

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz im Gemüsebau, Hürth-Fischenich

# Ein Beitrag zur Verminderung der durch den Kohlhernieerreger *Plasmodiophora brassicae* verursachten Schäden durch den Einsatz von Kalkstickstoff

**A contribution to diminution of the damage caused by *Plasmodiophora brassicae* by application of a calcium cyanamide fertilizer**

Von P. Mattusch

## Zusammenfassung

In dreijährigen Freilandversuchen konnte die durch den Kohlhernieerreger *Plasmodiophora brassicae* bei Blumenkohl verursachte Ertragsenbuße durch den Einsatz von Kalkstickstoff deutlich gemindert werden. Entscheidend hierfür war der Schutz der Pflanzen in der Jugendphase infolge der direkten Wirkung des Cyanamids gegen die Zoosporen des Erregers. Dem CaO-Anteil des Kalkstickstoffs war keine direkte Bekämpfungswirkung zuzuschreiben, jedoch ist er für die allgemeine Pflanzenentwicklung und damit für die Ertragsbildung förderlich. Dies ist als eine Erklärung für die unterschiedliche Beurteilung der Wirkung des Aufkalkens von kohlhernieverseuchten Flächen in der Praxis anzusehen.

## Abstract

In a three years field experiment the yield loss of cauliflower caused by *Plasmodiophora brassicae* was restricted by the application of Kalkstickstoff, a calcium cyanamide fertilizer. The main aspect of this method is the protection of the plants during their youth development based on a direct action of the calcium cyanamide against the zoospores of the fungus. The CaO-content of the fertilizer seems to have mainly an influence on the plant growth only, not a protective action. This does explain why liming of clubroot infested field plots has resulted in varying results in the past.

Die durch *Plasmodiophora brassicae* Wor. verursachte Kohlhernie der Kulturkreuzblütler hat vielfach erhebliche Ertragsverluste zur Folge. Da für den großflächigen Einsatz in Frage kommende Präparate nicht zugelassen sind, wird in der Praxis häufig – neben den bekannten, in die gesamte Kulturführung einzubeziehenden pflanzenbaulichen und kulturtechnischen Maßnahmen – Kalkstickstoff zur Minderung des durch den Erreger verursachten Schadens verwendet.

Schon frühzeitig erschienen Arbeiten zur Wirksamkeit des Kalkstickstoffs gegen *P. brassicae* (KINDSHOVEN 1928; KUPKE 1933; WALKER und LARSON 1935; HAENSELER und MOYER 1937). In den vorliegenden Untersuchungen sollte vor allem anhand der nach einem Kalkstickstoffeinsatz auf einer kohlhernieverseuchten Fläche möglichen Ertragsbildung die Wirkung belegt werden. Dabei ging es gleichzeitig um die Überprüfung der praxisüblichen Anwendungstechniken und Aufwandmengen.

## Material und Methoden

Auf einer gärtnerisch genutzten Fläche (Bodenart: sL, Bodentyp: Parabraunerde, pH-Wert 6,5) eines Betriebes in der

Nähe von Dormagen/Rheinland wurden in den Jahren 1975, 1976 und 1977 folgende Versuchsglieder in vierfacher Wiederholung (Blockanlage in gerechter Verteilung) angelegt.

1. Stickstoffausgleich – 200 kg N/ha als kalkfreier N-Dünger, vor der Pflanzung (vPfl) eingepflügt.
2. Stickstoff- und CaO-Ausgleich – 200 kg Rein-N/ha als kalkfreier N-Dünger und 500 kg CaO/ha als Branntkalk (80% CaO), vPfl eingepflügt.
3. 200 kg Rein-N/ha als Perlkalkstickstoff vPfl eingepflügt.
4. 200 kg Rein-N/ha als Perlkalkstickstoff in zwei Gaben:
  1. Gabe 100 kg N/ha vPfl eingepflügt
  2. Gabe 100 kg N/ha vPfl eingefräst
5. 200 kg Rein-N/ha als Perlkalkstickstoff vPfl, nach dem Pflügen eingefräst.

Da die Ausbringung zu unterschiedlichen Anwendungsterminen zu erfolgen hatte, erstreckte sich die für die einzelnen Versuchsglieder erforderliche Bearbeitungsweise jeweils auf die gesamte Versuchsfläche, um den Einfluß unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf die Ertragsbildung auszuschalten.

Parzellengröße: 12 m<sup>2</sup>/39 Pflanzen bei einem Pflanzabstand von 50 × 60 cm.

