenüber Pilzinfektionen reduziert. Zudem wurden die gute Pflanzenverträglichkeit und ökotoxikologische Eigenschaften in ersten Labor- und Freilandversuchen bestätigt. Diese vielversprechenden Ergebnisse zur Wirksamkeit von Neu1143F gaben den Anlass, die Anwendung unter Feldbedingungen im Rahmen des Projektes „Leitbetriebe Ökologischer Landbau in NRW“ zu überprüfen.

Material & Methoden

Standorte

Die Versuche wurden auf dem ökologisch wirtschaftenden Betrieb Stautenhof in Willich-Anrath sowie dem ökologischen Versuchsbetrieb der Universität Bonn Wiesngut in Hennef/Sieg durchgeführt.

Die betrieblichen Schwerpunkte des **Stautenhofes** liegen in der Haltung von Mastschweinen und -sauern, Kartoffelanbau sowie Getreideanbau. Der Versuchsstandort liegt 45 m über NN und ist durch sandige Lehmböden mit 60 bis 80 Bodenpunkten ein ackerbaulich günstig geprägter Standort. Im langjährigen Mittel fällt eine Jahresniederschlagsmenge von 700 mm, die Durchschnittstemperatur beträgt 9,3 °C.

Der Versuchsbetrieb **Wiesengut** liegt in der Siegniederung bei Hennef auf einer Höhe von 65 m über NN und wird als Gemischtbetrieb mit Rinderhaltung bewirtschaftet. Die Jahresniederschlagsmenge beträgt durchschnittlich 840 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur 10,3 °C. Der vorherrschende Bodentyp ist Braunerde mit lehmig-schluffigen bis sandig-schluffigen Auensedimenten. Die Mächtigkeit der Böden sowie die Korngrößenzusammensetzung sind heterogen. Die Bodenzahl liegt maximal bei 65 und minimal bei 30. Die Versorgungsstufen liegen für Phosphor in B, Kalium in C und Magnesium in Stufe D. Der Humusgehalt beträgt 1,6%.

Witterung

Der Versuchszeitraum war auf beiden Standorten geprägt durch ein kaltes Frühjahr, eine Trockenperiode im Frühsommer v.a. im Juni und damit vglw. spät einsetzenden Krautfäulebefall sowie hohe Niederschläge von Juli bis September zur Ernte.

Varianten

Neu1143F: Bei dem zu untersuchenden Präparat handelt es sich um ein von der Firma Neudorff neu entwickeltes Kontaktfungizid. Dieses Fettsäurefungizid ist als Suspensionskonzentrat mit 81,6 g/l des Wirkstoffes Eisenpelargonat formuliert. Die Wirkung besteht aus zwei sich gegenseitig ergänzende Vorgänge, welche die Sporenkeimung unterbinden und das Myzelwachstum sowie die Keimschlauchentwicklung hemmen. Darüber hinaus werden pflanzeigene Abwehrmechanismen aktiviert, was die Anfälligkeit gegenüber Pilzinfektionen reduziert (Prokop et al. 2016a). Durch den Hersteller wird eine Ausbringung von 20 bis 40 l/ha auf 800 l/ha Wasser im sieben bis zehn tägigen Abstand bei maximal zehn Behandlungen empfohlen.

Neu1143F mit Silikat d.h. mit Salzen der Kieselsäure. Diese fungiert in der Anwendung als Bestandteil von Pflanzenstärkungsmitteln und soll durch Einlagerung in die pflanzliche Zellwand eine Festigung und Härtung der Zellen erzielen, wodurch Pilzsporen nur noch erschwert eindringen können (Terhoeven 2004).

Cuprozin®progress: Es handelt sich hierbei um ein Kontaktfungizid, welches als Suspensionskonzentrat mit 383,8 g/l Kupferhydroxid (250 g Cu/l) formuliert ist. Bei einer gleichmäßigen Verteilung des Kupferhydroxids auf der Blattoberfläche wirkt das Mittel protektiv gegen einen möglichen Pilzbefall. Die Wirkung ergibt sich, da die enthaltenen Kupferionen aktiv in den Stoffwechsel der Schadorganismen eingreifen. Somit werden die Pilzsporen an der weiteren Auskeimung gehindert und in ihren vielen enzymatischen Prozessen gestört (Welte 2011). Durch den Hersteller Spiess Urania Chemicals GmbH wird eine Ausbringung von 2 l/ha auf 400 l H₂O/ha bei maximal sechs Behandlungen empfohlen.

