



Das Lebensmittelministerium



Kalkulation der N-Düngung im ökologischen Gemüsebau

Schriftenreihe der
Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft
Heft 6 - 7. Jahrgang 2002

Kalkulation der N-Düngung im ökologischen Gemüsebau

Bibliographische Angaben zu diesem Dokument:

Laber, Hermann (2002) Kalkulation der N-Düngung im ökologischen Gemüsebau. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft no. 6, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft.

Das Dokument ist in der Datenbank „Organic Eprints“ archiviert und kann im Internet unter <http://orgprints.org/00000865/> abgerufen werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Problemstellung	1
2	Stand des Wissens	2
2.1	Stickstoffbedarf der Kulturen	2
2.2	Stickstoffangebot	6
2.2.1	N _{min} -Vorrat des Bodens	6
2.2.2	N-Nachlieferung aus der organischen Substanz	6
2.2.3	N-Freisetzung aus Gründüngungen und Ernterückständen	9
2.2.4	N-Freisetzung aus Wirtschaftsdüngern	18
2.2.5	N-Freisetzung aus organischen Handelsdüngern	19
2.3	Wechselwirkungen zwischen N-Angebot und Sorte	23
3	Kalkulationsschema zur Abschätzung des N-Angebots	25
4	Material und Methoden	26
4.1	Versuchsstandort	26
4.2	Versuchsprogramm	27
4.2.1	Versuche mit verschiedenen Kohllarten	27
4.2.2	Spinatversuche	29
4.3	Datenerfassung und Analytik	33
4.4	Verrechnung und statistische Auswertung	34
5	Ergebnisse	35
5.1	Versuche mit verschiedenen Kohllarten	35
5.1.1	Weißkohlversuch 1998	35
5.1.2	Blumenkohlversuch 1999	36
5.1.3	Brokkoliversuch 2000	39
5.1.4	Brokkoliversuch 2001	41
5.1.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	45
5.2	Spinatversuche	46
5.2.1	Versuch 1998	46
5.2.2	Versuch 1999	49
5.2.3	Versuch 2000	52
5.2.4	Versuch 2001	55
5.2.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	62
6	Diskussion	65
6.1	Stickstoffbedarf der Kulturen	65
6.2	Stickstoffangebot	65
6.2.1	N _{min} -Vorrat des Bodens	65
6.2.2	N-Nachlieferung aus der organischen Substanz	66
6.2.3	N-Freisetzung aus Gründüngungen und Ernterückständen	66
6.2.4	N-Freisetzung aus Wirtschaftsdüngern	67
6.2.5	N-Freisetzung aus organischen Handelsdüngern	67
6.3	Wechselwirkungen zwischen N-Angebot und Sorte	68
7	Schlussbetrachtung	68
8	Zusammenfassung	69
	Literatur	69
	Anhang	77

Liste der verwendeten Abkürzungen

a	Regressionskonstante
AB	Ackerbohnschrot
b	Regressionskoeffizient
Bra	Brache (ohne Bewuchs bzw. Bewuchs entfernt)
d_B	Dichte des Bodens, Lagerungsdichte [g/cm ³]
dt	Dezitonne (100 kg)
ER	Ernterückstände
Erb	Sommerwicken-Felderbsen-Ackerbohnen-Gemenge
FM	Frischmasse [kg/m ² ; dt/ha]
FS	Frischsubstanz
G	Rindergülle
ha	Hektar (10.000 m ²)
HMP	Haarmehl-Pellets
Lan	Landsberger Gemenge (Winterwicken + Inkarnatklee + Welsches Weidelgras)
Lup	Lupinenschrot
Mist	Stallmist
n	Anzahl der Beobachtungen (Versuche)
N_{Aufwuchs}	N-Menge im oberirdischen Aufwuchs [kg N/ha]
N_{ges}	Gesamt-Stickstoff
N_{min}	Summe aus NH ₄ - und NO ₃ -N (zum Teil nur NO ₃ -N) [kg /ha]
n.s.	nicht signifikant ($\alpha > 0,05$)
Per	Perserklee
Pha	Phacelia
R ²	Bestimmtheitsmaß
Rizi	Rizinusschrot bzw. Rizinuspellets
TM	Trockenmasse [g/m ² ; dt/ha]
TS	Trockensubstanz
V	Vinasse
VK	Vorkultur
Wick	Winterwicken + Inkarnatklee