Wirtspflanze: Blumenkohl  
1975 'Flora Blanca'  
1976 und 1977: 'Hilds Neckarperle'

Die Pflanzung erfolgte in allen 3 Jahren in der zweiten Junihälfte, da erfahrungsgemäß zu dieser Jahreszeit die Infektionsbedingungen am günstigsten (höhere Temperaturen) und somit eher aussagekräftige Versuche gewährleistet sind.

Neben der Bodentemperatur ist vor allem die Bodenfeuchtigkeit von hohem Einfluß auf den Kohlherniebefall. Deshalb wurden die natürlichen Niederschläge erfaßt und durch künstliche Beregnung ergänzt, um eine gleichbleibende Bodenfeuchte zu sichern. Da – wie bereits erwähnt – die Ertragsbildung nach dem Einsatz von Kalkstickstoff der vorrangige Bewertungsmaßstab sein sollte, wurden mit Beginn der Erntephase die zum Schnitt anstehenden Blumenkohlköpfe für jede Parzelle getrennt nach Qualitätsklassen bewertet. Darüber hinaus erfolgte nach Abschluß der Ernte die Bonitur des Kohlherniebefalls an den Wurzeln auf der Basis des von der International Clubroot Working Group verwendeten Bewertungsschemas.

Klasse 0 = kein Befall

Klasse 1 = bis 10% der Wurzeln je Pflanze befallen

Klasse 2 = 10–50% der Wurzeln je Pflanze befallen

Klasse 3 > 50% der Wurzeln je Pflanze befallen

Die Absolutzahlen wurden nach folgender Formel in einen sogenannten Krankheitsindex umgerechnet  
 Krankheitsindex =

$$\frac{(1 \times \text{Anzahl Pflanzen in Klasse 1} + 2 \times \text{Anzahl Pflanzen in Klasse 2} + 3 \times \text{Anzahl Pflanzen in Klasse 3})}{3 \times \text{Gesamtzahl ausgewerteter Pflanzen}} \times 100$$

3 × Gesamtzahl ausgewerteter Pflanzen

### Ergebnisse und Diskussion

Wegen allzu ungleichmäßiger Verseuchung der Versuchsfläche war es nicht lohnend, den Versuch des Jahres 1975 auszuwerten. Erst durch Anbau einer Blumenkohlfrühjahrskultur im Jahre 1976 zur Anhebung des Verseuchungsgrades konnte eine bezüglich der Gleichmäßigkeit akzeptierbare Erregerdichte erzielt werden.

Die Wurzelboniturergebnisse zum Zeitpunkt der Ernte in den Jahren 1976 und 1977, die in Tab. 1 zusammengestellt sind, machen deutlich, daß die Kalkstickstoffbehandlungen in gewissem Umfang den Befallsgrad der Wurzeln mindern konnten. Das Fehlen vollkommen befallsfreier Wurzeln am Ende der Kultur im Jahre 1977 scheint darauf zurückzuführen zu sein, daß während der Kulturzeit des Versuches häufiger günstige Infektionsbedingungen geherrscht haben dürften, die zu wiederholten Infektionen führten. Diese Tatsache wird natürlich bei dem verwendeten Bonitierungsverfahren nicht deutlich, da dieses nur den Prozentsatz der befallenen Wurzeln erfaßt, nicht jedoch den Zeitpunkt der Infektion und damit den Zustand des Wurzelsystems und seine Befähigung, die Pflanze am Leben zu erhalten.

Dennoch wurde bereits 1976 bei der Bewertung der Wurzeln nach der Ernte ein merklicher Unterschied im Zerstörungsgrad der Wurzeln aufgrund sekundärer Fäulnis der Kohlherniebefallsstellen erkennbar. Bei den Versuchsgliedern 1 und 2 waren die Wurzeln vielfach völlig zerstört, wohingegen die kalkstickstoffbehandelten Versuchsglieder einen deutlich geringeren Anteil in Fäulnis übergegangener Wurzeln zeigten. Die Befallsstellen konzentrierten sich merklich auf die Peripherie des Wurzelsystems. Dies konnte als ein Hinweis auf einen Schutz der Blumenkohlpflanzen in der Jugendentwicklung angesehen werden. Zur Untermauerung dieser Beobachtung wurde daher im Jahre 1977 je Flächeneinheit die dop-

pelte Anzahl Pflanzen ausgepflanzt und zur Wurzelbonitur die Hälfte der Pflanzen 4 Wochen nach Versuchsbeginn entnommen.

Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Die Pflanzen von den mit Kalkstickstoff behandelten Versuchspartellen wiesen einen deutlich geringeren Befall auf. Etwa ein Drittel der Pflanzen war zu diesem Zeitpunkt noch völlig befallsfrei. Bei den N- und N- + CaO-Ausgleichsbehandlungen hingegen waren bereits über 50 bzw. annähernd 25% der Wurzeln in Befallsklasse 3 einzuordnen.

