

Pflanzen

Stickstoffwirkung von Gründüngungen auf Bio-Weisskohl

Martin Koller¹, Anja Vieweger¹, René Total², Regula Bauermeister², Daniel Suter³ und Paul Mäder¹

¹ Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Ackerstrasse, CH- 5070 Frick

² Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-8820 Wädenswil

³ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 Zürich

Auskünfte: Martin Koller, E-Mail: martin.koller@fibl.org, Tel. +41 62 865 72 34

Zusammenfassung:

Im Biogemüsebau können Gründüngungen (GD) eine wichtige Rolle zur Versorgung mit Stickstoff übernehmen. In zwei Versuchen wurde der Einfluss der Pflege und Einarbeitung von GD auf die Stickstoffwirkung in der Folgekultur Kohl untersucht. Standardmässig wurden die GD vor der Einarbeitung gemulcht und dann eingearbeitet. Im ersten Versuch hatte die Art der Pflege einer GD (Klee gras, Standzeit September–Mai), die während des Wachstums zweimal gemulcht deren Aufwuchs gemäht und abgeführt wurde, keinen Einfluss auf den Ertrag des Kohls. Hingegen war der Ertrag ohne jeden Pflegeschnitt um 24 % tiefer. Im zweiten Versuch (Standzeit August–Mai) wurde mit abfrierender Phacelia und mit einer überwinternden Grasmischung als GD im Herbst mindestens 45 kg N/ha vor Auswaschung bewahrt. Nach Phacelia wurde ein um 13 % höherer Kohlertrag als nach ungedüngten Bracheparzellen gemessen. Zur Erntezeit des Kohls im Herbst wurden 15 % des Stickstoffes aus dem Phacelia-Bestand wieder gefunden. Demgegenüber wurden nach Grasmischungen Mindererträge bis 10 % festgestellt. Mulchen und anschliessendes Einarbeiten der Grünmasse innerhalb von ein bis zwei Tagen führte gegenüber aufwändigeren Verfahren entweder zu einer besseren oder gleich guten Stickstoffwirkung.

Im Bio-Gemüsebau wird im Vergleich zum Bio-Ackerbau mit hohem Einsatz von externen Betriebsmitteln produziert. Die Stickstoffzufuhr wird zu rund 70 % (entsprechend 74 kg N/ha) mit organischen Handelsdüngern gedeckt (Peter und Berner 1997). Dies ist eine Folge der Betriebsstruktur moderner, spezialisierter, zumeist viehloser Betriebe. Die BSE-Krise von 2000/2001 hat die Problematik der Anwendung von externen Hilfsstoffen aufgezeigt. Sehr kurzfristig standen die wichtigsten organischen Handelsdünger nicht mehr zur Verfügung (Alföldi *et al.* 2001). Der vermehrte Anbau von Gründüngungen (GD) mit Leguminosen ist für die viehlosen Betriebe die einzige Möglichkeit, einen höheren Selbstversorgungsgrad mit Stickstoff zu erreichen.

Stickstoffwirkung auf Folgekultur entscheidend

Neben dem Erosionsschutz ist für den erfolgreichen Einsatz

von kurzfristig angebauten Gründüngungen, die schnelle Mobilisierung des Stickstoffs für die folgende Kulturpflanze entscheidend. Dabei ist es für die Praxis wichtig, über Faustzahlen zu verfügen, um die Stickstoffwirkung abschätzen zu können. Für eingearbeitete Grünmasse (Erntesterete) wird während der Wachstumsperiode oft mit einer Mineralisierung von 80 % des N_{tot} innerhalb von neun Wochen gerechnet (Scharpf und Schrage 1988). Versuche von Laber (2007) zeigten auf, dass diese einfache Faustregel für Gründüngungen nicht in jedem Fall übernommen werden kann. Als wichtigste Einflussgrösse bei Gründüngungen, die kürzer als ein Jahr stehen, wird das C/N-Verhältnis der Grünmasse angenommen. Lignin als eine schwer abbaubare Verbindung wird in relativ jungem Aufwuchs kaum gefunden (Haas 2004). In einem einfachen Modell schlägt Laber (2007) vor, für eingearbeitete Grünmasse je nach C/N-Ver-