Cuprozin®progress mit 2H13: Der durch die Firma BioProtect GmbH vertriebene Hefestamm 2H13 wird als Zusatzstoff zu Pflanzenschutzmitteln deklariert. Demnach soll die Wirksamkeit von niedrig dosierten Kupferpräparaten durch den Einsatz verbessert werden. Der Hefepilz soll zudem antagonistisch auf andere Pilzarten wirken und somit um Nährstoffe und Lebensraum mit dem Schädling konkurrieren. Die Aufwandmenge wird mit 80 g/ha empfohlen (Kunz et al. 2016).

Versuchsdesign

Die Feldversuche wurden als einfaktorielle Blockanlage mit acht Varianten und vier Wiederholungen angelegt. Die Einzelparzellengröße betrug jeweils 4,5 m (6 Reihen) x 7 m = 31,5 m² bei einem Reihenabstand von 75 cm und 33 cm Abstand zwischen den Pflanzen innerhalb der Reihe.

Tab. 1: Übersicht der Versuchsvarianten bei voller Aufwandmenge.

Var	Präparat	Wasseraufwand [l ha ⁻¹]	Cuprozin [l ha ⁻¹]	Neu 1143F [l /ha ⁻¹]	Zusatz [g ha ⁻¹]
1	NEU1143F	800		30	
2	0,5 Cuprozin 0,5 NEU1143F Mischung	600	1	15	
3	Cuprozin NEU1143F Wechsel	siehe Variante 1 bzw. 7			
4	1143F/Silikat	800		30	1200
5	0,5 Cuprozin 2H13	400	1		80
6	0,5 Cuprozin	400	1		
7	Cuprozin	400	2		
8	Kontrolle	400			

Versuchsdurchführung

Für die Durchführung des Feldversuchs auf dem Standort **Stautenhof** wurde die mehligke Frühkartoffelsorte Gunda ausgewählt. Gunda stellt mittlere bis hohe Ansprüche an den Standort und zeichnet sich durch eine gute Lagerfähigkeit aus. Die Sortierung ist ausgeglichen bei mittleren Erträgen. Gunda zeigt eine geringe bis mittlere Anfälligkeit für Krautfäule und ist resistent gegenüber Nematoden und Kartoffelkrebs (Bundessortenamt 2014). Als Vorfrucht wurde auf der Versuchsfläche Triticale mit einer Kleegrasmischung als Untersaat angebaut. Zur Erhöhung des pH-Wertes wurde am 15.01.2017 und am 15.02 eine Behandlung mit Kohlensäurem Kalk (CaCO₃) durchgeführt. Eine Grunddüngung mit 250 dt/ha gemischtem Rinder- und Schweinestallmist fand am 15.02 statt. Im Anschluss erfolgte eine Einarbeitung des organischen Materials mit der Fräse. Durch Verwendung eines Flügelscharrubbers wurde am 25.03 die Grundbodenbearbeitung durchgeführt. Unmittelbar vor der Pflanzung erfolgte am 27.03 unter Verwendung einer Kreiselegge die Saatbettbereitung. Anschließend wurde das vorgekeimte Z-Pflanzgut mit 4 Pflanzen je m² mit

einer Becherpflanzmaschine gepflanzt. Es erfolgte zweimal eine maschinelle Unkrautregulierung mit dem Striegel. Zusätzlich wurde während des Versuchszeitraums einmal eine Unkrautentfernung per Hand durchgeführt. Der Damm wurde insgesamt dreimal durch Anhäufeln der Kartoffeln aufgebaut. Ab dem 10.06 wurde im wöchentlichen Abstand, je nach Witterungsverhältnissen, mit Gaben von 30 mm mittels Überkopfbewässerung beregnet. Den Reihenschluss erreichte der Bestand Anfang Juni.

