

# Pflanzen

## Bekämpfung der Kohlhernie durch gezielte Düngungsmassnahmen

Reto Neuweiler, Werner E. Heller und Jürgen Krauss, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-8820 Wädenswil  
Auskünfte: Reto Neuweiler, E-Mail: reto.neuweiler@acw.admin.ch, Tel. +41 44 783 64 53

### Zusammenfassung

**Die Kohlhernie verursacht im Gemüseanbau bei Kulturarten aus der Familie der Cruciferae in steigendem Masse Ertragsausfälle. In den Jahren 2007 und 2008 wurde am Standort Wädenswil auf einer stark mit Kohlhernie verseuchten Fläche mit einem pH-Wert von 6,8 bei Weisskohl die Wirkung von Kalkstickstoff in unterschiedlichen Aufwandmengen und Einsatzstrategien geprüft. Bei einzelnen Verfahren kam Kalkstickstoff sowohl drei Wochen vor als auch zwei Wochen nach der Pflanzung zum Einsatz. Ebenfalls untersucht wurde die Wirkung von gemahlenem, zehn Tage vor der Pflanzung ausgebrachtem Branntkalk.**

**Kalkstickstoff hatte bei dem vorherrschenden hohen Befallsdruck selbst in Gesamtaufwandmengen von 1000 und 1500 kg/ha lediglich eine Teilwirkung gegen die Kohlhernie. Eine Kopfgabe von 500 kg/ha Kalkstickstoff zwei Wochen nach der Pflanzung erwies sich als kulturverträglich, sofern die Anwendung breitflächig auf trockene Kohlpflanzen erfolgte. Durch die Aufteilung des Einsatzes von Kalkstickstoff in je eine Gabe vor und nach der Pflanzung wurde im Vergleich zu einer einmaligen Anwendung vor der Pflanzung keine Verbesserung der Wirksamkeit gegen die Kohlhernie erzielt. Der Einsatz von 100 dt/ha Branntkalk verringerte den Wurzelbefall 2007 um 41 % sowie 2008 um 63 % und förderte gleichzeitig den Ertrag um 44 % (2007) respektive 192 % (2008) am deutlichsten. Die positiven Effekte von Branntkalk auf den Gesundheitszustand der Kohlkultur dürften mit der bei diesem Verfahren bis in die 6. Kulturwoche anhaltenden Erhöhung des pH-Wertes in der Bodenschicht 0 bis 30 cm um mehr als eine Einheit im Zusammenhang stehen. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass Kalkstickstoff bei starkem Befallsdruck selbst in hohen Aufwandmengen nur eine begrenzte Wirkung hat, während gemahlener Branntkalk die Kohlhernie auch auf stark kontaminierten Böden gut unterdrücken kann.**

Die Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*) ist eine bedeutende bodenbürtige Krankheit im Gemüsebau. Der Erreger der Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*) kann bei sämtlichen Gemüsearten aus der Familie der *Cruciferae* Krankheitssymptome auslösen. Die Hauptwurzeln und die Sprossbasis von befallenen Kohlpflanzen reagieren mit Gewebewucherungen. Dabei werden die Leitgefässe zerstört, was zu kümmerlichem Wuchs und bei trocken-warmer Witterung zu auffälligen Welkeerscheinungen führt (Crüger 1983; Woronin 1934).

### Biologie und Verbreitung des Krankheitserregers

Das Auftreten der Kohlhernie wird durch eine enge Kulturfolge von Kohlgewächsen stark gefördert. Dabei ist zu beachten, dass die Begleitflora bei der Erhaltung des Befallsdruckes und der Weiterverbreitung eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt. So sind im Gemüsebau verbreitete Unkrautarten aus der Familie der *Cruciferae* wie das Hirtentäschelkraut (*Capsella bursa-pastoris* L.) und die Waldsumpfkresse (*Rorippa silvestris* L.) (Crüger 1983; Schlaghecken 2004) ebenfalls Wirtspflanzen der Kohl-

hernie. Eine konsequente Bekämpfung dieser Unkrautarten hat daher auch aus phytopathologischer Sicht eine grosse Bedeutung.

Die chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften beeinflussen das Auftreten der Kohlhernie in hohem Masse. Ein niedriger pH-Wert im Boden fördert die Sporenkeimung. Nasse Bodenbedingungen begünstigen einerseits die Ausbreitung der im Wasser beweglichen Zoosporen. Andererseits ist eine Vernässung des Wurzelraumes der Kultur mit einer Hemmung des Wurzelwachstums der Kohlpflanzen verbunden.