hältnis unterschiedliche Mineralisierungsgrade zu verwenden: Bei einem C/N-Verhältnis um zehn wird 50 % Mineralisierung von N_{tot} angenommen, bei einem Wert von 15 25 % und bei einem C/N-Verhältnis weiter als 20 wird der direkt folgenden Kultur kein Stickstoff angerechnet. Im Gemüseanbau sind dem Anbau von Kreuzblütlern als GD aus fruchtfolge-technischen Gründen Grenzen gesetzt. Ziel der Studie war, die Stickstoffwirkung von alternativen GD, wie Phacelia und Grasmischungen durch Pflege und Einarbeitung zu optimieren.

Feldversuch Frick 2001/2002

Boden: lehmiger Tonboden (pH 7,3; Humus 3,2 %; Ton 41 %, 120 mg/kg P_2O_5 , 400 mg/kg K_2O (AA-EDTA))

Verfahren:

Gründüngung: GD mähen und wegführen; GD mulchen und liegenlassen (jeweils am 17.10.02 und 24.4.03); kein Schnitt/Mulchen

Zusatzdüngung: keine (Verfahren N-) beziehungsweise 75 kg N/ha (Verfahren N+, Biorga-N aus Hornmehl und Malz)

Einarbeitung: «Sofort»: Mulchen, sofortige Bodenbereitung (Spatenmaschine/Zinkenrotor); «Verzögert»: zusätzlicher Einsatz eines Zinkenrotors nach dem Mulchen, Bodenbereitung erst sieben Tage nach Mulchen.

Wiederholungen: 3

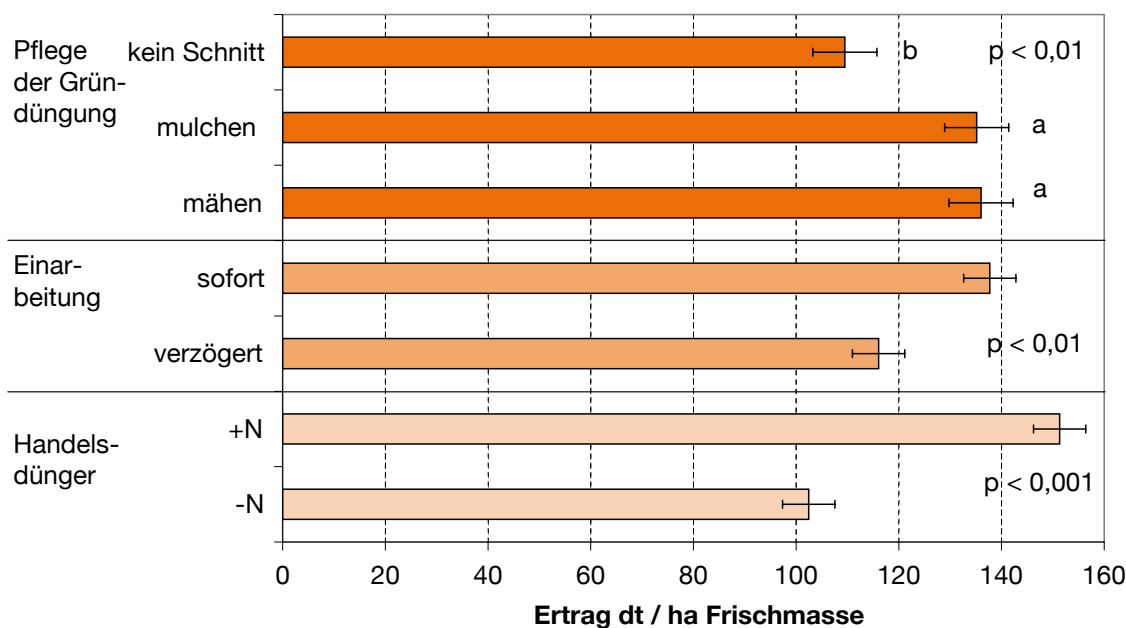


Abb. 1. Ernteertrag von Weisskohl am 22.10.2002 im Versuch Frick. Mittelwerte der einzelnen Versuchsfaktoren und Standardfehler (+/-). Die in der Abbildung angegebenen Signifikanzniveaus beziehen sich auf die Varianzanalyse. Mittelwerte innerhalb des Faktors ‚Pflege‘ ohne gemeinsame Buchstaben unterscheiden sich signifikant (Tukey HSD $\alpha = 0,05$).