Auf dem Standort **Wiesengut** kam die Sorte Marabel, der zur Europlantgruppe gehörigen Zuchtstation Böhm, zum Einsatz. Es handelt sich um eine vorwiegend festkochende, frühreife Sorte. Die Resistenz gegen Krautfäule ist mittel (EUROPLANT 2017). Nach den Vorfrüchten Ackerbohne (2015) und Hafer (2016) wurde am 22.08.2016 3 t/ha Kalkmergel ausgebracht sowie am Folgetag 30 t Rottemist/ha gedüngt bevor die Zwischenfruchtmischung TerralifeSolanum der Deutschen Saatveredelung (DSV) eingesät wurde. Nach einer weiteren organischen Düngung im Frühjahr 2017 (10 t ha⁻¹) wurde die Fläche auf 30 cm gepflügt und die Saatbeetbereitung mit der Kreiselegge durchgeführt. Die Pflanzung der vorgekeimten Kartoffeln erfolgte am 11.04.2017 mit einer Pflanzdichte von 4 Pflanzen m². Der Kartoffelkäfer trat besonders stark auf dem Wiesengut auf und wurde mit dem Präparat Neem-Azal behandelt. Während der Frühsommertrockenheit v.a. im Juni wurde der Versuch auf dem Wiesengut ebenfalls beregnet.

Tab. 2: Übersicht über die durchgeführten Behandlungstermine am Standort Stautenhof 2017 sowie die nach Simphyt3 empfohlenen Kupferaufwandmengen.

Behandlungstermine	Empfohlene Kupfermenge	Alternierende Ausbringung
08.06.2017	250 g ha ⁻¹	1143F
18.06.2017	500 g ha ⁻¹	Cuprozin
28.06.2017	500 g ha ⁻¹	1143F
10.07.2017	500 g ha ⁻¹	Cuprozin
15.07.2017	500 g ha ⁻¹	1143F

Auf dem Standort Stautenhof wurde Anfang Juni ungeplant vor Versuchsbeginn eine Behandlung der gesamten Versuchsfläche mit 750 g Cu/ha vorgenommen. Am 8.6 erfolgte daher die erste versuchsrelevante Behandlung mit einer Konzentration von nur 250 g Cu/ha. Bei den weiteren vier Spritzterminen lag die Kupferkonzentration nach Empfehlung des Prognosemodells Öko-Simphyt3 bei 500 g Cu/ha (s. Tab. 2)

Datenerhebung und Bonituren

Der Befall durch *P. infestans* wurde nach ersten Infektionsanzeichen als Anteil befallener Blattfläche in Prozent an Gesamtblattfläche geschätzt. Pro Parzelle wurde jeweils die nekrotische Blattfläche der vier inneren von sechs vorhandenen Dämmen bonitiert. Die Beurteilung erfolgte visuell anhand einer Skala von 0 bis 100% (Clive 1971). Der erste Boniturtermin fand am 05.07 statt, anschließend wurden im Abstand von zwei bis sechs Tagen insgesamt sechs Bonituren durchgeführt bis zur Erreichung eines vollständigen Blattbefalls von 100%. Aus diesen Boniturdaten wurde die *Area Under the Disease Progress Curve* (AUDPC) als Maß für die Krankheitsintensität über den gesamten Boniturzeitraum errechnet. Die Berechnung erfolgte nach Böhm (2017), basierend auf der nachfolgenden Formel von Campbell & Madden (1990):

$$Ak = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i + (y_i + 1)}{2} \right) \times ((t_i + 1) - t_i)$$

n = Gesamtzahl der Beobachtungen,

y_i = Verletzungsintensität am Boniturtermin i

t = Zeit bei der i-ten Beobachtung

Ernte

Bedingt durch eine starke Spätverunkrautung wurde am Tag vor der Ernte am 26.08 das Unkraut unter Verwendung eines Schlegelmulchers gekürzt. Die Ertragsmessung erfolgte auf jeweils vier laufenden Metern der innenliegenden vier Reihen per Hand, dies entspricht einer Erntefläche von 12 m² je Parzelle.

Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden unter Verwendung des Statistikprogramms SAS ausgewertet. Mit dem Shapiro-Wilk-Test wurden die Daten auf Normalverteilung geprüft. Die multiplen Mittelwertvergleiche erfolgten im Anschluss mit dem Tukey-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$. Zur Feststellung von signifikanten Unterschieden der einzelnen Varianten im Vergleich zur Kontrolle wurde der Dunnett Test mit $\alpha = 0,05$ berechnet. Signifikante Unterschiede wurden in den Ergebnissen durch verschiedene Buchstaben kenntlich gemacht.