1 Einführung und Problemstellung

Neben der Unkrautregulation und den Pflanzenschutzproblemen stellt die ausreichende Stickstoffversorgung der Kulturen eines der spezifischen Probleme des ökologischen Gemüsebaus dar. Anders als im konventionellen Gemüsebau, wo mit der Einführung der Nmin-Methode das Ziel verfolgt wurde, die N-Belastung der Umwelt bei weiterhin optimalem Ertragsniveau zu vermindern (SCHARPF 1991), stellt sich im ökologischen Gemüsebau eher das Problem, bei anspruchsvollen Kulturen ein befriedigendes Ertragsniveau durch eine ausreichende N-Versorgung sicher zu erreichen. Den Öko-Anbauern standen bisher nur wenige Hilfsmittel zur Kalkulation der N-Düngung zur Verfügung. Auch Faustzahlen im herkömmlichen Sinne sind kaum gebräuchlich. So hat jeder Anbauer "seine Erfahrungen" in Bezug auf die N-Düngung, was bei N-bedürftigen Kulturen wie z.B. Blumenkohl des Öfteren dazu führt, dass man den Anbau der entsprechenden Kultur auf Grund von Misserfolgen einstellt bzw. erst gar nicht ins Kalkül zieht.

Ein Grund für die geringe Verbreitung griffiger Faustzahlen zur Düngung im ökologischen Gemüsebau ist sicherlich in der Vielzahl der möglichen N-Quellen und deren Potenzial zu suchen. Im Einzelnen sind dies:

- der Nmin-Vorrat des Bodens,
- die N-Nachlieferung aus dem Humus,
- die N-Freisetzung aus Gründüngungen und Ernterückständen,
- die N-Freisetzung aus Wirtschaftsdüngern und
- die N-Freisetzung aus organischen Handelsdüngern.

Mit Ausnahme der organischen Handelsdünger sind das N-Quellen, die auch bei der Kalkulation der N-Düngung im konventionellen bzw. integrierten Anbau Berücksichtigung finden. Auf Grund ihrer untergeordneten Bedeutung wurde die N-Freisetzung aus Gründüngung und aus Wirtschaftsdüngern aber bisher bei der Düngungskalkulation im konventionellen Gemüsebau nur sehr oberflächlich einbezogen.

Im ökologischen Gemüsebau kommt diesen N-Quellen aber bezüglich der verabreichten N-Mengen eine besondere Bedeutung zu, so dass hier detailliertere Prognosen der N-Freisetzung vonnöten sind. Dieses gilt auch für die organischen Handelsdünger tierischen oder pflanzlichen Ursprungs, die beim Anbau von Kulturen

mit hohen N-Aufnahmeraten unentbehrlich sein dürften. In Anlehnung insbesondere an das KNS-System (LORENZ et al. 1989) wurde der Praxis 1997 ein erstes Kalkulationsschema zur Berechnung des N-Angebotes im ökologischen Gemüsebau zur Verfügung gestellt (LABER 1997).

Im Zuge einer Literaturrecherche zur Wirksamkeit organischer Handelsdünger (Laber 2000) wurde deutlich, dass die zunächst angenommene 80%ige N-Freisetzung aus diesen Düngemitteln (analog der vom KNS-System veranschlagten 80%igen N-Freisetzung aus frischem Pflanzenmaterial) zu hoch angesetzt war und nach unten korrigiert werden musste. Eine weitere "Verfeinerung" des Schemas betraf die N-Menge in Ernterückständen bzw. Gründüngungen; hier erfolgte nach anfänglicher Annahme eines N-Gehaltes von 30 kg N/100 dt FM eine Differenzierung nach Leguminosen (50 kg N/100 dt) und Nichtleguminosen (30 kg N/100 dt). Generell wurde zunächst eine 80%ige N-Freisetzung aus den Pflanzenmaterialien unterstellt.