### Bekämpfungsstrategien im praktischen Gemüsebau

Neben einer weitgestellten Fruchtfolge von Kulturarten aus der Familie der *Cruciferae* wird von verschiedenen Autoren auf den Einsatz von Kalkstickstoff (Calcium-Cynamid) als vorbeugende Kulturmassnahme gegen das Auftreten der Kohlhernie hingewiesen (Klasse 1996; Wonneberger & Keller 2004; Vogel 1995). Kalkstickstoff kommt in der Landwirtschaft sowie im Gartenbau als langsam wirkender N-Dünger zur Anwendung. Er wird im Boden in mehreren Abbauschritten letztendlich in Nitrat und Kohlendioxid umgewandelt. Am Anfang dieses Umsetzungsprozesses durchläuft Kalkstickstoff die für Pflanzen und verschiedene Mikroorganismen toxische Cyanamid-Phase (Finck 1992). Damit die Kultur selbst nicht geschädigt wird,

muss Kalkstickstoff vor der Aussaat beziehungsweise Pflanzung unter Einhaltung einer Wartefrist ausgebracht werden, die im Einzelfall unter Berücksichtigung der vorherrschenden Bodentemperatur festzulegen ist.

Kalkstickstoff hat im Boden eine pH-erhöhende Wirkung. Es stellt sich daher die Frage, in welchem Masse Kalkstickstoff den Befallsdruck der Kohlhernie allein durch seine basische Wirkung vermindert. Deutschen Versuchserfahrungen zufolge kann das Auftreten der Kohlhernie über eine Erhöhung des pH-Wertes im Hauptwurzelraum durch Kalkung wirksam unterdrückt werden (Lattauschke 2001; Schlaghecken 2004).

### Versuchsanlage und Versuchungsverfahren

Auf einer Fläche des Versuchsbetriebes Sandhof in Wädenswil mit einem gleichmässig hohen Befallsdruck der Kohlhernie und einem pH-Wert von 6,8 wurden 2007 und 2008 Kalkstickstoff und Branntkalk bei der Weisskohlsorte Toughma RZ auf ihre Wirkung gegen die Kohlhernie geprüft. Details zu den einzelnen Versuchungsverfahren sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Sämtliche Versuchungsverfahren wurden blockweise in vier Wiederholungen geprüft.

Die Anwendung von Kalkstickstoff erfolgte 3 Wochen vor der Pflanzung in Form von PERLKA, wobei der oberflächlich ausgebrachte Dünger 10 cm tief eingearbeitet wurde. In beiden Jahren fielen in der Periode zwischen der Ausbringung des Kalkstickstoffs und der Pflanzung über 50 mm Niederschlag, so dass sich eine Zusatzbewässerung zur Förderung des chemischen Umwandlungsprozesses im Boden erübrigte. Die bei einzelnen Verfahren zusätzlich 2 bis 3 Wochen nach der Pflanzung, im Anschluss an einen ersten Hack-

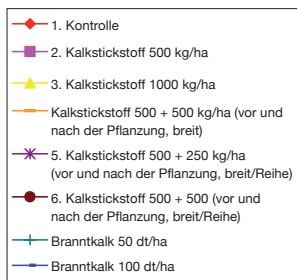
**Tab. 1. Die in den Jahren 2007 und 2008 auf ihre Wirkung gegen die Kohlhernie geprüften Düngungsverfahren im Überblick:**