Bessere Stickstoffwirkung nach Bearbeitung

Auf einem Biobetrieb in Frick (Umstellung 1996) wurde ein Vorversuch zur Wirkung von Gründüngungen durchgeführt. Nach Winterweizen wurde eine Klee-gras-Mischung gesät (Mitte September), die entweder zweimal geschnitten, gemulcht oder unbearbeitet belassen wurde (siehe Kasten). Der Aufwuchs setzte sich im Spätherbst 2001 aus 29 % Raigras, 20 % Ausfallweizen und 34 % Klee zusammen. Der letzte Aufwuchs wurde bei allen Verfahren vor dem Einarbeiten gemulcht und auf dem Feld belassen (31.5.02). Am 4. Juni wurde die Fläche mit Weisskohl bepflanzt (6,7 Pflanze/m², Sorte Rivera). Der Weisskohl wuchs nicht optimal (u.a. Ausfälle wegen Trockenheit), deshalb wurde am 30. Oktober nur ein unterdurchschnittlicher Ertrag geerntet. Zweimaliges Mulchen beziehungsweise Mähen der GD steigerte gegenüber dem Verfahren ohne Schnitt den Kohlertrag um 24 % (Abb. 1). Das Einarbeitungsverfahren ‚verzögert‘ erzielte 19 % Mehrertrag als die sofortige Einarbeitung. Mit der zusätzlichen organischen Handelsdüngerga-

be erhöhte sich der Ertrag gegenüber den Parzellen ohne Zusatzdüngung um 48 %.

Gegenüber gleichbehandelten Bracheparzellen (gedüngt/unge-düngt), die ausserhalb des Versuches lagen, erhöhten die Gründüngungen den Ertrag um 10 % (mit Handelsdünger) respektive 50 % (ohne Handelsdünger). Aus dem Versuch folgern wir, dass eine zügige Einarbeitung der Gründüngung ausreicht, wenn vorher der Bestand gemulcht wird. Die beste N-Mineralisierung konnte auch Scharpf und Schrage (1988) bei einer gleichmässigen Einarbeitung der Grünmasse in den Pflughorizont (hier 0–20 cm Tiefe) nachweisen. Ob der Gründüngungsbestand während des Wachstums gemulcht oder die Grünmasse abgeführt wurde, hatte auf den Ertrag keinen Einfluss, wenn der letzte Aufwuchs gemulcht und eingearbeitet wurde. Hingegen verminderte die alte Grünmasse aus dem Verfahren ‚Kein Schnitt‘ die Stickstoffmineralisation deutlich. Im Verfahren mit zusätzlichem Handelsdünger wurde sogar Handelsdünger-Stickstoff für die Umsetzung der Grünmasse benötigt.

Abfrierende und überwinternde Mischungen

In einem zweifaktoriellen Feldversuch, mit vier Wiederholungen in Holziken (Kanton Aargau, Bio-Betrieb seit 1997) wurden fünf verschiedene Brachebeziehungsweise Gründüngungsverfahren, quer zur Bearbeitungsrichtung und drei Einarbeitungsverfahren in Bearbeitungsrichtung angelegt (19.8.03, Tab. 1 und 2; Abb. 2). Alle Bearbeitungs- und Pflegegänge wurden ausschliesslich mit praxisüblichen Maschinen durchgeführt.

