

Einfluß der Mineralstoffversorgung auf die Prädisposition von *Phaseolus vulgaris* gegen *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Br. et Cav.

II. Organische und anorganische Inhaltsstoffe in Beziehung zur Prädisposition bei variiertem N-, K- und Ca-Versorgung in Nährlösungskultur

H. G. Drobny*, G. M. Hoffmann** und A. Amberger***

* Du Pont GmbH, 6120 Erbach

** Lehrstuhl für Phytopathologie TU München-Weihenstephan, 8050 Freising

*** Lehrstuhl für Pflanzenernährung TU München-Weihenstephan, 8050 Freising

Eingegangen: 5.6.1984

Angenommen: 24.7.1984

Zusammenfassung – Summary

- 1) Durch Erhöhung der N- u. K-Konzentration in der Nährlösung wurde die Prädisposition von Bohnen gegenüber *Colletotrichum lindemuthianum* erhöht.
- 2) Eine Korrelation zwischen den Prädispositionsänderungen und den durch die N- oder K-Ernährung veränderten Gehalten an organischen Inhaltsstoffen der Bohnenblätter (Gesamt-Kohlenhydrate, Chlorophyll, Gesamt-N, fällbarer-N, Protein, freie Aminosäuren) konnten nicht nachgewiesen werden.
- 3) Die Analyse der anorganischen Inhaltsstoffe (K, Ca, Mg, Fe, P) ergab bei N- und K-Überschuß eine negative Korrelation zwischen dem Ca- und dem Mg-Gehalt einerseits und dem Befall andererseits.
- 4) Die auf die Prädisposition wirksame N-Form war Ammonium; die Nitratkonzentration in der Nährlösung hatte keinen Einfluß.
- 5) Die Prädisposition wurde ebenso durch eine variierte Ca-Ernährung beeinflusst. Starke Anfälligkeit trat bei geringen Ca-Gehalten, schwache Anfälligkeit bei höheren Ca-Gehalten und höherer Ca-Konzentration in der Nährlösung auf. Gehalte von mehr als 35 bzw. 25 mg Ca/g TS in Primärblättern bzw. im 3. Blatt führten zu keiner weiteren Befallsreduktion.
- 6) Der kausale Zusammenhang zwischen N- und K-Ernährung und dem Ca-Gehalt ergibt sich aus dem Ionen-Antagonismus zwischen NH_4^+ , K^+ und Ca^{2+} .

Influence of mineral nutrition on the predisposition of *Phaseolus vulgaris* against *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Br. et Cav.

II. Organic and anorganic components in relation to predisposition with varying N-, K- and Ca-supply

- 1) The predisposition of *Phaseolus vulgaris* vs. *Colletotrichum lindemuthianum* was increased with higher N- and K-concentrations in the nutrient solution.
- 2) No correlation between these changes of susceptibility and organic plant constituents, the content of which was also influenced by the nutrition (total carbohydrates, chlorophyll, total N, precipitable N, total protein, individual amino acids).

- 3) Analysis of inorganic plant constituents (K, Ca, Mg, Fe, P) at increased N- and K-nutrition showed a negative correlation between the predisposition and the content of Ca and, to a lesser extent of Mg.
 - 4) The influence of N-nutrition on the susceptibility was only related to the ammonium-ion. The nitrate concentration in the nutrient solution had no effect.
 - 5) The predisposition was also influenced by Ca-nutrition: low Ca-concentration in the nutrient solution, low Ca-content and high susceptibility, on the other hand high Ca-concentration, high Ca-content and low susceptibility. At a certain level of Ca no further reduction of the disease level could be achieved (35 and 25 mg Ca/g dry matter for primary leaves and the third leaf, respectively).
 - 6) The relation between N- and K-nutrition and Ca-content is presumably caused by the ion uptake antagonism between K^+ , NH_4^+ and Ca^{2+} .
-

Einleitung

Über Zusammenhänge zwischen Inhaltsstoffen und Anfälligkeit von Pflanzen gegen pilzliche Schaderreger ist bereits häufiger gearbeitet worden, meist bezogen auf N-Verbindungen und Kohlenhydrate. Dabei ergaben sich z. B. positive Korrelationen mit dem Gesamt-N-Inhalt des Wirtes (Muse, 1974; Jenkyn, Griffiths, 1978) oder dem Gehalt an freien Aminosäuren, wie Glutaminsäure und Prolin (Robinson, Hodges, 1977) oder Amiden (Klein, 1956). Bei gewissen Wirt-Parasit-Systemen ließen sich diese Zusammenhänge nicht erkennen z. B. bei Reis/*Helminthosporium* (Purkayastha, Mukhopadhyay, 1976), Getreide/*Erysiphe graminis* (Ibenthal, Heitefuß, 1979; Kießling, 1979). Bei Hirse/*Sclerospora graminicola* enthielt die resistere von zwei Sorten einen höheren Anteil an freien Aminosäuren (Chahal et al., 1978). Dehne (1978) fand bei Bohne/*Colletotrichum lindemuthianum* höheren Befall bei Mycorrhiza-Pflanzen, deren Gehalt an löslichen Proteinen höher lag als bei Mycorrhiza-freien Pflanzen. Echter Mehltau an Getreide konnte sich bei höherem Angebot an löslichen Kohlehydraten stärker entwickeln (Brandes, Heitefuß, 1971; Ibenthal, Heitefuß, 1979; Drobny, 1978); bei Gerste/*Rhynchosporium secalis* lag eine negative Korrelation vor (Jenkyn, Griffiths, 1978), bei Weizen/*Alternaria triticulturae* ergaben sich keine Zusammenhänge (Kulshrestha, Rao, 1976).