Tabelle 2. Wurzelbonitur auf Kohlherniebefall 4 Wochen nach der Pflanzung im Jahre 1977

Versuchsglied	Prozentualer Anteil von Pflanzen in den Befallsklassen				Krankheitsindex
	0	1	2	3	
1. N-Ausgleich 200 kg N/ha	4,4	11,9	31,9	51,8	77,0
2. N- und CaO-Ausgleich 200 kg N + 500 kg CaO/ha	6,4	24,1	44,7	24,8	62,6
3. 200 kg N/ha als Perlkalkstickstoff vPfl/eingepflügt	34,6	40,5	24,1	0,8	30,3
4. 200 kg N/ha als Perlkalkstickstoff in 2 Gaben vPfl 1. Gabe: eingepflügt 2. Gabe: eingefräst	28,3	40,6	29,7	1,4	34,8
5. 200 kg N/ha als Perlkalkstickstoff vPfl/eingefräst	29,4	58,1	11,8	0,7	27,9

Grenzdifferenz für Krankheitsindex: 0,05 = 12,9  
 0,01 = 17,9  
 0,001 = 24,6

Es liegt auf der Hand, daß in diesem Umfang befallene Wurzeln nicht oder kaum in der Lage sind, für ein ungehindertes Pflanzenwachstum zu sorgen. Die Unterschiede im Krankheitsindex zwischen den Versuchsgliedern 1 und 2 auf der einen sowie 3, 4 und 5 auf der anderen Seite waren hochsignifikant.

Die Bedeutung dieses Schutzes in der Jugendphase wird anhand der Ertragsauswertungen, die in Tab. 3 zusammengestellt sind, erkennbar. Da die Blumenqualität während der

Tabelle 1. Wurzelbonitur auf Kohlherniebefall zum Zeitpunkt der Ernte in den Jahren 1976 und 1977

Versuchsglied	Prozentualer Anteil von Pflanzen in den Befallsklassen									Krankheitsindex	
	1976				1977				1976	1977	
	0	1	2	3	0	1	2	3			
1. N-Ausgleich 200 kg N/ha vPfl	0,0	2,2	21,2	76,6	0,0	0,0	0,0	100	91,5	100	
2. N- und CaO-Ausgleich 200 kg N + 500 kg CaO/ha vPfl	0,7	12,1	27,7	59,5	0,0	0,0	4,1	95,9	82,0	98,6	
3. 200 kg N/ha als Perlkalkstickstoff vPfl/eingepflügt	8,8	13,7	40,8	36,7	0,0	0,7	16,3	83,0	68,6	94,4	
4. 200 kg N/ha als Perlkalkstickstoff in 2 Gaben vPfl 1. Gabe: eingepflügt 2. Gabe: eingefräst	5,4	13,6	40,2	40,8	0,0	10,9	28,8	60,3	73,1	83,0	
5. 200 kg N/ha als Perlkalkstickstoff vPfl/eingefräst	8,1	25,7	36,5	29,7	0,0	10,0	31,1	58,9	62,6	83,0	

vPfl = vor der Pflanzung

GD 0,05 17,8 9,2  
 0,01 24,8 12,7  
 0,001 34,3 17,6

Tabelle 3. Erntebonitur nach Qualitätsklassen und Ausfall durch Kohlhernie in den Jahren 1976 und 1977 (in v. H. der Zahl ausgepflanzter Pflanzen)

Versuchsglied	Geernteter Blumenkohl in den Qualitätsklassen <sup>1)</sup>						durch Kohlhernie <sup>2)</sup> abgetötet und Frühblüher	
	I	1976 II	III	I	1977 II	III	1976	1977
1. N-Ausgleich 200 kg N/ha	17,3	25,0	19,9	1,9	6,4	18,0	37,8	73,7
2. N- und CaO-Ausgleich 200 kg N + 500 kg CaO/ha	29,5	23,1	15,4	26,9	18,6	18,6	32,0	35,9
3. 200 kg N/ha als Perlkalkstickstoff vPfl/eingepflügt	50,6	21,8	7,7	30,8	25,6	21,8	19,9	21,8
4. 200 kg N/ha als Perlkalkstickstoff in 2 Gaben vPfl 1. Gabe: eingepflügt 2. Gabe: eingefräst	39,7	23,1	13,5	38,5	24,4	15,3	23,7	21,8
5. 200 kg N/ha als Perlkalkstickstoff vPfl/ingefräst	47,4	27,6	14,1	45,5	27,6	12,2	10,9	14,7
<sup>1)</sup> AID-Heft 353: „Qualitätsnormen für Gemüse“					<sup>2)</sup> GD	0,05	6,6 v. H.	9,0 v. H.
						0,01	9,2 v. H.	12,5 v. H.
						0,001	12,7 v. H.	17,2 v. H.