Verfahren	Anwendung vor der Pflanzung	Anwendung nach der Pflanzung
<b>Versuchsjahr 2007</b>		
1) Kontrolle: Düngung mit Kalkammonsalpeter	-	200 kg N/ha in 3 Gaben
2) Kalkstickstoff 500 kg/ha vor der Pflanzung (breitflächig)	Perka 500 kg/ha, breitflächig, 3 Wochen vor der Pflanzung	-
3) Kalkstickstoff 1000 kg/ha vor der Pflanzung (breitflächig)	Perka 1000 kg/ha, breitflächig, 3 Wochen vor der Pflanzung	-
4) Kalkstickstoff 500 + 500 kg/ha vor und nach der Pflanzung (breitflächig)	Perka 500 kg/ha, breitflächig, 3 Wochen vor der Pflanzung	Perka 500 kg/ha, breitflächig, 2 Wochen nach der Pflanzung
5) Kalkstickstoff 500 + 250 kg/ha vor und nach der Pflanzung (breitflächig/Reihe)	Perka 500 kg/ha, breitflächig, 3 Wochen vor der Pflanzung	Perka 250 kg/ha, auf die Pflanzreihe 2 Wochen nach der Pflanzung
6) Kalkstickstoff 500 + 500 kg/ha vor und nach der Pflanzung (breitflächig/Reihe)	Perka 500 kg/ha, breitflächig, 3 Wochen vor der Pflanzung	Perka 500 kg/ha, auf die Pflanzreihe 2 Wochen nach der Pflanzung
7) Branntkalk 50 dt/ha vor der Pflanzung	Stabilit-Branntkalk (95% CaO) 50 dt/ha, breitflächig, 10 Tage vor der Pflanzung	-
8) Branntkalk 100 dt/ha vor der Pflanzung	Stabilit-Branntkalk (95% CaO) 100 dt/ha, breitflächig, 10 Tage vor der Pflanzung	-
<b>Versuchsjahr 2008</b>		
1) Kontrolle: Düngung mit Kalkammonsalpeter		300 kg N/ha in 4 Gaben
2) Kalkstickstoff 1000 kg/ha vor der Pflanzung (breitflächig)	Perka 1000 kg/ha, breitflächig, 3 Wochen vor der Pflanzung	-
3) Kalkstickstoff 1500 kg/ha vor der Pflanzung (breitflächig)	Perka 1500 kg/ha, breitflächig, 3 Wochen vor der Pflanzung	-
4) Kalkstickstoff 1000 + 500 kg/ha vor und nach der Pflanzung (breitflächig/Reihe)	Perka 1000 kg/ha, breitflächig, 3 Wochen vor der Pflanzung	Perka 500 kg/ha, breitflächig, rund 3 Wochen nach der Pflanzung
5) Branntkalk 100 dt/ha vor der Pflanzung	Stabilit-Branntkalk (95% CaO) 100 dt/ha, breitflächig, 10 Tage vor der Pflanzung	-

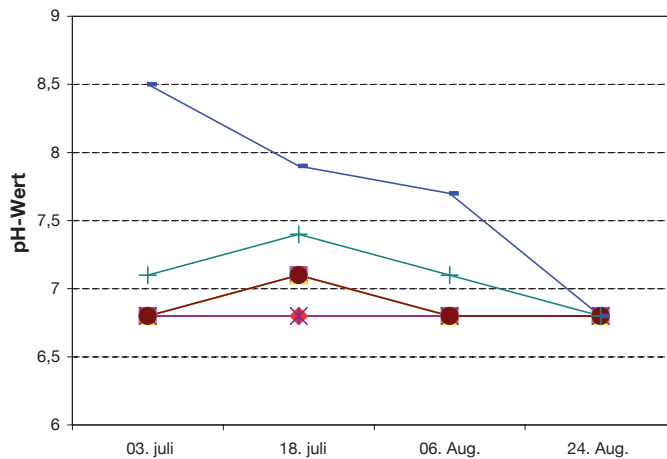
durchgang ausgebrachten Kopfgaben an Kalkstickstoff wurden nicht eingearbeitet, sondern nur leicht eingeregnet (10 mm). Branntkalk wurde in gemahlener Form 10 Tage vor der Pflanzung oberflächlich ausgebracht und ebenfalls in die obere Bodenschicht zwischen 0 und 10 cm eingearbeitet.

Im Versuch 2007 wurden bei sämtlichen Verfahren gesamthaft 200 kg N/ha eingesetzt. Dies entspricht der beim Verfahren mit der höchsten Gabe von 1000 kg

Kalkstickstoff je ha ausgebrachten N-Menge. Im Folgejahr wurden angesichts der Erhöhung der geprüften Kalkstickstoffmengen bei sämtlichen Verfahren gesamthaft 300 kg N/ha ausgebracht. Bei den Verfahren mit einer geringeren Einsatzmenge von Kalkstickstoff wurde der noch fehlende Stickstoff in Form von Kalkammonsalpeter zugefügt. Die Ergänzungsdüngung mit Kalkammonsalpeter erfolgte 2007 in der 4. und 7. Kulturwoche, 2008 in der 6. und 10. Kulturwoche. In den Kontrollparzellen sowie bei



**Abb. 1. Einfluss der 2007 geprüften Düngungsstrategien auf den Verlauf des pH-Wertes im Oberboden (0 – 30 cm).**



den Verfahren mit Branntkalk wurde die N-Düngung 2007 in 3 Gaben zwischen der Pflanzung und der 7. Kulturwoche, 2008 in 4 Gaben zwischen der Pflanzung und der 10. Kulturwoche ebenfalls in Form von Kalkammonsalpeter ausgebracht.