Eine Kausalanalyse dieser und vieler älterer Befunde wird dadurch erschwert, daß sehr unterschiedliche ernährungs-physiologische Bindungen des Parasiten an seinen Wirt vorliegen können und die Nährstoffansprüche des ersteren nur in wenigen Fällen bekannt sind. Klein (1956) verglich die Reaktionen von Tabak auf verschiedene Erreger in Abhängigkeit von der N- und K-Ernährung. *Alternaria* und *Cercospora*, die in axenischer Kultur ein erhöhtes Bedürfnis für Aminosäuren (AS) aufwiesen, reagierten positiv auf einen durch N- bzw. Ammonium-Düngung bedingten höheren Gehalt an freien AS; *Sclerotinia*, deren Wachstum in vitro stark vom Kohlenhydrat-Angebot abhängt, wurde u. a. durch K-Düngung und die dadurch veränderten Gehalte an löslichen Kohlenhydraten beeinflusst. *Colletotrichum gloeosporioides* wuchs in vitro besser bei hohem

K-Angebot. Der 4-fach höhere K-Gehalt reifer Guave-Früchte soll deren stärkere Anfälligkeit gegenüber diesem Parasiten erklären (*Midha* und *Chohan*, 1970). Die aus der neueren Literatur zitierten Angaben, wie auch ältere (sh. *Fuchs*, *Großmann*, 1972), ermöglichen weder allgemeine Schlußfolgerungen noch eine Interpretation vorangegangener eigener Feststellungen (*Drobny* et al., 1984). Am System *Phaseolus vulgaris/Colletotrichum lindemuthianum* ergab sich eine deutlich höhere Prädisposition des Wirtes sowohl bei N- wie auch bei K-Überschuß in der Nährlösung. Mit den vorliegenden Untersuchungen sollte nach Ursachen dieser Prädispositionsänderungen gesucht werden.

Material und Methoden

Anzucht des Pflanzen- und Erregermaterials, Inokulationsmethode und Variation der Mineralstoffernährung siehe *Drobny* et al. (1984).

Standardnährlösung für die Hydrokultur mit N/K = 12/10 mMol/l (in mMol/l: $\text{KNO}_3=10$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2=1$, $\text{MgSO}_4=1$; $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2=0.25$; Fe-EDTA 0.09; Spurenelemente), N-Überschuß in Form von NH_4NO_3 bis N/K = 32/10 mMol/l, K-Überschuß durch K_2SO_4 bis N/K = 12/30 mMol/l.

Probenahme zur Analyse organischer und anorganischer Inhaltsstoffe an Kontrollpflanzen bzw. inokulierten Pflanzen zur gleichen Zeit (13 h), getrennt nach Primärblättern und 3. Blatt am Tage der Inokulation, sowie 5 Tage später mit je 4 Parallelen. Befallsbonitur von 0 (kein Befall) – 7 (totale Zerstörung der Blattadern). Bonitierung der Krankheitssymptome an Pflanzen aus der gleichen Serie 10 Tage nach Inokulation. Fraktionierung und Analyse des Pflanzenmaterials: Acetonextrakt und Chlorophyllbestimmung nach *Ziegler* und *Egle* (1965), abgeändert nach *Schopfer* (1976); Methanol-Chloroform-Wasser-Extrakt nach *Bieleski* und *Turner* (1966), daraus freie Aminosäuren nach *Spies* (1957).

Wässriger Extrakt mit 0.1 M P-Puffer pH 7.5 nach *Schopfer* (1976), daraus Gesamt-Kohlenhydrate nach *Yemm* und *Willis* (1954) und nach TCA-Fällung Gesamt-Protein nach *Lowry* et al. (1951).

Veraschung bei 500°C (15 h) (nach *Isaac*, *Joese*, 1972), Lösung in HCl nach AOAC (1975), daraus Gesamt-P nach *Eibl* und *Lands* (1969), Kalium und Calcium flammenphotometrisch, Magnesium und Eisen mit AAS (Zeiss FMD 3).

Zusätzliche Untersuchung der N-Verbindungen am 3. Blatt 5 Tage nach Inokulation (Mischprobe aus 20 Blättern), schockgefroren bei -90°C und gefrieretrocknet: Gesamt-N (*Kjeldahl*) nach Reduktion (*Petersen*, *Chester*, 1964), freie Aminosäuren nach *Schaller* und *Wünsch* (1973), Nitrat nach *Balks* und *Reekers* (1960).

Statistische Auswertung der Ergebnisse mittels einfaktorierlicher Varianzanalyse und t-Test mit dem Statistik-Modul des Rechners HP 41C (Hewlett-Packard).

Ergebnisse

Organische Inhaltsstoffe bei variierter N- und K-Ernährung

Die Gehalte an Chlorophyll, Kohlenhydraten, Aminosäuren und Protein zeigten deutliche Auswirkungen der variierten Mineralstoffernährung, insbesondere in den 3. Blättern. Die Chlorophyllgehalte der Primärblätter erhöhten sich von 1.22 mg/g FS

(niedrigste N-Stufe) auf 1.64 (höchste N-Stufe) bzw. bei 3. Blättern von 2.09 auf 2.67 mg/g FS; mit steigender K-Versorgung trat in Primärblättern eine Minderung von 1.64 (niedrigste K-Stufe) auf 1.06 (höchste K-Stufe) bzw. in 3. Blättern von 2.73 auf 1.11 mg/g FS ein.

Steigendes N-Angebot führte zu der erwarteten Erhöhung des Proteinanteiles (Abb. 1), die Kohlenhydrate und Aminosäuren nahmen nur geringfügig zu. Mit Zunahme der K-Versorgung war eine Minderung des Protein- und Kohlenhydratgehaltes bei 3. Blättern verbunden. Unterschiede zwischen infizierten und Kontrollpflanzen waren nicht signifikant, letztere wiesen eine höhere Streuung der Werte auf. Die Analysedaten zum Zeitpunkt der Inokulation unterschieden sich nicht von denen fünf Tage später. Unter der