Ernteperiode auch von sortenspezifischen Eigenarten und Witterungseinflüssen abhängig ist, wird vor allem auf die Spalte „durch Kohlhernie abgetötet“, also nicht beerntbar, hingewiesen.

Während bereits 1976 eine deutliche Verminderung des Anteils der abgetöteten Pflanzen bei den kalkstickstoffbehandelten Versuchsgliedern sichtbar wird, sind die Unterschiede 1977 ganz extrem. In beiden Versuchsjahren unterschieden sich die Werte der Versuchsglieder 3–5 signifikant bzw. hochsignifikant von den Varianten „N-Ausgleich“ und „N + CaO-Ausgleich“.

Das vor allem im Jahre 1977 etwas aus dem Rahmen der Schlußfolgerung „Schutz in der Jugendphase = in Grenzen gehaltene Ertragsminderung“ fallende Ergebnis des Versuchsgliedes „N + CaO-Ausgleich“ läßt sich dahingehend deuten, daß die Kalkgabe zwar nicht einen direkten Schutz gegen die Infektion durch *Plasmiodiophora brassicae* bewirkt, sie jedoch für die Pflanzenentwicklung insgesamt von Bedeutung ist. Dies führt dazu, daß die Pflanzen trotz des frühen Befalls zu einer akzeptablen Ertragsbildung in der Lage sind.

Die ertragsfördernde Wirkung des Kalkstickstoffs auf kohlhernieverseuchten Flächen beruht somit zum einen auf der direkten Wirkung des Cyanamids gegen die Zoosporen von *Plasmiodiophora brassicae* in der Jugendentwicklung der Wirtspflanzen und zum anderen auf einer wachstumsfördernden Wirkung des Kalkanteils, zumal eine Veränderung des pH-Wertes in den vorliegenden Untersuchungen nicht ermittelt werden konnte.

Eindeutige Unterschiede zwischen den Methoden der Einarbeitung des Kalkstickstoffs konnten nicht festgestellt werden. Dennoch dürfte dem Einfräsen bzw. der Kombination „1. Gabe einpflügen, 2. Gabe einfräsen“ der Vorzug für die Praxis

zu geben sein, da auf diese Weise der Kalkstickstoff in die Bodenschichten gelangt, in denen der Schutz der jungen Kohlpflanzen am wichtigsten ist. Im übrigen ergab sich im Rahmen der Versuchsarbeiten, daß unter Umständen auch eine Ausbringung des Kalkstickstoffs nach der Pflanzung die durch den Kohlhernieerreger verursachte Ertragsminderung in Grenzen zu halten vermag. Hierzu laufen weitere Untersuchungen.

Die vorliegenden Daten erlauben die Schlußfolgerung, daß es das Ziel der Maßnahmen gegen die Kohlhernie unter Freilandbedingungen sein muß, den Umfang der Infektionen durch *P. brassicae* in der Jugendentwicklung der Wirtspflanzen in Grenzen zu halten.

Auf der Basis dieser Erkenntnisse ist die Frage zu stellen, ob nicht auch andere Fungizide (z. B. Benzimidazole) in vergleichbarer Form und mit ähnlichem Effekt zur Befallsminde- rung auf Kohlhernieflächen eingesetzt werden können. Der mit wirtschaftlich vertretbaren Aufwandmengen erzielbare, begrenzte fungizide Effekt macht jedoch den gleichzeitigen Einsatz aller die Ertragsbildung fördernden Kulturmaßnahmen notwendig.

## Literatur

- HAENSELER, C. M. und T. R. MOYER: Effekt of calcium cyanamide on the soil microflora with special reference to certain plant parasites. *Soil Sci.* **43**, 1937, 133–149.
- KINDSHOVEN: Entseuchung des Bodens und Bekämpfung der Kohlhernie mit Kalkstickstoff. *Mitt. Deut. Landwirtschaft.-Ges.*, Heft 22, 1928, 522–523.
- KUPKE, W.: Kalkstickstoff im Dienste der Kohlherniebekämpfung. *Gartenwelt* **37**, 1933, 182.
- WALKER, J. C. und R. H. LARSON: Calcium cyanamide in relation to control of clubroot of cabbage. *J. Agric. Res.* **51**, 1935, 183–189.