Zur Evaluierung des Kalkulationsschemas und Bearbeitung spezieller Fragestellungen wurden in den Jahren 1998-2001 Düngungsversuche mit Spinat und verschiedenen Kohlarten angelegt. Das in den verschiedenen Düngungsvarianten zu erwartende N-Angebot wurde mit Hilfe des Kalkulationsschemas berechnet und den realisierten Erträgen, später auch den tatsächlich im Feld wiedergefundenen N-Mengen gegenübergestellt. Entgegen dem für die Praxis konzipierten Kalkulationsschema, das insbesondere bei der N-Menge in Gründüngungen bzw. Ernterückständen auf 'Faustzahlen' zurückgreifen muss, konnte bei der Kalkulation des N-Angebots in den Versuchen aber die tatsächlichen N-Mengen und auch die Qualität des Pflanzenmaterials (C/N-Verhältnis) Berücksichtigung finden.

Bei den angelegten Düngungsversuchen bot es sich an, ein Problem mit zu bearbeiten, das gerade auch im ökologischen Land- und Gartenbau immer wieder diskutiert wird: Die Frage nach etwaigen Wechselwirkungen zwischen N-Angebot und Sorte (vgl. Kapitel 2.3). Hierzu wurden bei den Versuchen mit verschiedenen Kohlarten jeweils vier gezielt ausgewählte Sorten integriert.

Das N-Angebot, mit Hilfe des Kalkulationsschemas prognostiziert, durch (zusätzliche) Düngergaben ggf. korrigiert, soll den N-Bedarf der Kulturen möglichst genau decken. Das setzt voraus, dass der N-Bedarf bekannt ist. Die in

der Praxis stark schwankenden Erträge, aber auch die möglicherweise von konventionellen Gehaltszahlen abweichenden N-Gehalte sind weitere Probleme bei der Kalkulation der N-Düngung im ökologischen Gemüsebau.

2 Stand des Wissens

2.1 Stickstoffbedarf der Kulturen

Zur N-Menge im Aufwuchs "optimal" ernährter Gemüsekulturen (N-Bedarf) liegt für den Bereich des konventionellen Gemüsebaus umfangreiches Datenmaterial vor (FINK et al. 2001). Eine Anpassung der Werte an ein niedrigeres Ertragsniveau kann in erster Näherung durch eine lineare Umrechnung erfolgen. Allerdings dürfen dabei etwaige durch Krankheits- oder Schädlingsbefall, insbesondere am Ende der Kulturzeit verursachte Mindererträge an marktfähiger Ware nicht berücksichtigt werden, da auch diese nicht vermarktungsfähigen Pflanzen entsprechende N-Mengen aufnehmen bzw. aufgenommen haben.

Inwieweit sich der N-Gehalt ökologisch erzeugter Ware von dem konventioneller Ware unterscheidet und damit einer Übertragung der für den konventionellen Anbau vorliegenden Bedarfszahlen entgegensteht, kann auf Grund einer unzureichenden Datenbasis nicht beantwortet werden. Bei den wenigen vorliegenden Untersuchungen zeigten sich geringere, im

Falle von Beständen mit geringem Aufwuchs aber auch höhere Gehalte als beim konventionellem Anbau (Tabelle 1). Allerdings dürfte es sich auch allgemein zumeist nicht um "optimal" ernährte Bestände gehandelt haben. Betrachtet man von daher nur die in zwei Düngungssteigerungsversuchen mit Blumenkohl ermittelten N-Gehalte, so deutet sich ein optimaler N-Gehalt des Aufwuchses von knapp 30 kg N/100 dt an (Abbildung 1), der damit nur geringfügig unter dem Vergleichswert (FINK et al. 2001) von 31,4 kg N/100 dt liegt.