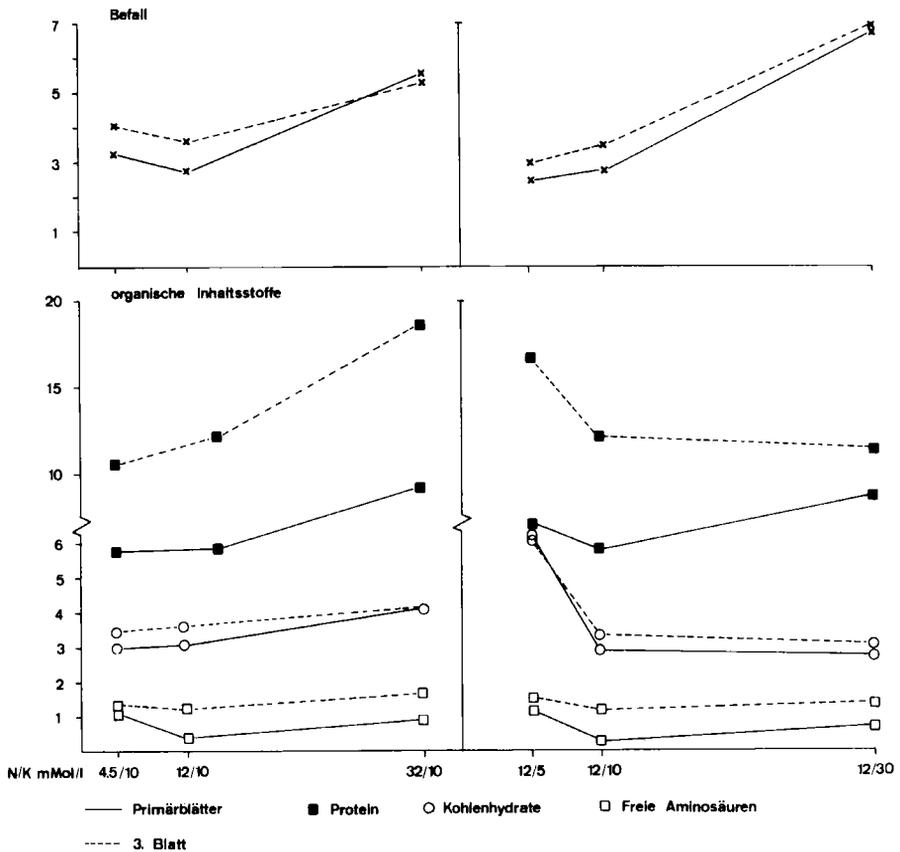


Abbildung 1: Organische Inhaltsstoffe in Bohnenblättern und Befall durch *C. lindemuthianum* bei variiertem N- und K-Versorgung

Figure 1: Organic components in bean leaves and infection by *C. lindemuthianum* with varying N- and K-supply

Annahme, daß der Befallserhöhung durch N- und K-Überschuß (Abb. 1 oben) gleiche Ursachen zugrundeliegen, ergibt sich somit kein Hinweis auf ursächliche Zusammenhänge.

Eine differenziertere Analyse der N-Verbindungen (Tabelle 1 und 2) ließ erkennen, daß sich mit steigender N-Versorgung der Anteil aller N-Fractionen erhöhte, am stärksten Asparagin, Glutamin und Arginin. Die Kaliumernährung hatte darauf keinen wesentlichen Einfluß. Weder die Gehalte an Gesamt-N, löslichem-N, Nitrat oder einzelnen Aminosäuren ließen eine Korrelation zum Krankheitsbefall erkennen. Somit kann dem Gehalt der Bohnenpflanzen an organischen Inhaltsstoffen kein Einfluß auf die Prädisposition gegenüber *Colletotrichum lindemuthianum* zugesprochen werden.

Tabelle 1: Stickstoffverbindungen im 3. Blatt von Bohnen 5 Tage nach Inokulation mit *C. lindemuthianum* bei verschiedenen Ernährungsstufen

Table 1: N-compounds in 3rd leaf of beans 5 days after inokulation with *C. lindemuthianum* at different levels of nutrition

Ernährungsstufe N/K mMol/l	12/10		32/10		12/30	
	-	+	-	+	-	+
Inokulation	-	+	-	+	-	+
Gesamt-N	56.2	53.6	72.3	74.6	52.3	52.0
Fällbarer-N	39.8	39.4	51.5	50.4	37.3	37.6
Löslicher-N (berechnet)	16.4	14.2	20.8	24.2	15.0	14.4
Nitrat-N	7.5	5.9	9.4	8.4	6.6	6.6
Freier Amino- säure-N	1.50		2.24		1.33	
Löslicher-N/ Gesamt-N (%)	29.2	26.5	28.8	32.4	28.7	27.7
Aminosäure-N/ Lösl. N (%)	9.1		10.8		8.9	

Angaben in mg/g TS, Mittelwert zweier Bestimmungen (außer Aminosäuren), Freier Aminosäure-N durch Addition der einzelnen Freien Aminosäuren + NH₃ (aus Tab. 2).

Anorganische Inhaltsstoffe bei variiertem N- und K-Ernährung

Die Gehalte an anorganischen Inhaltsstoffen lagen in den Primärblättern allgemein höher als im 3. Blatt, dementsprechend zeichneten sich in ersteren Einflüsse der Ernährung stärker und signifikant ab (Abb. 2). K-Überschuß (N/K 12/30) führt zu K-Gehalten von mehr als dem Zweifachen gegenüber Pflanzen in Standard-Nährlösung und auf die Hälfte verringerten Ca- und Mg-Gehalten. Abgeschwächt trat dieser Effekt

Tabelle 2: Gehalt an freien Aminosäuren im 3. Blatt von Bohnen 5 Tage nach Inokulation mit *C. lindemuthianum* bei verschiedenen Ernährungsstufen**Table 2:** Concentrations of free amino acids in 3rd leaf of beans after inoculation with *C. lindemuthianum* at different levels of nutrition

Aminosäure	Ernährungsstufe		12/10	32/10	12/30 mMol/l
	N/K				
Harnstoff			–	–	–
Asparaginsäure			19748	16966	19851
Hydroxyprolin			–	–	–
Threonin			1915	2096	1948
Serin			8568	11085	9941
Asparagin			9586	22723	4518
Glutaminsäure			22351	17592	24420
Glutamin			1796	4838	1936
α-Amino-Adipinsäure			150	110	87
Prolin			1028	1210	1075
Glycin			721	779	732
Alanin			8463	10867	8852
Citrullin			126	399	285
α-Amino-Buttersäure			–	–	–
Valin			700	1058	666
Cystein			–	–	–
Methionin			–	–	–
Isoleucin			334	526	306
Leucin			292	363	238
Tyrosin			101	99	83
β-Alanin			896	984	750
Phenylalanin			287	448	289
β-Amino-Isobuttersäure			–	–	–
γ-Amino-Buttersäure			6008	4312	5185
Ethanolamin			–	–	–
NH ₃			9459	3194	5378
Ornithin			68	56	42
Lysin			355	458	258
1-Methyl-Histidin			94	136	73
Histidin			208	475	103
3-Methyl-Histidin			–	–	–
Tryptophan			–	–	–
Arginin			322	5004	233
Gesamt			93576	115779	87249

auch bei N-Überschuß (N/K 32/10) ein, wobei der K-Gehalt kaum verändert wurde. Die Variation des Nährstoffangebotes fand in den Gehalten von Fe und P wenig Niederschlag. Durch N-Überschuß war eine Erhöhung zu beobachten. Die Inokulation mit *C. lindemuthianum* ließ nur in einzelnen Fällen signifikante Einflüsse, generell aber eine