Die Versuchskulturen wurden 2007 am 25. Juni sowie 2008 am 20. Juni ausgepflanzt. Unmittelbar vor der Pflanzung wurden Beete aufgefäst, wobei der Abstand von Beetmitte zu Beetmitte 1,50 m betrug.

### Einfluss der Düngungsstrategie auf den pH-Wert

Zwischen der 2. und 10. Kulturwoche wurden in der Bodenschicht 0 bis 30 cm Bodenproben entnommen und auf ihren pH-Wert untersucht. Dabei kam die Methode der Volumenextraktion mit Wasser (1:2) zur Anwendung.

Kalkstickstoff vor der Pflanzung eingesetzt hatte 2007 unabhängig von der Aufwandmenge in der 2. Kulturwoche keinen Einfluss auf den Säuregrad im Boden (Abb. 1). Zum zweiten Untersuchungstermin war bei einzelnen Verfahren mit Kalkstickstoff eine vorübergehende leichte Erhöhung des pH-Wertes nachweisbar. Im weiteren Kulturverlauf sank der pH-Wert bei sämtlichen Verfahren mit Kalkstickstoff auf das Ausgangsniveau von 6,8 ab. Im folgenden Jahr waren während der gesamten Untersuchungsperiode keinerlei Einflüsse von Kalkstickstoff auf den Säuregrad nachweisbar (Abb. 2).

Der Einsatz von Branntkalk war in beiden Versuchsjahren mit einer deutlichen Erhöhung des pH-Wertes verbunden. Bei einer Einsatzmenge von 100 dt/ha stieg der pH-Wert 2007 bis zur 2.

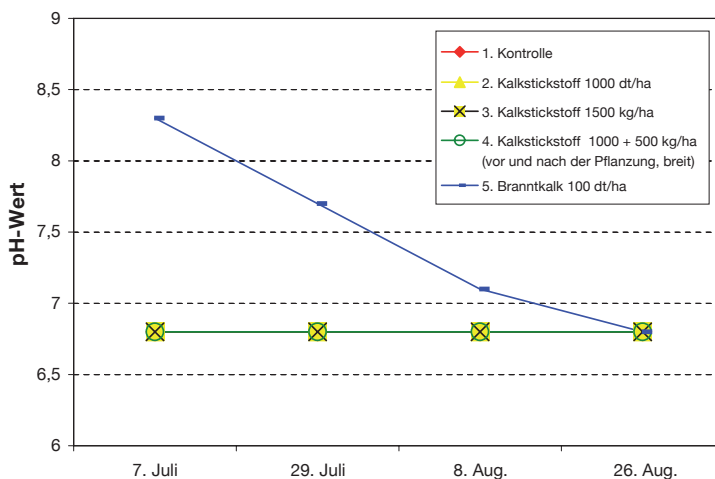
Kulturwoche von 6,8 auf 8,5 an (Abb. 1). Obwohl im Anschluss daran erneut eine leichte Senkung des pH-Wertes eintrat, wurden in der 6. Kulturwoche immer noch Werte um 7,7 gemessen. Bis zur 9. Kulturwoche sank der pH wieder auf das Ausgangsniveau von 6,8 ab. Eine Einsatzmenge von 50 dt/ha Branntkalk bewirkte zu Kulturbeginn nur einen leichten Anstieg des pH-Wertes um maximal 0,6 Einheiten. Im Folgeversuch 2008 führten 100 dt/ha Branntkalk in ähnlichem Masse zu einer Erhöhung des pH-Wertes wie im Vorjahr (Abb. 2). Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass Branntkalk als pH-wirksamste Kalkform (Finck 1992) in hohen Mengen eingesetzt in einem neutralen bis leicht sauren Boden zu einer kurzfristigen deutlichen Erhöhung des pH-Wertes führt.