Ergebnisse

Die Vegetationsperiode 2017 war durch die zunächst anhaltend trockenen Witterungsverhältnisse im Frühsommer geprägt. Dadurch war der Befallsdruck durch *P. infestans* zunächst sehr gering (Tab. 3 & 4).

Tab 1: Wirkung verschiedener Präparate auf den Krautfäulebefall von Kartoffeln mit *P. infestans* in % befallene Blattfläche an den jeweiligen Boniturterminen auf dem Standort Stautenhof. Werte mit verschiedenen Buchstaben zum selben Boniturtermin unterscheiden sich signifikant nach Tukey ($\alpha = 0,05$), mit * markierte Werte unterscheiden sich signifikant von der Kontrolle nach Dunnett ($\alpha = 0,05$).

Variante	5. Juli	10. Juli	13. Juli	15. Juli	19. Juli	26. Juli
Neu1143F	0,08b	6ab	51ab	60ab	86	100
0,5 Cu/0,5 Neu1143F (Mischung)	0,08b	5b*	29b*	31b*	66*	94
Cu/Neu1143F (Wechsel)	0,1b	8ab	49ab	56ab	79	98
Neu1143F/Silikat	0,1b	8ab	40ab*	50ab	85	99
0,5 Cu/2H13	0,08b	5b*	39ab*	49ab*	73	91
0,5 Cu	0,08b	6ab	35b*	46ab*	69*	95
Cu	0,08b	4b*	33b*	36b*	64*	95
Kontrolle	4a	16a	64a	78a	100	100

Am 5. Juli 2017 wurden auf dem Stautenhof erste Befallssymptome im Bestand festgestellt. Die unbehandelte Kontrollvariante unterschied sich zu diesem Boniturtermin von allen anderen Varianten signifikant. Am zweiten Boniturtermin wies die Kontrolle mit 16% den höchsten Blattbefall auf. Die Behandlungen mit Cuprozin®progress zeigten zunächst einen verzögerten Befallsbeginn. Ab dem dritten Boniturtermin am 13.07 kam es auf dem Stautenhof zur epidemischen Ausbreitung der Krautfäule, nach vorhergehenden starken Niederschlagsereignissen (30 mm) mit anhaltenden Temperaturen von etwa 20 °C. In allen Varianten war im Vergleich zum drei Tage vorher erfolgten letzten Boniturtermin ein starker Befallsanstieg feststellbar. Die Kontrolle wies bereits einen Blattbefall von 64% und somit 31% mehr als die Behandlung mit Cuprozin®progress auf. Die weiteren Varianten mit Cu zeigten ähnliche befallsreduzierende Wirkungen. Auch die Kombination von Neu1143F/Si erwies sich nach Dunnett am 13.07. als signifikant weniger infiziert als die Kontrolle. Am vierten Boniturtermin (15.07) war der Befall in der Kontrollvariante innerhalb von

zwei Tagen um etwa 14 auf 78% angestiegen. Die Variante 0,5 Cu/0,5 Neu1143F zeigte analog zur alleinigen Applikation von Cuprozin®progress (Cu) einen deutlich niedrigeren Befallsanstieg von 2 und 3%, beide Varianten unterschieden sich zu diesem Zeitpunkt sowohl nach Tukey als auch nach Dunnett signifikant von der Kontrolle. In den weiteren Varianten erfolgte jeweils eine Befallszunahme von etwa 10%. Der multiple Mittelwertvergleich nach Tukey ergab bereits am vorletzten Boniturtermin keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen allen Varianten. Nach Dunnett bewirkten die Varianten 0,5 Cu/2H13 (69%), 0,5 Cu/0,5 Neu1143F (66%) und Cu (64%) am fünften Boniturtermin weiterhin eine signifikante Befallsreduzierung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Am 26.07 wurde in allen Varianten ein fast vollständiger Blattbefall und nekrotischer Zustand der oberirdischen Pflanzenteile festgestellt.