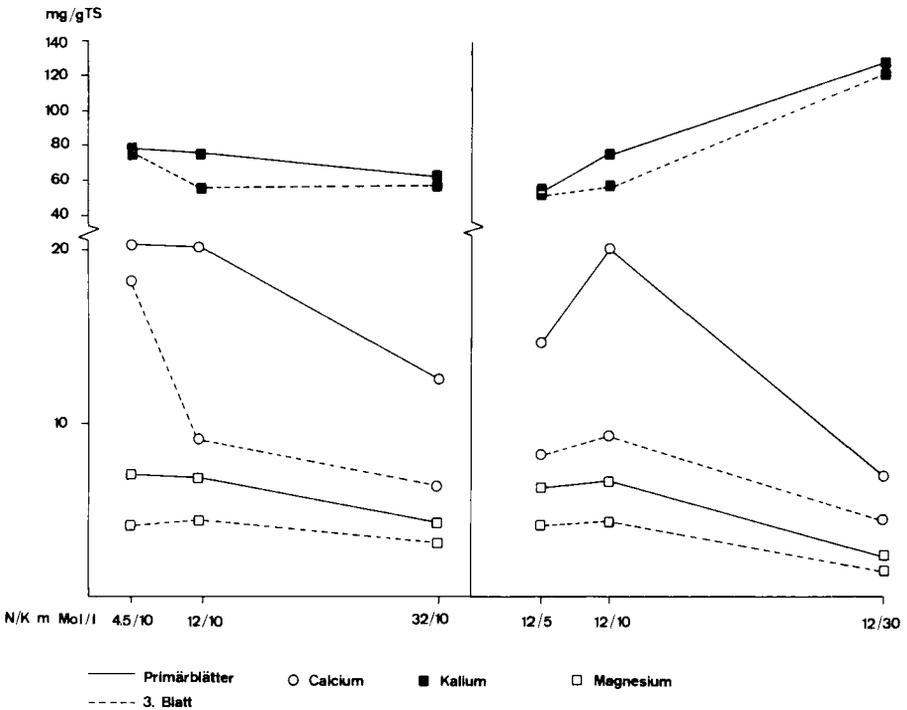


Abbildung 2: Anorganische Inhaltsstoffe in Bohnenblättern bei variiertem N- und K-Versorgung
Figure 2: Inorganic components in bean leaves with varying N- and K-supply

größere Streuung der Werte erkennen. Zum Zeitpunkt der Inokulation, d. h. 5 Tage vor den in Abb. 2 dargestellten Werten, war der K-Gehalt des 3. Blattes (30 mMol K) signifikant geringer (69,7 mg/g TS), die Magnesiumgehalte beider Blattetagen lagen etwa um 2 mg/g TS höher.

Der bei Erhöhung der N- und K-Konzentration in der Nährlösung beobachtete Befallsanstieg (Abb. 1 oben) war negativ korreliert mit dem Ca-Gehalt, weniger ausgeprägt mit dem Gehalt an Mg. Daher konzentrierten sich die weiteren Untersuchungen auf den Zusammenhang zwischen Prädisposition der Bohnenpflanzen gegen *C. lindemuthianum* und ihrem Ca-Gehalt.

Befallshöhe und Ca-Gehalt in Abhängigkeit von N-Form und Begleitonen

Bisher ungeklärt war der Einfluß der N-Form (NH_4^+ , NO_3^-) und anderer Begleitonen auf die Prädisposition. Die in den Versuchen variierten Nährlösungen, die Ergebnisse der Ca-Bestimmungen und die Befallsbonituren sind in Tabelle 3 zusammengefaßt. Die Pflanzen waren zum Zeitpunkt der Inokulation 2 Tage älter als im vorangegangenen Versuch, weshalb jeweils das 3. und 4. Blatt bonitiert und analysiert wurden.

Tabelle 3: Ca-Gehalt in Bohnenblättern und Befall durch *C. lindemuthianum* bei variiertem $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ -Versorgung in einer Standardnährlösung (N/K 12/10)**Table 3:** Ca-contents in bean leaves and infection by *C. lindemuthianum* with varying $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ -supply in a standard nutrient solution (N/K 12/10)

mMol/l zugesetzte Salze	N/K				12/10				32/10				12/30			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
KNO_3	10	—	—	—	10	10	—	10	10	—	—	—	10	—	—	10
NH_4NO_3	—	5	—	—	10	—	—	—	—	5	—	—	—	5	—	—
K_2SO_4	—	5	5	—	—	—	5	—	10	15	15	—	—	—	—	—
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	—	—	5	—	—	10	15	—	—	—	5	—	—	—	—	—
KCl	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
NaNO_3	—	—	—	10	—	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—
NO_3^-	12	7	2	12	22	12	2	32	12	7	2	12	12	7	2	12
NH_4^+	—	5	10	—	10	20	30	—	—	5	10	—	—	5	10	—
Ca-Gehalt (mg/g TS)																
3. Blatt	14.1	6.4	4.1	16.5	6.4	4.0	2.8	13.7	5.2	3.4	3.3	8.2	5.2	3.4	3.3	8.2
4. Blatt	13.6	7.5	3.7	13.4	5.4	4.0	2.4	14.1	5.3	2.3	2.2	5.7	5.3	2.3	2.2	5.7
Befallshöhe (1–7)																
3. Blatt	3.1	4.6	5.5	3.3	5.9	6.5	6.5	4.0	6.0	5.8	6.3	5.0	6.0	5.8	6.3	5.0
4. Blatt	3.3	5.0	5.5	3.9	5.3	6.3	6.0	3.0	5.8	5.5	5.5	5.0	5.8	5.5	5.5	5.0