Für die Gründüngungsmischungen wurden handelsübliche Mischungen verwendet. Sie konnten im heissen Sommer nur mit einer Bewässerungsgabe erfolgreich etabliert werden. Der Kleeanteil blieb in allen

Feldversuch Holziken 2003-2004

Boden: sandiger Lehm (pH 6,1; Humus 3,1 %, Ton 15 %, 96 mg/kg P₂O₅, 342 mg/kg K₂O AA-EDTA), Vorkulturen: Spinat, Zwiebeln

Tab. 1. Verfahren im Versuch Holziken: Gründüngungen und Brachen (quer zur Bearbeitungsrichtung)

Verfahren/ Mischungstyp	Gründüngungsmischung, beziehungswise Handelsdünger	Aussaat- Stärke kg/ha	Bearbeitungen 2003 und 2004; (Bemerkungen)
1) Ungedüngt	Brache	–	2003: 2-mal; 2004: 3-mal Egge
2) Organischer Handelsdünger	Brache; 2 x 75 kg N/ha (2004)	–	wie Verfahren 1 (Dünger eingestriegelt)
3) Phacelia*	50 % Alexandriner-, 30 % Perserklee, 20 % Phacelia	20	2004: 2-mal Egge (Klee keimte nicht)
4) Grasmischung überwinternd*	40 % Inkarnatklee, 40 % Engl. + 20 % Westerw. Raigras	30	Keine (Klee keimte nicht)
5) Grasmischung gemulcht*	wie Verfahren 4	30	17.10.03 und 23.4.04: Mulchen (Klee keimte nicht)

*Weil der Klee sich in den Verfahren 3–5 kaum entwickelte, wird er in den entsprechenden Verfahrenbezeichnungen nicht genannt.

GD unter 5 %, weshalb dieser im Folgenden nicht mehr erwähnt wird. Mögliche Ursachen sind Konkurrenzvorteile der Mischungspartner durch hohe N_{\min} -Gehalte nach der heissen Witterung und die relativ späte Saat. Nach starken Kahlfrösten im Winter 2003 und 2004 ist das Verfahren 3 mit Phacelia vollständig abgefroren. Auch das Westerwoldische Raigras der Grasmischungen (Verfahren 4 und 5) ist abgefroren und hinterliess Lücken im Bestand. Der Aufwuchs des Raigrases im Frühjahr 2004 blieb schwach (Oktober 2003: 0,21 kg TS/m², April 2004: 0,13 kg TS/m² im Verfahren ohne Mulchbearbeitung).

Die Einarbeitung der GD erfolgte bei allen drei Verfahren am gleichen Tag (Tab. 2). In den Einarbeitungsverfahren a) und b) konnte die mechanische Unkrautbekämpfung mit Hackgerät und Striegel optimal durchgeführt werden, so dass nicht von Hand gejätet werden musste. In den gefrästen Streifen mit spärlichem Bewuchs der GD und in den Brachenparzellen breitete sich das Unkraut, vor allem Vogelmiere (*Stellaria media*), stark aus. Diese versamte und machte Handjät-durchgänge mit insgesamt 125 AKh/ha nötig. Die Maschin-hacke und die spätere Einarbeitung des Grünstreifens konnte mit bestehenden Maschinen

Tab. 2. Verfahren im Versuch Holziken: Einarbeitung und Bodenvorbereitung (in Bearbeitungsrichtung)

Verfahren	Einarbeitung der Gründüngung	Geräte (Datum)	Bemerkungen
a) Pflug - frisch eingearbeitet	Direkt mit Pflug	Pflug (19.5.04), Kreiselegge	Pflug 22 cm tief
b) Pflug - dürr eingearbeitet	sechs Tage vor dem pflügen gemulcht	wie a)	wie Verfahren a)
c) Streifen fräsen	gemulcht	Reihenhackfräse (19.5.04 und 30.6.04)	je 2 Durchfahrten, 28 cm breit*

*Zusätzliche Bearbeitung mit einer Gänsefusshacke des Pflanzstreifens (vor dem Pflanzen) und des Grünstreifens sieben Tage nach dem Pflanzen

ohne Probleme durchgeführt werden. Als Folgekultur wurde Weisskohl gepflanzt (Sorte Guard, 11.6.04, 6,7 Pfl./m²).