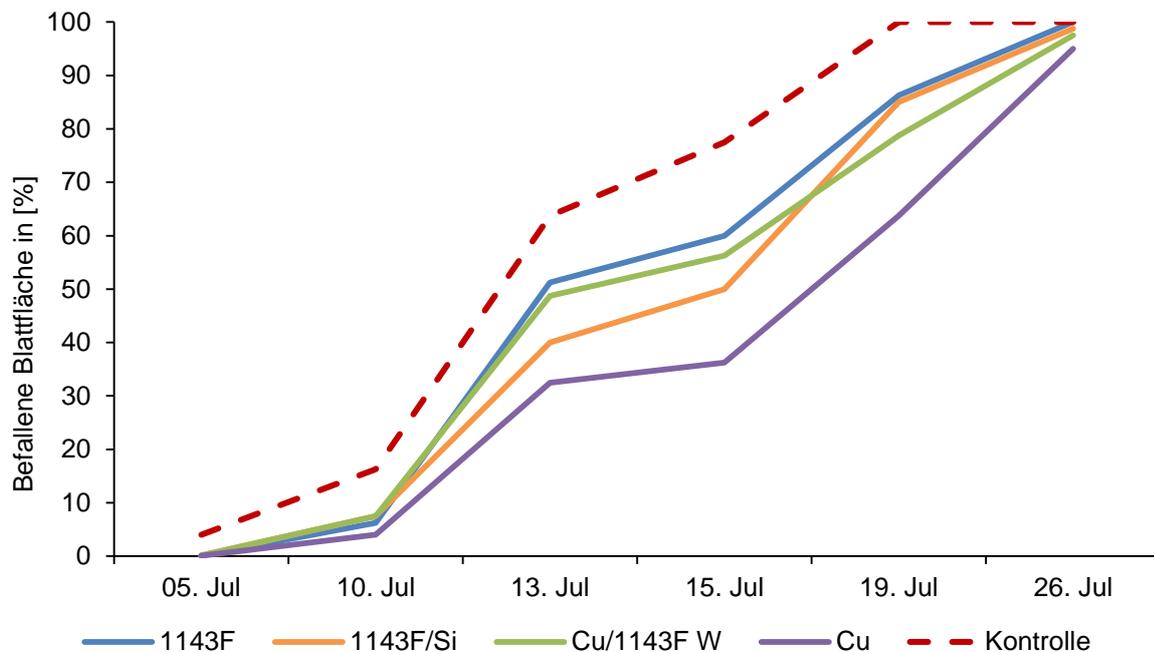


Abb. 1: Wirkung verschiedener Präparate auf den Krautfäulebefall von Kartoffeln mit *P. infestans* in % befallene Blattfläche an den jeweiligen Boniturterminen auf dem Standort Stautenhof 2017.

In Abb. 1 sind die Befallskurven der Varianten mit Neu1143F im Vergleich zu Kupfer in voller Aufwandmenge und zur Kontrolle am Standort Stautenhof dargestellt. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass die Varianten mit Pelargonsäure über den ganzen Boniturzeitraum stets unterhalb der Kontrollvariante verlaufen. Auf dem Standort Wiesengut konnte diese Beobachtung jedoch nicht bestätigt werden (vgl. Tab. 4).

Tab 4: Wirkung verschiedener Präparate auf den Krautfäulebefall von Kartoffeln mit *P. infestans* in % befallene Blattfläche an den jeweiligen Boniturterminen auf dem Standort Wiesengut. Werte mit verschiedenen Buchstaben zum selben Boniturtermin unterscheiden sich signifikant nach Tukey ($\alpha = 0,05$), mit * markierte Werte unterscheiden sich signifikant von der Kontrolle nach Dunnett ($\alpha = 0,05$).

Variante	13.07.	18. Juli	20. Juli	24 Juli	26. Juli
Neu1143F	2,8	41,3 ab	78,8 abc	100	100
0,5 Cu/0,5 Neu1143F (Mischung)	2,3	21,3 ab	53,8 bc*	97,5	100
Cu/Neu1143F (Wechsel)	1,8	18,8 b	52,5 c*	97,5	100
1134F/Silikat	3	46,3 a	88,8 a	100	100
0,5 Cu/2H13	2,3	20 ab	66,3 abc*	100	100
0,5 Cu	1,5	21,3 ab	53,3 bc*	97,5	100
Cu	2,3	17,5 b*	47,5 c*	95	100
Kontrolle	2,8	41,3 ab	86,3 ab	100	100