GD (1 %) Ca-Gehalt: 3. Blatt = 1.5 mg/g TS 4. Blatt = 1.7 mg/g TS

Die Nährstoffzusammensetzungen und Ergebnisse der Varianten I entsprechen denen vorangegangener Versuche. Im Vergleich zur Standardnährlösung liegen erhöhter Befall und verringerter Ca-Gehalt bei N- oder K-Überschuß vor. Für die befallsfördernde Wirkung höherer N-Konzentrationen scheint jedoch nur das NH_4^+ -Ion verantwortlich zu sein. Durch stufenweisen Ersatz von NO_3^- durch NH_4^+ wird der Befall stark erhöht, der Ca-Gehalt entsprechend verringert. Pflanzen auf dem N/K-Niveau 12/10 mMol/l mit fast ausschließlicher NH_4^+ -Ernährung (Variante III) sind bedeutend anfälliger als solche mit N/K = 32/10 mMol/l, die nur NO_3^- erhalten (Variante IV).

Eine zusätzliche Testserie zeigte, daß SO_4^{2-} und Cl^- praktisch keinen Einfluß auf die Befallshöhe und den Ca-Gehalt hatten (nicht aufgeführt).

Über die Bestätigung der negativen Korrelation zwischen Befallshöhe und Ca-Gehalt hinaus kann somit gezeigt werden, daß die Wirkung auf die Prädisposition weitgehend auf dem NH_4^+ -Ion beruht; die NO_3^- -Konzentration besitzt dagegen kaum quantifizierbaren Einfluß auf die Pflanzenanfälligkeit.

Der Einfluß der Ca-Ernährung auf die Prädisposition

Das Ca-Angebot wurde mit $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ im Bereich von 0-10.25 mMol/l variiert, der Ca-Gehalt der Blätter zum Zeitpunkt der Bonitur bestimmt. Die Pflanzen ohne Ca

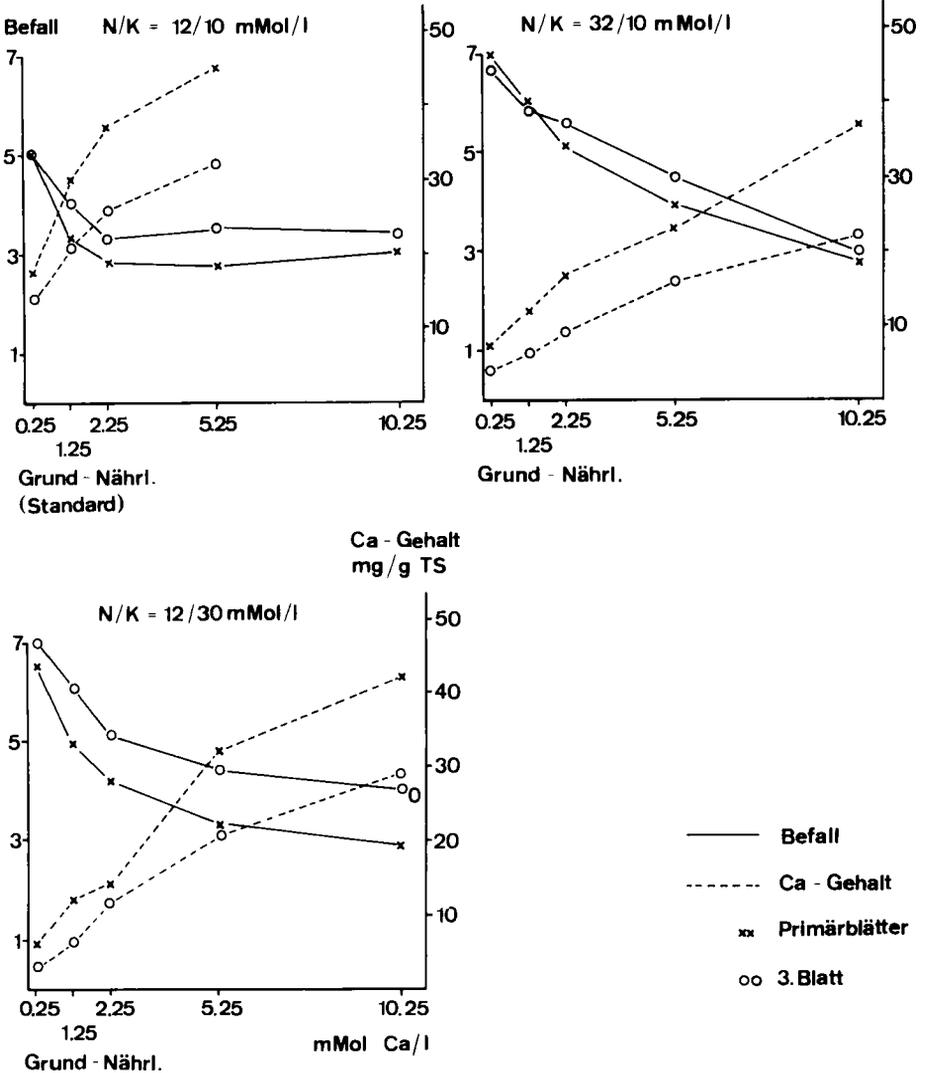


Abbildung 3: Einfluß der Ca-Ernährung auf Befall durch *C. lindemuthianum* und Ca-Gehalt von Bohnenblättern bei verschiedenem N/K-Niveau

Figure 3: Effect of Ca-nutrition on infection by *C. lindemuthianum* and Ca-contents of bean leaves at different N/K levels