Stickstoffnutzen der Gründüngung

Bei der Ernte wurden die Kohlköpfe in drei Grössenklassen eingeteilt: 0–0,4 kg, 0,4–1 kg und grösser als 1 kg (nach www.qualiservice.ch). Die Handelsdüngerverfahren wiesen sowohl den höchsten Ertrag auf (Abb. 3), als auch den grössten Anteil von übergrossen Köpfen. Ebenfalls einen signifikant höheren Ertrag als die ungedüngten Parzellen hatten die Verfahren mit der vorgängigen Phacelia-GD. Diese konnte den Stickstoff vom Herbst über den Winter gut konservieren, und der organisch gebundene Stickstoff mineralisierte später dank dem engen C/N-Verhältnis zu einem hohen Prozentsatz.

Die Kohlerträge nach der GD der gemulchten Grasmischung waren signifikant tiefer als jene der ungedüngten Kontrolle. Ohne Mulchen (Gras überwintert) wies das Verfahren den gleichen Ertrag wie die Kontrolle auf. Dafür bieten sich zwei Erklärungen an.

Der Grasbestand im Frühjahr war dünn und stark lignifiziert. So wurde in den gemulchten Verfahren nur ein Aufwuchs von 0,43 kg Frischmasse/m² bei einem C/N-Verhältnis von 24 gemessen. Die N_{tot} -Menge im Aufwuchs betrug lediglich 22 kg N/ha (Abb. 4). Damit wurde im Boden wahrscheinlich eine Stickstoff-Blockade verursacht.

Die laufende, oberflächliche Bearbeitung der Bracheparzellen kann die Mineralisierung der organischen Bodenfraktion angeregt haben, dadurch kann die Mineralisierungsrate der Brache höher als im unbearbeiteten Boden liegen.



Abb. 2. Versuchsübersicht Oktober 2003, nach dem ersten Mulchdurchgang im Verfahren 5 (Grasmischung). (Foto: M. Koller, FiBL)

Die Stickstoff-Mineralisierung in der ungedüngten Parzelle (+75 kg N_{\min} in 0–30 cm) war im April mit 127 kg N_{\min} /ha relativ hoch (Abb. 4). Während des Sommers betrug die Stickstoff-Mineralisierung des Bodens 4,9 kg N/ha und Woche. Der verabreichte Handelsdünger war zur Ernte nur zu 39 % als N_{\min} im Boden und N_{tot} im Aufwuchs auffindbar. Im Vergleich zu eigenen Erfahrungswerten aus Feld- und Laborversuchen mit 60–70 % Wirkung (nicht publiziert) und Laber (2003), der mit rund 55 % Wirkung rechnet, muss dieser Wert als tief eingestuft werden. Vom Stickstoff des Phacelia- und des Grasaufwuchses im Herbst konnte im Kohl für Phacelia 15 % und bei Gras 11 % gefunden werden (Differenzrechnung gegenüber ungedüngten Parzellen). Beim gemulchten Grasbestand wurde im Vergleich zur ungedüngten Parzelle weniger Stickstoff in der Pflanze und als N_{\min} gefunden. Die Phacelia und das Gras haben im Herbst Stickstoff-Auswaschung in tiefe Bodenschichten verhindert. Im Herbst konnte unter den Gründüngungen bedeutend weniger Stickstoff in 30–60 cm Bodentiefe gefunden werden als unter Brache (18 respektive 35 kg N gegenüber 77 kg

N/ha in der Brache). Im Frühjahr lag der Wert in der gleichen Tiefe bei allen Parzellen zwischen 18 und 32 kg N/ha.

Wie bereits erwähnt, konnte sich der Klee in keiner der GD nennenswert etablieren, was wahrscheinlich mit dem relativ späten Saattermin und der schwachen Konkurrenzskraft bei den hohen N_{\min} -Gehalten im Boden zusammenhängt (Abb. 4). Beim reinen Grasbestand, konnte das überwinternde Englische Raigras wegen seiner Wuchsform die

Lücken des abgefroren Westwoldischen Raigrases im Frühjahr nicht schliessen. Daraus entstand ein lückenhafter Bestand mit wenig Grünmasse. Die Mischung ohne Westwoldisches Raigras wies dagegen im Vorversuch einen lückenlosen Bewuchs auf. Überdies weisen Gräser, in einem vergleichbaren Entwicklungsstadium, ein deutlich weiteres C/N-Verhältnis auf als Leguminosen und mineralisieren nach heutigem Kenntnisstand deutlich langsamer (Haas 2004). Daher stand dem Kohl nach der

Abb. 3. Ernteertrag von Weisskohl im Versuch Holziken nach drei Gründüngungen, Brache ungedüngt und Brache mit Handelsdünger in Abhängigkeit verschiedener Einarbeitungsverfahren. Varianzanalyse: Düngung: $p < 0,001$, Einarbeitung: nicht signifikant; die Fehlerbalken stellen die Standardfehler dar. Düngungsverfahren ohne gemeinsame Buchstaben unterscheiden sich nach Tukey (HSD $\alpha = 0,05$ signifikant ($n = 12$)).