In Tab. 4 sind die jeweiligen Mittelwerte der Befallsbonituren auf dem Wiesengut dargestellt. Auf diesem Standort wurden erste Symptome am 13.07. festgestellt. Der Befall lag zwischen 1,5 und 3% und zeigt keine signifikanten Unterschiede. Durch optimale Witterungsbedingungen konnte sich der Erreger in den folgenden fünf Tagen stark entwickeln. Der durchschnittliche prozentuale Anteil der befallenen Blattfläche lag am 18.07 bereits zwischen 18,8 und 46,3%. Signifikant verschieden von der Kontrolle war zu diesem Zeitpunkt nur die Behandlung mit Cuprozin in voller Aufwandmenge. Am 20.07 war die prozentuale befallene Blattfläche auf 47,5% bei der Variante Cuprozin und bis auf 86,3 % in der Kontrolle angestiegen. Auch zu diesem Termin unterschieden sich nur Varianten mit Kupfer signifikant von der Kontrolle. Zu den beiden letzten Boniturterminen wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten mehr nachgewiesen.

Die **Area Under the Disease Progress Curve** (AUDPC) beschreibt das Integral der Befallsverlaufkurve, mit der die Fläche unter der ermittelten Befallskurven berechnet wird (s. Abb. 2 & 3). Mit 666,9 hatte die unbehandelte Kontrollvariante den höchsten AUDPC Wert auf dem Standort Stautenhof. In allen Varianten mit Kupferhydroxid-anwendung zu jedem Applikationstermin wurden an diesem Standort signifikante Unterschiede im Vergleich zur Kontrolle festgestellt.

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

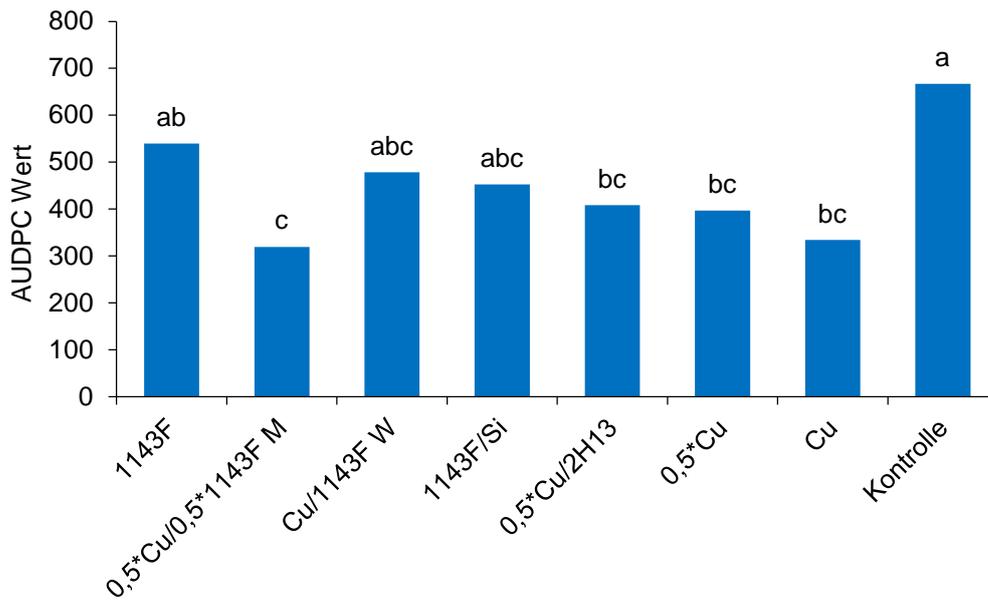


Abb. 2: Einfluss verschiedener Präparate auf den AUDPC-Wert auf dem Standort Stautenhof 2017. Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant nach Tukey ($\alpha = 0,05$).

Auf dem Wiesengut war der AUDPC-Wert der Variante Neu1143F/Si mit 835,6 am höchsten, gefolgt von der Kontrolle mit 810. Signifikant niedrigere Werte im Vergleich zur Kontrolle wurden an diesem Standort in allen Kupfervarianten erzielt.