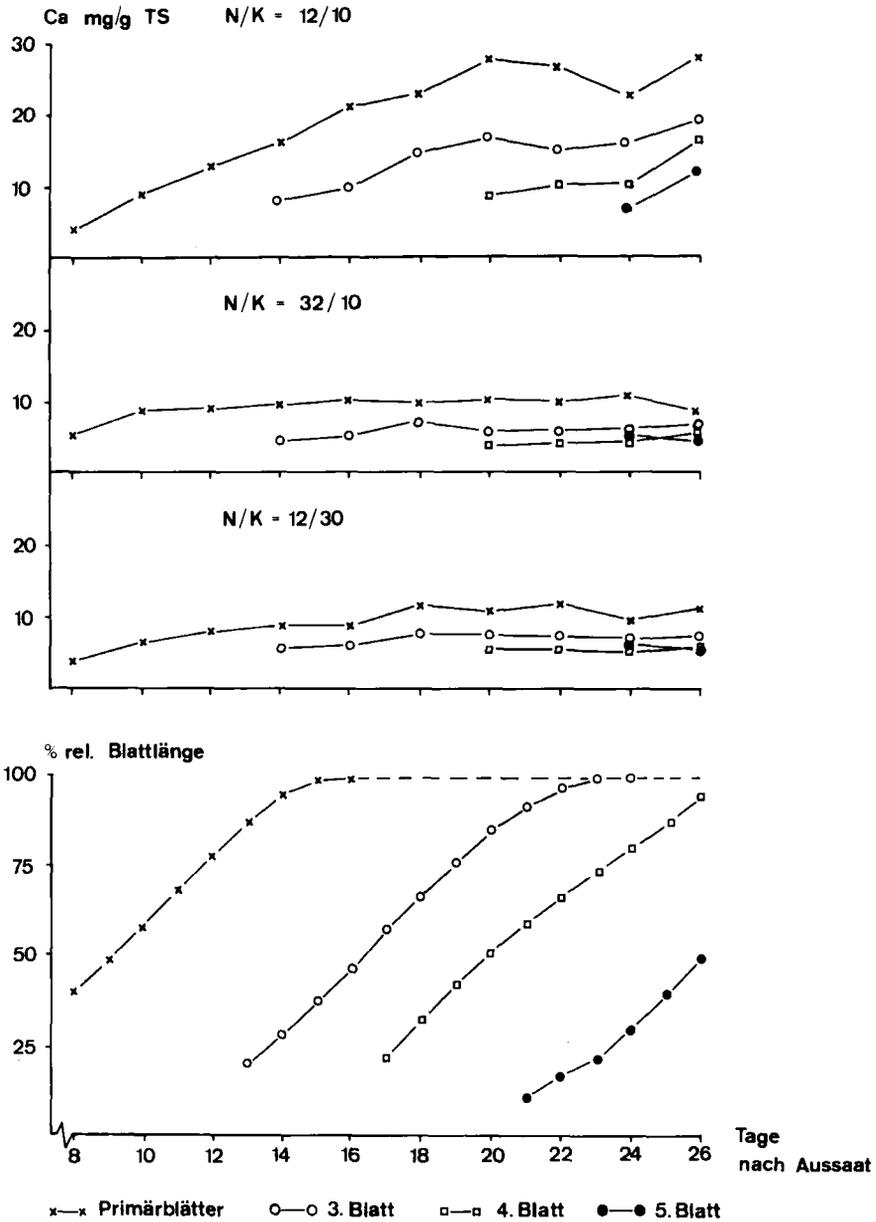


Abbildung 4: Ca-Gehalt in Bohnenblättern bei variiertem N- und K-Versorgung in Abhängigkeit vom Blattalter

Figure 4: Ca-contents in bean leaves with varying N- and K-supply as related to leaf age

verkümmerten von der Sproßspitze her, das Wurzelsystem war nur schwach ausgebildet. Infektionen mit *C. lindemuthianum* traten nicht ein. Der Ca-Gehalt der Blätter nahm mit steigender Ca-Konzentration der Nährlösung kontinuierlich zu, die Befallshöhe dagegen ab (Abb. 3). Der höchste Befall (Befallswert 7) trat bei einem Ca-Gehalt unter 5 mg/g TS auf. Dieser Wert wurde auf dem Niveau der Standardlösung nicht erreicht. Ein mittlerer Befall (Befallswert 3) wurde trotz erhöhten Ca-Gehaltes nicht unterschritten. Die hohe Anfälligkeit von Pflanzen bei N- oder K-Überschuß wurde durch Ca-Zusatz bis in den Bereich der Standardnährlösung gesenkt, der Ca-Gehalt war entsprechend höher.

Damit kann eine negative Korrelation zwischen Ca-Gehalt und Anfälligkeit von Bohnen gegenüber *C. lindemuthianum* als gesichert angesehen werden.

Ca-Gehalt und Blattalter

Als Maß für Blattalter bzw. Entwicklungsstufe wurde die relative Blattlänge zum Zeitpunkt der Probenahme verwendet (Länge der Hauptblattader in Relation zum ausgewachsenen Blatt). Die sich ergebenden Zuwachskurven (Abb. 4 unten) waren bei allen Nährstoffstufen fast übereinstimmend. Die Ca-Gehalte der Blätter zeigen, insbesondere bei $N/K = 12/10$, mit dem Blattalter ansteigende Werte entsprechend der Insertionshöhe (im älteren Gewebe höher). Reduzierte Ca-Gehalte lagen bei N- und K-Überschuß vor. Die Werte blieben über einen längeren Zeitraum auf ähnlichem Niveau; Primärblätter enthielten stets höhere Ca-Anteile als die übrigen Blätter. Nach Drobny et al. (1984) wird bei einer N/K-Versorgung 12/10 (Standardnährlösung) eine Altersresistenz erkennbar, die bei N- oder K-Überschuß nicht eintritt. Nach den vorliegenden Daten kann dieses Phänomen in eine enge Korrelation zum Ca-Gehalt des Blattgewebes gestellt werden.