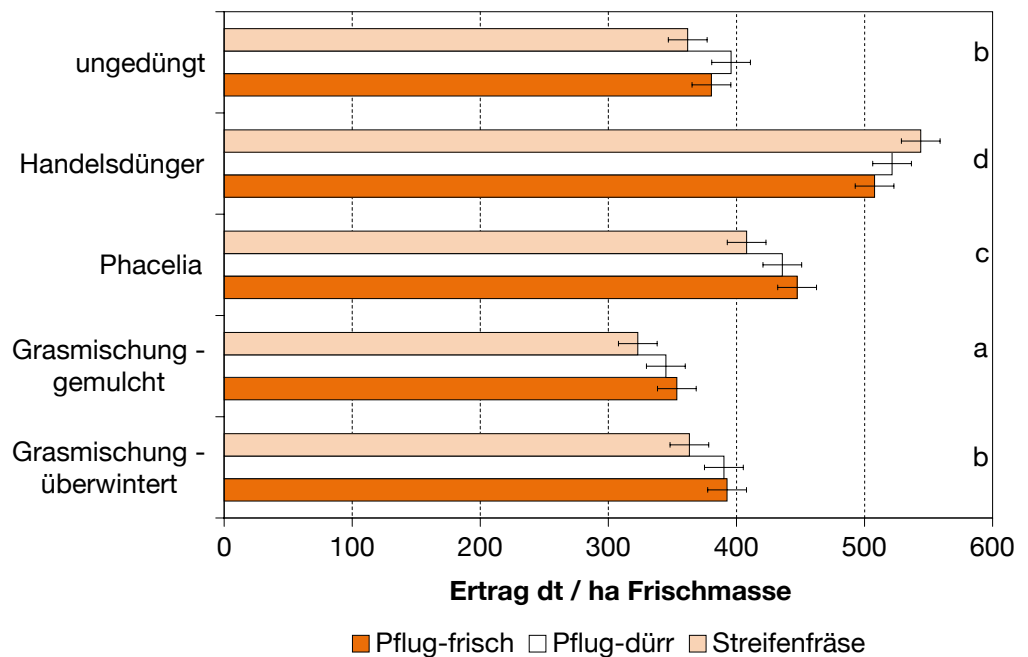
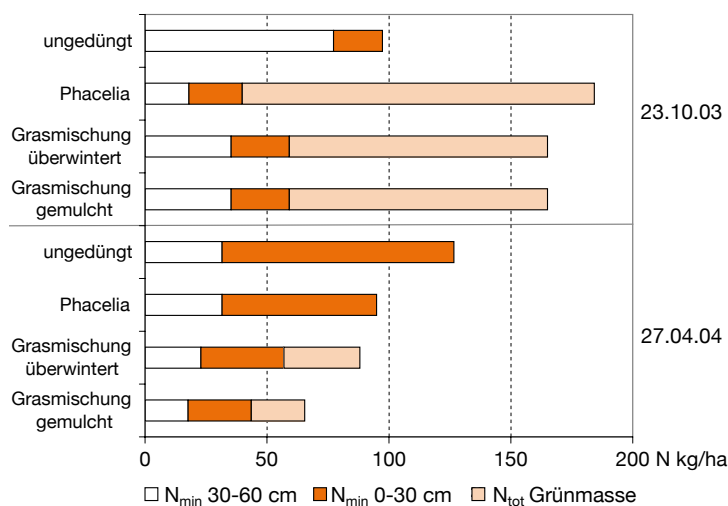


Abb. 4. N_{\min} -Gehalte des Bodens im Oktober und April unter Gründüngungen und Brache (0–30 cm, 30–60 cm), sowie N_{tot} -Gehalte im Aufwuchs der Gründüngung.