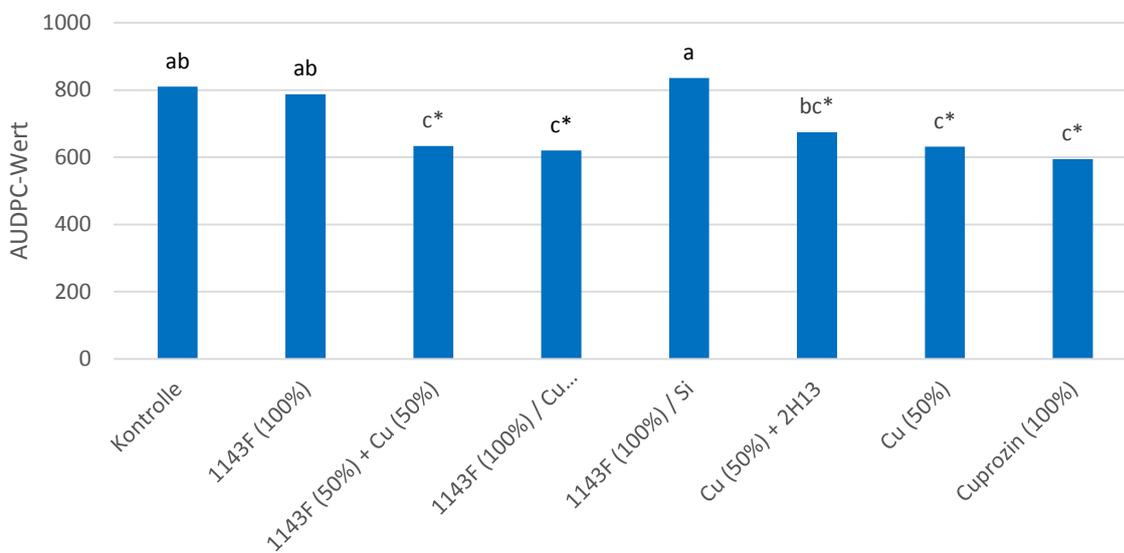


Abb. 3: Einfluss verschiedener Präparate auf den AUDPC-Wert auf dem Standort Stautenhof 2017. Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant nach Tukey ($\alpha = 0,05$), mit * markierte Werte unterscheiden sich signifikant von der Kontrolle nach Dunnett ($\alpha = 0,05$)

Ertrag und Ertragsstruktur

Die Krautfäuleinfektion begann 2017 auf beiden Standorten erst zu einem Zeitpunkt, an dem die Kartoffelbestände die Ertragsbildung bereits weitestgehend abgeschlossen hatten. Daher wurden mit 350 dt/ha (Sorte Gunda) auf dem Stautenhof und 327 dt/ha (Sorte Marabel) auf dem Wiesengut vglw. hohe Roherträge erzielt. Ein signifikanter Einfluss der unterschiedlichen Krautfäuleregulierung auf Ertrag und Ertragsparameter wurde in keinem Versuch festgestellt.

Fazit & Ausblick

Die Behandlung mit Cuprozin®progress in der vollen Aufwandmenge reduzierte das Befallsniveau signifikant im Vergleich mit der unbehandelten Kontrollvariante. Durch die Behandlung mit einer reduzierten Kupferaufwandmenge wurden nur geringfügig höhere Anteile an befallener Blattfläche festgestellt. Durch die Zugabe des Hefestamms 2H13 zur reduzierten Kupfergabe konnte jedoch keine zusätzliche Wirkung erzielt werden.

Die Applikation des innovativen Präparats Neu1143F, welches als Alternative zu Cupro-zin®progress getestet wurde, führte 2017 auf einem Standort zu zwei Terminen zu einer signifikanten Reduzierung der Krautfäule. An einem von zwei Standorten lag die Befallskurve über den gesamten Boniturzeitraum unter der Kontrollvariante. Diese Wirkung der Pelargonsäure konnte durch Zugabe von Silikat nicht gesteigert werden.

Die bereits in zahlreichen Versuchen festgestellte begrenzte Wirksamkeit von rein protektiv wirkenden Kupferalternativen in Freilandversuchen wurde in den eigenen Versuchen bestätigt. Dennoch sollte die Optimierung von Kupferalternativen weiterverfolgt werden, die wie Eisenpelargonat (Neu1143F) im Freiland zumindest etwas Hoffnung auf eine zukünftige Anwendbarkeit in der Praxis machen. Zukünftige Studien sollten dabei auch untersuchen, ob ein zu rascher Abbau oder die Abwaschung der Wirkstoffe von der Blattoberfläche vorliegen und ob diese Effekte durch Formulierung oder Erhöhung der Ausbringungsintervalle ausgeglichen werden kann.

Die im Bericht zitierten Quellen sind beim Autor unten der in der Kopfzeile angegebenen Mailadresse auf Anfrage erhältlich.