Diskussion

In Zusammenhang mit steigender N- und K-Versorgung wurden negative Einflüsse auf die Prädisposition von *Phaseolus vulgaris* gegen *C. lindemuthianum* festgestellt (Drobny et al., 1984). Die Gehalte an Gesamt-Kohlenhydraten und verschiedenen N-Fractionen (Gesamt-N, fällbarer-Stickstoff, Protein, freie Aminosäuren) bei variiertem N- und K-Versorgung lassen keine Zusammenhänge mit dem Krankheitsbefall unter standardisierten Bedingungen erkennen. Die Analysedaten stehen in Übereinstimmung mit den generellen Aussagen zur Wirkung von NH_4^+ und K^+ auf den Stoffwechsel der Pflanze (Amberger, 1979; Mengel, 1979). Die fehlende Korrelation zwischen der Erregerentwicklung im Pflanzengewebe nach erfolgter Infektion und den organischen Inhaltsstoffen ist nicht überraschend, da *C. lindemuthianum* auch in axenischer Kultur an C- und N-Quellen keine besonderen Ansprüche stellt. Die in den Pflanzen vorliegenden Gehalte an organischen Verbindungen können daher nicht als begrenzende Faktoren betrachtet werden. In dieser Hinsicht liegt ein deutlicher Unterschied zu obligaten Wirt-Parasit-Systemen vor, z. B. Echte MehltauPilze/Getreide oder Rostpilze/Getreide, bei denen Einflüsse der Kohlenhydrat- und N-Gehalte auf die Erregerentwicklung eingeschlossen

sind (Horsfall, Dimond, 1957; Brandes, Heitefuß, 1971; Drobny, 1978; Kießling, 1979).

Die Veränderungen in den Gehalten an anorganischen Inhaltsstoffen durch die variierte Mineralstoffernährung folgen bekannten Gesetzmäßigkeiten. Von besonderem Interesse ist die Feststellung, daß die Reduktion des Ca-Gehaltes durch hohe NH_4^+ - und K^+ -Konzentrationen in allen Versuchsreihen in Übereinstimmung mit einem hohen Krankheitsbefall steht. Wird davon ausgegangen, daß der Ca-Gehalt für die beobachtete Prädispositionsänderung entscheidend ist, ergibt sich die befallssteigernde Wirkung des NH_4^+ -Ions allein aus dem Antagonismus gegenüber dem Ca^{++} -Ion. Eine stärkere Reduzierung des Kationengehaltes durch NH_4^- im Vergleich zu NO_3^- -Ernährung wurde auch von Kirkby und Mengel (1967) nachgewiesen. Unter Freilandbedingungen ist wahrscheinlich weniger der Antagonismus $\text{NH}_4^+/\text{Ca}^{++}$ bedeutsam (rasche Nitrifikation), als vielmehr das Verhältnis $\text{K}^+/\text{Ca}^{++}$ durch ein sehr hohes K-Angebot in der Düngung. In beiden Fällen resultiert daraus eine zeitweilige unzureichende Ca-Versorgung. Vergleichbare Befunde über einen induzierten Kationenmangel bei Freilandpflanzen liegen von Bussler (1979) vor. Nach Atkinson et al. (1980) wird die auf Ca-Mangel zurückgeführte Stippigkeit des Apfels durch ein hohes K- und N-Angebot, besonders als NH_4^+ , gefördert.

Ca-Mangel wurde verschiedentlich als resistenzmindernd betrachtet (Fuchs, Großmann, 1972). Die eigenen Versuche mit variiertem Ca-Angebot ergaben stets negative Beziehungen zwischen Ca-Gehalt der Pflanze und Befallsstärke, unabhängig von dem gewählten Angebot an N bzw. K; etwa übereinstimmende Ca-Gehalte korrespondierten mit gleichen Werten des Krankheitsbefalles. Die resistenzfördernde Wirkung des Ca ist allerdings nicht unbegrenzt, da ein bestimmtes Befallsniveau selbst bei höchstem Ca-Gehalt nicht unterschritten wurde. Der optimale Ca-Gehalt, bei welchem die geringste Symptomentwicklung eintritt, liegt in Primärblättern bei 35, in den 3. Blättern bei 25 mg Ca/g TS. Muchovej et al. (1980) fanden im Wirt-Parasit-System Soja/*Colletotrichum dematium* ähnliche Zusammenhänge; bereits relativ gering erhöhte Ca-Gehalte führten zu einer starken Minderung der Symptome, eine weitere Steigerung zeigte keine wesentlich stärkere Auswirkung.

Auf eine Altersresistenz der Bohnenblätter gegenüber *C. lindemuthianum* wurde von Drobny et al. (1984) hingewiesen. Untersuchungen an Blättern verschiedenen Alters zeigen, daß eine enge Korrelation zwischen dem Alter des Blattgewebes, der Anfälligkeit und dem Ca-Gehalt vorliegt. Da Altersresistenz bei nichtobligaten Parasiten kausal noch wenig untersucht ist, gibt es kaum Vergleichsmöglichkeiten. Bateman und Lumsden (1965) fanden gesicherte Zusammenhänge zwischen dem Ca-Gehalt und einer Altersresistenz bei Bohnen gegenüber dem wenig spezialisierten Erreger *Rhizoctonia solani*. Als entscheidend wird der höhere Anteil an Ca-Pektaten angesehen, wodurch das Gewebe dem pektolytischen Abbau durch den Pilz stärkeren Widerstand entgegenstellt. Dieser Zusammenhang kann auch für den Befall durch *C. lindemuthianum* als sehr wahrscheinlich betrachtet werden.