### Unterschiedliche Kulturverträglichkeit

In den an die Ausbringung der Versuchsdünger anschließenden vier Wochen wurde der Kohlbestand auf allfällige verfahrensbedingte Wachstumshemmungen und Chlorosen bonitiert. Die hierbei verwendete Boniturskala erstreckte sich von 0 (keine Symptome von Phytotoxizität) bis 9 (Absterbeerscheinungen).

Eine erste Bonitierung des Kulturzustandes fünf Wochen nach der Ausbringung der Vorpflanzgabe von Kalkstickstoff, das heisst rund zwei Wochen nach dem Auspflanzen des Kohls, liess 2007 bei einer eingesetzten Aufwandmenge von 1000 kg/ha eine leichte Wachstumsverzögerung erkennen (Tab. 2). Branntkalk in einer Aufwandmenge von 100 dt/ha eingesetzt führte zu diesem Zeitpunkt ebenfalls zu einer vorübergehenden leichten Wachstumshemmung. Dieser Rückstand in der Kulturentwicklung wuchs sich in den folgenden Wochen bei beiden Verfahren vollständig aus.

**Abb. 2. Einfluss der 2008 geprüften Düngungsstrategien auf den Verlauf des pH-Wertes im Oberboden (0 – 30 cm).**



Bei den Verfahren mit einer Anwendung von Kalkstickstoff nach der Pflanzung wurden 2007 im Anschluss an diese Kopfgaben bei sämtlichen Verfahren Blattchlorosen begleitet von vorübergehenden Wachstumsdepressionen sichtbar (Tab. 2). Besonders auffällig waren diese phytotoxischen Effekte dort, wo 500 kg/ha Kalkstickstoff konzentriert auf die Reihe ausgebracht worden waren. Innerhalb von zwei Wochen verschwanden auch diese Stresssymptome vollständig und die betroffenen Pflanzen holten den vorübergehenden Entwicklungsrückstand im weiteren Kulturverlauf wieder auf.

2008 wurde aufgrund der im Vorjahr gemachten Versuchserfahrungen bewusst auf die Anwendung von Kalkstickstoff auf die Pflanzreihe verzichtet. In diesem Folgeversuch führten weder Kalkstickstoff drei Wochen vor oder rund drei Wochen nach der Pflanzung ausgebracht noch 100 dt/ha Branntkalk zehn Tage vor der Pflanzung eingesetzt zu sichtbaren Wachstumshemmungen.

### Befallssymptome an den Wurzeln

Im Zeitpunkt der Ernte wurden in sämtlichen Versuchspartellen alle Kohlstrünke einschliesslich der Hauptwurzeln ausgegraben, ausgewaschen und auf ihren Befallsgrad durch die Kohlhernie visuell beurteilt. Dabei kam eine Boniturskala von 0 (kein sichtbarer Befall) bis 4 (sehr starker Befall) zur Anwendung.

Das Verfahren mit 100 dt/ha Branntkalk führte 2007 zur deutlichsten Abschwächung der Krankheitssymptome an der Strunkbasis und an den Hauptwurzeln (Tab. 2). Mit einer reduzierten Einsatzmenge von 50 dt/ha wurde lediglich eine Teilwirkung erzielt. Ähnliche Versuchserfahrungen machte Lattaschke (2001) ebenfalls bei Kopfkohl.

**Tab. 2. Einfluss von verschiedenen Düngungsmassnahmen auf die Kulturentwicklung, den Gesundheitszustand und den Ertrag bei Weisskohl im Jahre 2007**

Verfahren	Phytotoxizität Skala: 0 bis 9 0 = keine Phytotox 9 = Absterben	Wurzelbefall zur Erntezeit Skala 0 bis 4 0 = kein Befall 4 = sehr starker Befall	Marktfähiger Kohlertrag (kg/m <sup>2</sup> )	
Datum	06.07.07	13.07.07	13.09.07	
1.) Kontrolle	0 d	0 d	3,3 a	4,4 b
2.) Kalkstickstoff 500 kg/ha	1,7 bc	2,0 c	2,2 bcd	5,1 ab
3.) Kalkstickstoff 1000 kg/ha	2,5 ab	1,5 c	2,1 cd	4,8 ab
4.) Kalkstickstoff 500 + 500 kg/ha (vor und nach der Pflanzung, breit)	1,5 bc	4,7 b	2,3 bcd	5,2 ab
5.) Kalkstickstoff 500 + 250 kg/ha (vor und nach der Pflanzung, breit/Reihe)	2,0 bc	3,7 b	2,3 bcd	5,4 ab
6.) Kalkstickstoff 500 + 500 kg/ha (vor und nach der Pflanzung, breit/Reihe)	2,0 abc	7,2 a	2,8 abc	4,7 ab
7.) Branntkalk 50 dt/ha	2,2 abc	2,0 c	2,4 bcd	5,6 ab
8.) Branntkalk 100 dt/ha	3,0 a	2,0 c	2,0 d	6,3 a
kgD (p = 0,05)	0,9	1,2	0,75	1,6