Neben dem N-Gehalt der verschiedenen Aufwuchs-Komponenten (Marktware, Ernterückstände) könnte sich auch das Verhältnis dieser zueinander zwischen Öko- und konventionellem Anbau unterscheiden, so dass bei geringerem Anteil an Ernterückständen weniger N zum Erreichen eines bestimmten Marktertrages notwendig wäre.

In Versuchen von WEIER und SCHARPF (1994) mit Kohlrabi zeigten sich allerdings unter N-limitierenden Bedingungen allenfalls nur unbedeutend höhere Harvest-Indizes (Knollenanteil an der Gesamt-Aufwuchsmenge) als bei einem optimalen N-Angebot (Abbildung 2).

Bei einer Praxiserhebung von PAFFRATH (1998) ergab sich bei Öko-Blumenkohl ein deutlich höherer N-Harvest-Index (Verhältnis von N in der Marktware zu N_{Aufwuchs}) als bei konventionellem Anbau (Tabelle 1).

Tabelle 1: N-Gehalte im Aufwuchs verschiedener Gemüsearten bei ökologischem Anbau

Kultur	Aufwuchs [dt/ha]	N-Gehalt [kg N/100 dt]	N-Harvest-Index [%]	n	Datenquelle	Vergleichswert ¹	
						[kg N/100 dt]	NHI ² [%]
Blumenkohl	711 ³	25	67	1	PAFFRATH 1998	31	39
	-	-	38	7	PRESTELE 1999/23		
	630	28	-	9	PRESTELE 2000		
	360 ³	42	39	1	WEIER 2001/1		
Brokkoli	-	-	-	-		37	26
Weißkohl	816	25	43	1	WEIER 2000/229	24	48
	678 ³	29	47	1	WEIER 2001/1		
Rotkohl	1057	27	48	1	WEIER 2000/229	26	47
	635 ³	35	42	2	WEIER 2001/1		
Wirsing	410 ³	47	31	2	WEIER 2001/1	38	47
Grünkohl	379	39	51	1	WEIER 2000/229	46	58
Knollenfenchel	564 ⁴	22	-	7	PRESTELE 1999/64	24	47
	328 ³	23	43	1	WEIER 2001/1		
Spinat	-	-	-	-		36	75

1: konventioneller Gemüsebau, nach Daten von FINK et al. 2001/2001a

2: N-Harvest-Index;

3: Praxiserhebung;

4: ungedüngte Bestände

die Forschungsressourcen besser genutzt werden und aus den mit viel Aufwand angelegten Versuchen durch eine umfassende Datenerhebung (zukünftig vermehrt auch Qualitätsparameter) möglichst viele Erkenntnisse und Daten gewonnen werden. Diese könnten dann zur weiteren 'Verfeinerung' von Düngungs- und Kalkulationshilfen (wie dem hier vorgestellten Ansatz) einfließen.

8 Zusammenfassung

Ausgehend von Literaturdaten wurde für den ökologischen Gemüsebau ein Kalkulationschema zur Berechnung des N-Angebots zusammengestellt, das die für dieses Anbausystem so wesentlichen N-Quellen Gründüngung sowie Wirtschafts- und organische Handelsdünger detaillierter als bisher verfügbare Kalkulationsmodelle einbezieht. Neben dem N_{\min} -Vorrat und einer angenommenen N-Nachlieferung aus dem Bodenumus von 5 kg N/ha pro Woche gehen die in der Tabelle genannten Ansätze in die Angebotsprognose ein.