Literatur

- Amberger, A., 1979: Pflanzenernährung – ökologische und physiologische Grundlagen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Aoac, 1975: Official methods of analysis of the AOAC, 12th Ed., Washington, D. C.
- Atkinson, D., J. E. Jackson, R. O. Sharples, W. M. Waller, 1980: Mineral nutrition of fruit trees. Butterworth, London.
- Balks, R., I. Reekers, 1960: Nitratbestimmung in Pflanzensubstanz mit 1.2.4-Xelenol. Landw. Forschung **13**, 134–136.
- Bateman, D. F., R. D. Lumsden, 1965: Relation of calcium content and nature of the pectic substances in bean hypocotyls of different ages to susceptibility to an isolate of *Rhizoctonia solani*. Phytopathology **55**, 734–738.
- Bielecki, R. L., N. H. Turner, 1966: Separation and estimation of amino acids in crude plant extracts by thinlayer electrophoresis and chromatography. Analytical Biochemistry **17**, 278–293.
- Brandes, W., R. Heitefuß, 1971: Nebenwirkung von Herbiziden auf *Erysiphe graminis* und *Cercospora herpotrichoides* an Weizen. II. Physiologische und biochemische Ursachen des veränderten Befalls der Pflanze. Phytopath. Zeitschr. **72**, 34–52.
- Bussler, W., 1979: Mangelerscheinungen an höheren Pflanzen. II. Mangel an Hauptnährstoffen. Zeitschr. Pflkr. u. Pflschutz **86**, 43–62.
- Chahal, S. S., S. K. Gupta, K. S. Gill, 1978: Biochemical differences between two varieties of pearl millet resistant and susceptible to *Sclerospora graminicola*. Abstr. 3rd. Intern. Congr. Pl. Path. München, S. 253.
- Dehne, H.-W., 1978: Increased susceptibility of mycorrhizal plants to rust, powdery mildew and anthracnose. Abstr. 3rd. Intern. Congr. Pl. Path. München, S. 260.
- Drobny, H. G., 1978: Wirkung von Herbiziden auf den Kohlenhydratgehalt von Getreide und auf den Befall von Gerste mit *Erysiphe graminis f. sp. hordei* Marchal und *Puccinia hordei* Otth. – Dipl.-Arbeit Univers. Münster, Fachbereich Biologie.
- Drobny, H. G., G. M. Hoffmann, A. Amberger, 1984: Einfluß der Mineralstoffversorgung auf die Prädisposition von *Phaseolus vulgaris* gegen *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Br. et Cav. I. Wirkung verschiedener Nährstoffe und des Blattalters auf die Symptomausprägung. Zeitschr. Pflanzenernähr. Bodenk. **147**, 242–254.
- Eibl, H., W. E. M. Lands, 1969: A new, sensitive determination of phosphate. Analytical Biochemistry **30**, 51–57.
- Fuchs, W. H., F. Großmann, 1972: Ernährung und Resistenz von Kulturpflanzen gegenüber Krankheitserregern und Schädlingen. In H. Linser (Editor) Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung **1**, 2. Hälfte, 1007–1107, Springer-Verlag Wien, New York.
- Horsfall, J. G., A. E. Dimond, 1957: Interactions of tissue sugar, growth substances, and disease susceptibility. Zeitschr. Pflkr. und Pflschutz **64**, 415–421.
- Ibenthal, W.-D., R. Heitefuß, 1979: Nebenwirkungen herbizider Harnstoff- und Triazin-derivate auf den Befall von Weizen mit *Erysiphe graminis f. sp. tritici*. II. Physiologische und biochemische Untersuchungen über die Ursachen der indirekten Nebenwirkungen der Herbizide auf den Mehлтаubefall. Phytopath. Zeitschr. **95**, 193–209.
- Isaak, R. A., B. I. Jones, 1972: Effects of various dry ashing temperatures on the determination of 13 nutrient elements in five plant tissues. Comm. in Soil Science and Plant analysis, **3**, 261–269.
- Jenkyn, J. F., E. Griffiths, 1978: Relationships between the severity of leaf blotch (*Rhynchosporium secalis*) and the water-soluble carbohydrate and nitrogen contents of barley plants. Ann. Appl. Biol. **90**, 35–44.
- Kießling, U., 1979: Untersuchungen über die Interaktion zwischen *Erysiphe graminis f. sp. hordei* und *Puccinia hordei* an Gerste unter

- epidemiologischen und physiologischen Aspekten. Dissertation TU München, Fak. Landw. u. Gartenbau.
- Kirkby, E. A., K. Mengel, 1967: The ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea or ammonium nutrition. *Plant Physiol.* **42**, 6–14.
- Klein, E. K., 1956: Über den Einfluß der Mineralsalznahrung auf den Gehalt des Blattes an freien Aminosäuren und Monosacchariden und seine Bedeutung für die Empfänglichkeit der Pflanze gegenüber parasitischen Pilzen, I und II. Bayer. Landw. Jahrb. **33**, 224–241; 347–367.
- Kulshrestha, V. P., M. V. Rao, 1976: Studies on the relationship between sugar content of wheat and resistance to *Alternaria triticina*. *Phytopath.* Zeitschr. **88**, 188–191.
- Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Randall, 1951: Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. biol. Chem.* **193**, 265–275.
- Mengel, K., 1979: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 5. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- Midha, S. K., J. S. Chohan, 1970: Role of potassium in the pathogenesis of *Colletotrichum gloeosporioides* in Guava fruits. *Indian Phytopathol.* **23**, 716–717.
- Muchovej, J. J., R. M. C. Muchovej, O. D. Dhingra, L. A. Maffia, 1980: Suppression of anthracnose of soybeans by calcium. *Pl. Disease* **64**, 1088–1089.
- Muse, R. R., 1974: Influence of nutrition on the development of *Helminthosporium* red leaf spot on seaside bentgrass, *Agrostis palustris*. *Physiol. Plant Pathol.* **4**, 99–105.
- Peterson, L. A., G. Chester, 1964: Reliable total nitrogen determination on plant tissue accumulating nitrate nitrogen. *Agronomy J.* **56**, 89–90.
- Purkayastha, R. P., R. Mukhopadhyay, 1976: Level of amino acids and post-infectional formation of antifungal substances in relation to susceptibility of rice plants against *Helminthosporium oryzae* at different nitrogen supply. *Zeitschr. Pflkr. u. Pflzschutz* **83**, 221–228.
- Robinson, P. W., C. F. Hodges, 1977: Effect of nitrogen fertilization on free amino acid and soluble sugar content of *Poa pratensis* and on infection and disease severity by *Drechslera sorokiniana*. *Phytopathology* **67**, 1239–1244.
- Schaller, K., A. Wünsch, 1973: Zur Bestimmung der freien Aminosäuren in Kartoffelknollen und anderem Pflanzenmaterial. *Die Nahrung* **17**, 415–417.
- Schopfer, P., 1976: Experimente zur Pflanzenphysiologie. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Spies, J. R., 1957: Colorimetric procedures for amino acids. In Colowick, S. P., N. O. Kaplan (Editors) *Methods of enzymology* Vol. III, 467–477, Acad. Press New York.
- Yemm, E. W., A. J. Willis, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem. J.* **57**, 508–514.
- Ziegler, R., K. Egle, 1965: Zur quantitativen Analyse der Chloroplastenpigmente. I. Kritische Überprüfung der spektrophotometrischen Chlorophyllbestimmung. *Beitr. Biol. d. Pflanze* **41**, 11–37.