**Tab. 3. Einfluss von verschiedenen Düngungsmassnahmen auf den Gesundheitszustand und den Ertrag bei Weisskohl im Jahre 2008**

Verfahren	Wurzelbefall zur Erntezeit Skala 0 bis 4 0 = kein Befall 4 = sehr starker Befall	Marktfähiger Kohlertrag (kg/m <sup>2</sup> )
Datum	23.09.08	23.09.08
1.) Kontrolle	3,2 a	3,7 b
2.) Kalkstickstoff 1000 kg/ha	3,0 a	5,1 b
3.) Kalkstickstoff 1500 kg/ha	2,7 a	5,7 b
4.) Kalkstickstoff 1000 + 500 kg/ha (vor und nach der Pflanzung, breit / Reihe)	2,5 a	5,2 b
5.) Branntkalk 100 dt/ha	1,2 b	10,8 a
kgD (p = 0,05)	0,9	2,0

Kalkstickstoff trug 2007 tendenziell zu einer Verminderung des Wurzelbefalles bei, ausser bei der Einsatzstrategie mit einer konzentriert auf die Reihe ausgebrachten Kopfgabe von 500 kg/ha. Bei letzterem Verfahren muss davon ausgegangen werden, dass die anfänglich hohe Cyanamid-Konzentration im Wurzelbereich der Kultur zu einer vorübergehenden Schwächung der Kohlpflanzen führte und in der Folge deren Anfälligkeit gegenüber dem Krankheitserreger sogar erhöhte.

2008 bewirkte Branntkalk in der höchsten Aufwandmenge erneut eine markante Reduktion des Wurzelbefalles (Tab. 3). Kalkstickstoff trug mit steigender Aufwandmenge tendenziell zu einer Verringerung der Ausprägung von Befallssymptomen bei. Ein Vergleich mit dem Kontrollverfahren ergab jedoch keine signifikanten Unterschiede.

### Kohlertrag

Die Beerntung der Versuchskultur erfolgte in einem Durchgang im Jahre 2007 in der 12. Kultur-



Abb. 3. Typische Befallssymptome der Kohlhernie auf dem Wurzelwerk einer Broccolipflanze. (Foto: Hanspeter Buser, ACW)



Abb. 4. Mit 100 dt/ha Branntkalk behandelte Teilparzelle (Bildmitte vorne) ohne Krankheitssymptome. (Foto: Reto Neuweiler, ACW)



Abb. 5. Unbehandelte Kontrollparzelle (Bildmitte) mit starkem, äusserlich sichtbarem Kohlherniebefall. (Foto: Reto Neuweiler, ACW)

woche und 2008 in der 14. Kulturwoche. Neben dem gesamten Kopfertrag je Flächeneinheit, bei dem auch kranke und welke Kohlköpfe mitberücksichtigt wurden, wurde der Flächenertrag der vermarktungsfähigen Kohlköpfe getrennt erfasst. Ebenfalls bestimmt wurde das Durchschnittsgewicht der einzelnen Kohlköpfe.

Im Jahre 2007 hatte Kalkstickstoff unabhängig von der Aufwandmenge und Einsatzstrategie keinen eindeutigen Einfluss auf die Ertragsbildung. Übereinstimmend mit der stärksten Verminderung der Krankheitssymptome hatte Branntkalk einen positiven Einfluss auf den Ertrag (Tab. 2). Die Ertragszunahme war jedoch nur bei der hohen Aufwandmenge von 100 dt/ha signifikant.