	Gründüngungen	Rindermist	Rindergülle	Dünger*
N-Freisetzung [% von N_{ges}]	70 (bei $C/N \leq 10$), abfallend auf 0 (bei $C/N \geq 20$)	40	70	60
innerhalb	8 Wochen	20 Wochen	12 Wochen	8 Wochen

*: Rizinus, Haarmehl-Pellets, Maltaflor, Lupinenschrot, Ackerbohnschrot (nur 45 %)

Für alle Umsetzungsprozesse wurden vereinfachend gleichmäßige Mineralisationsraten angenommen. Unter kühlen Bodenbedingungen (März und April bzw. September und Oktober) geht das Modell von einer Halbierung der Umsatzraten aus.

Zur Evaluierung dieses Kalkulationsschemas wurden in den Jahren 1998 bis 2001 Versuche mit Spinat sowie Weißkohl, Blumenkohl und Brokkoli (2x) angelegt. Dabei wurde das N-Angebot durch unterschiedliche Gründüngungen und differenzierte Mengen an Wirtschafts- (bis 300 kg N_{ges} /ha) bzw. organischen Handelsdüngern (bis 200 kg N_{ges} /ha) verändert.

Die Spinaterträge variierten um bis zu 240 %, die Kohlerträge um bis zu 450 %. Bei den Kohlversuchen zeigten sich zumeist sehr enge Beziehungen zwischen dem kalkulierten N-Angebot und dem realisierten Ertrag. Auch beim Spinat zeichnete sich eine gute Beschrei-

bung der relativen Ertragswirksamkeit der verschiedenen Düngemittel ab. Die bei diesen Versuchen aber insbesondere variierten Gründüngungs-Vorkulturen konnten teilweise nur sehr unbefriedigend in ihrer Wirkung beschrieben werden. Bei einer in Brokkoli durchgeführten Bestandesanalyse zeigte sich, dass die absolute Höhe des kalkulierten N-Angebotes relativ gut der Summe aus N_{Aufwuchs} und N_{\min} -Rest entsprach. Die N-Nachlieferung aus dem Humus lag aber deutlich über, die N-Freisetzung aus den Düngemitteln deutlich unter dem Kalkulationsansatz. Dagegen wurde beim Spinatversuch 2001 die Höhe der N-Nachlieferung (Humus) und die N-Freisetzung aus Gülle und Haarmehl-Pellets relativ exakt prognostiziert. Die N-Freisetzung aus den verschiedenen Gründüngungen wurde deutlich überschätzt.

Literatur

- AG BODEN 1996: Bodenkundliche Kartieranleitung. Hrsg. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Geologischen Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland, Schweizerbart, Stuttgart (4. Auflage)
- ALPERS, G. 2001: Blumenkohlversuche 2000 (Kurzfassung). In: Öko-Gemüse 1/01, Rundschreiben für den ökologischen Gemüsebau, LWK Schleswig-Holstein, Kiel
- ALT, D. und F. WIEMANN 1990: Stickstoff im Erntegut und in den Ernterückständen von Gemüse. Gemüse **26** (7), S. 352-356
- BÄUMER, K. 1992: Allgemeiner Pflanzenbau. Ulmer, Stuttgart (3. Auflage)
- BECKER, H. 1993: Pflanzenzüchtung. Ulmer, Stuttgart
- BECKER, I. 1984: Vergleichende Untersuchungen zum Stickstoffhaushalt in Ackerbohnen und Hafer als Beitrag zur Ermittlung der N_2 -Fixierung durch *Vicia faba*. Diplomarbeit, Institut für Agrikulturchemie, Univ. Göttingen
- BECKER, K. und A. BÖHRNSEN 1994: Wirkung mechanischer Pflegemaßnahmen auf die Unkrautabundanz und die N-Mineralisation im Boden. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XIV, S. 315-324
- BIOLAND-VERBAND 2001: Bioland-Richtlinien 23./24. April 2001. Bioland e.V. Verband für organisch-biologischen Landbau, Mainz (www.bioland.de)
- BLOOM, P., D. SCHOLZ und H. STÜTZEL 2001: Stickstofffreisetzung aus organischen Düngern für den Spargelanbau. In: BDGL-Schriftenreihe **19**, 38. Gartenbauwissenschaftliche Tagung, S. 46