Eine Aufwandmenge von 1500 kg/ha Kalkstickstoff im Jahre 2008 führte im Vergleich zum Kontroll-Verfahren mit einer ausschliesslichen N-Düngung von Kalkammonsalpeter zu einer Erhöhung des marktfähigen Kohlertrages um 54 %, sofern diese gesamte Menge drei Wochen vor der Pflanzung ausgebracht wurde, und um 41 %, falls die Anwendung des Kalkstickstoffs unterteilt in eine Gabe vor und nach der Pflanzung erfolgte (1000 / 500 kg/ha) (Tab. 3). Diese Ertragszunahmen liessen sich jedoch nicht statistisch belegen. Dagegen lag der Kohlertrag in Parzellen, in denen 100 dt/ha Branntkalk zehn Tage vor der Pflanzung eingesetzt wurde, im Vergleich zur Kontrolle um 192 % signifikant höher.

Das ebenfalls erhobene durchschnittliche Kopfgewicht wurde durch die Düngungsverfahren in beiden Jahren gleichermassen wie die Ertragsleistung beeinflusst, so dass auf die Präsentation dieser Ergebnisse an dieser Stelle verzichtet wird.

Übereinstimmend mit ausländischen Versuchserfahrungen (Lattauschke 2001; Schlaghecken 2004) zeigen die vorliegenden Versuche, dass Kalkstickstoff bei hohem Befallsdruck nur begrenzt wirksam ist. Auch die in unseren Versuchen zusätzlich geprüfte Anwendung von 500 kg/ha Kalkstickstoff in der 3. Kulturwoche brachte keine Verbesserung der Wirksamkeit gegenüber der Kohlhernie und führte letztlich auch zu keiner weiteren Erhöhung der Ertragsleistung. Dagegen konnte Branntkalk in hohen Aufwandmengen von 100 dt/ha 10 Tage vor der Pflanzung in den Boden eingearbeitet den Kohlherniebefall auf dieser stark verseuchten Fläche deutlich vermindern.

### Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass Kalkstickstoff an Standorten mit einem hohen Befallsdruck der Kohlhernie unabhängig davon, ob der Einsatz vor oder sowohl vor als auch nach der Pflanzung erfolgt, lediglich eine Teilwirkung hat. Selbst eine Erhöhung der eingesetzten Aufwandmenge auf 1500 kg/ha brachte im vorliegenden Versuch nur eine mässige Verbesserung der Wirksamkeit.

Diese Versuchsergebnisse stehen aber nicht im Widerspruch zu den unter Praxisbedingungen häufig gemachten Erfahrungen, dass der vorbeugende Einsatz von Kalkstickstoff bei einer aufgelockerten Fruchtfolge von Kulturarten aus der Familie der Cruciferae eine Verringerung des Befallsrisikos der Kohlhernie bewirkt. Kalkstickstoff kann nur eine befriedigende Wirkung entfalten, sofern alle anderen möglichen vorbeugenden Massnahmen gegen die Kohlhernie ergriffen werden.

Die vorliegenden Resultate lassen darauf schliessen, dass gemahlener Branntkalk in hohen

Aufwandmengen eingesetzt im Anbau von Kohlarten das Infektionsrisiko der Kohlhernie selbst bei hohem Befallsdruck im Boden wirksam vermindert.

Offene Fragen im Zusammenhang mit dem Einsatz von Branntkalk bestehen noch hinsichtlich der Beeinflussung der Verfügbarkeit von Spurenelementen wie Bor, Eisen und Mangan, die mit steigendem pH-Wert im Boden erfahrungsgemäss abnimmt. Obwohl bei der Prüfkultur Weisskohl keine Mangelsymptome dieser Spurenelemente in Erscheinung traten, kann nicht ausgeschlossen werden, dass andere Kohlarten wie Broccoli, Blumenkohl und Kohlrabi negativ auf den durch Branntkalk ausgelösten vorübergehenden starken pH-Anstieg reagieren. Eine technische Herausforderung stellt die Ausbringung von gemahle-

nem Branntkalk dar, da die bei herkömmlicher Ausbringtchnik auftretende Staubeentwicklung beim Anwender selbst und benachbarten Kulturen zu Reizungen und Verbrennungen führen kann.

### Literatur

- Crüger G., 1983. Pflanzenschutz im Gemüsebau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 422 p.
- Finck A., 1992. Dünger und Düngung. Zehnersche Buchdruckerei, Speyer, 488 p.
- Klasse H.-J., 1996. Calcium cyanamide – an effective tool to control clubroot – a review. Proceedings International Symposium on Brassicas ISHS, *Acta Horticulturae* **407**, 403-409.
- Lattauschke G., 2001. Mit gemahlenem Branntkalk gegen Kohlhernie. Bauernzeitung - Landwirtschaftliches Wochenblatt für Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sach-

sen-Anhalt, Sachsen und Thüringen **42**, Heft 17, 24-27.

- Neuweiler R. & Krauss J., 2008. Einfluss der Pflanztechnik auf die Unkrautwirkung und Kulturverträglichkeit von Pendimethalin im Salatbau (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Plant Diseases and Protection*, Special Issue XXI 2008 24th German Conference on Weed Biology and Weed Control, 575-580.
- Schlaghecken J., 2004. Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*). Hortigate, Gartenbau-Informationsservice. Zugang: <http://www.hortigate.de> [16 April 2008].
- Vogel G., 1995. Handbuch des speziellen Gemüsebaues. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1127 p.
- Wonneberger C. & Keller F., 2004. Gemüsebau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 373 p.
- Woronin M., 1934. *Plasmodiophora brassicae*, the cause of cabbage hernia. American Phytopathological Society, Ithaca N.Y., 32 p.

## RÉSUMÉ

### Lutte contre l'hernie du chou (*Plasmodiophora brassicae*) par des mesures de fumure

L'hernie du chou cause des pertes considérables et de plus en plus fréquentes chez les légumes de la famille des crucifères. L'efficacité de la fumure à la cyanamide calcique et à la chaux vive a été testée pour le chou blanc en 2007 et 2008 sur une parcelle fortement touchée par l'hernie du chou et dont le pH était de 6,8. La cyanamide calcique a été appliquée 3 semaines avant et 2 à 3 semaines après la plantation. Les applications de chaux vive ont été réalisées 10 jours avant la plantation.

Seule une efficacité partielle a été obtenue avec l'apport de cyanamide calcique, et cela malgré l'application de quantités élevées (1000 et 1500 kg/ha). La répartition des applications de cyanamide avant et après la plantation n'a pas augmenté son efficacité contre l'hernie du chou. L'application de 100 dt/ha de chaux vive a entraîné une augmentation du pH du sol de la parcelle à plus de 7,7 jusqu'en milieu de saison de culture ainsi qu'une réduction de l'infestation des racines et une amélioration du rendement. Les présentes études montrent que la cyanamide calcique appliquée en grandes quantités n'a qu'un effet modéré dans des situations de forte infestation. En revanche, la chaux vive incorporée superficiellement à une profondeur de 10 cm peut réduire efficacement les infestations par l'hernie du chou sur des sols fortement contaminés grâce à une alcalinisation du sol.

## SUMMARY

### Preventive effects of different fertilization strategies against the clubroot disease (*Plasmodiophora brassicae*)

The clubroot disease causes considerable yield losses in the cultivation of Brassica vegetables. At an experimental site with an elevated infection pressure of the clubroot disease and with a pH-value of 6.8 calcium cyanamide and quicklime were tested for their preventive effect against this soil-borne disease in white cabbage crops in 2007 and 2008. Calcium cyanamide was applied 3 weeks before planting followed by a supplementary application 2 weeks after planting with certain procedures. Ground quicklime was applied 10 days before planting and incorporated into the upper soil layer between 0 and 30 cm.

Calcium cyanamide, even if applied at high rates of 1000 and 1500 kg/ha, suppressed the clubroot disease only to a limited extent. A strategy including 2 applications both before and after planting did not increase the suppressive effect of calcium cyanamide against the clubroot disease. Ground quicklime applied at a rate of 100 dt/ha led to an increase of the pH-value beyond 7.7 staying at this level until the middle of the growth period of the crop. Probably in consequence of this the high rate of 100 dt/ha applied quicklime contributed to a decreased infection level of the roots and to a significant increase in cabbage yield.

From these latest results, it can be concluded that the effectiveness of calcium cyanamide is limited at sites with an elevated infection pressure of the clubroot disease, whereas finely ground quicklime efficiently prevents this soil-borne disease even under such conditions.

**Key words:** *Plasmodiophora brassicae*, clubroot disease, soil-borne diseases, calcium cyanamide, quicklime, plant protection, fertilization