Phacelia mehr Stickstoff zur Verfügung als nach dem Gras. Mit einer GD im Herbst konnten rund 45 kg N/ha vor dem Auswaschen aus dem Wurzelhorizont bewahrt werden.

Einarbeitung der Gründüngung

Die drei verschiedenen Einarbeitungsverfahren (Tab. 2) der Gründüngung haben sich im Kohlertrag nicht signifikant unterschieden. Bei dem aus-

schließlich mit der Streifenfräse bearbeiteten Verfahren konnten durch die schrittweise Einarbeitung keine Ertragsvorteile beobachtet werden, was Ergebnisse von Bath (2001) entspricht. Nachteilig erwies sich bei dem Streifenfräs-Verfahren vor allem die stärkere Verunkrautung. Auch die Flächenleistung der Bearbeitung war beim Streifenfräs-Verfahren gegenüber der Pflug- und Egge-Abfolge geringer.

Fazit beider Versuche

Die Stickstoffwirkung der GD kann durch die Mischungswahl (Arten, die lange ein enges C/N-Verhältnis bewahren, zum Beispiel Leguminosen oder Phacelia) und mehrmaliges Bearbeiten der GD (zum Beispiel bei Leguminosen-Grasgemengen) erhöht werden. Ob die Grünmasse auf dem Feld belassen oder abgeführt wird hat – vorausgesetzt der letzte Aufwuchs wird eingearbeitet – keinen Einfluss auf die mineralisierte Stickstoffmenge für die Folgekultur. Ganzflächiges Mulchen und anschliessendes Einarbeiten führte zur besten Stickstoffeffizienz. Für den Gemüsebau und den viehlosen Ackerbau muss darauf geachtet werden, kräftige Bestände mit einem hohen Anteil an Leguminosen zu erhalten, damit genügend Stickstoff erzeugt und der Folgekultur verfügbar gemacht wird.

Diese Arbeit ist Teil eines Projekts, das durch den Innovationsfonds des BLW finanziert wurde.

Abb. 5. Phaceliabestand in Holziken im Herbst. Der Alexandriner- und Perserklee keimten kaum, die Phacelia entwickelte sich hingegen sehr gut. (Foto: M. Koller, FiBL)



Literatur

- Alföldi Th., Lichtenhahn M. & Koller M., 2001. Düngemittel: Wie weiter nach dem Bundesratentscheid? *Bio aktuell* **1**, 4–7.
- Bath B., 2001. Nitrogen mineralization and uptake in leek after incorporation of red clover strips at different times during the growing period. *Biological Agriculture and Horticulture* **18**, 243–258.
- Laber H., 2003. N-Freisetzung aus organischen Handelsdüngern – Übersicht und eigene Versuchsergebnisse im ökologischen Gemüsebau. In *Ressortforschung für den ökologischen Landbau 2002*. Hrsg. G. Rahmann & H. Nieberg. Landbauforschung Völkenrode Sonderheft Nr. 259, 17–20.
- Laber H., 2007. N-Freisetzung aus Klee gras. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Nr. 19, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Haas G., 2004. Stickstoffversorgung von Weisskohl, Silo- und Körnermais durch Winterzwischenfrucht-Leguminosen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 80 S.
- Peter M. & Berner A., 1997. Der Nährstoffhaushalt auf ausgewählten Schweizer Biogemüsebaubetrieben. 4. Wissenschaftstagung Bonn. 3./4. 3. 1997, Hrsg. U. Köpke & J. - A. Eisele. 578–583.
- Scharpf H. C. & Schrage R., 1988. Größenordnung und Einflussfaktoren der Freisetzung von Stickstoff aus Ernterückständen im Gemüsebau. VDLUFA-Schriftenreihe 28. Kongressband 1988 Teil II. 56–65.

RÉSUMÉ

Effet de l'azote d'engrais verts en culture biologique de choux

Dans le maraîchage biologique, les engrais verts jouent un rôle prépondérant dans l'approvisionnement en azote des cultures. Lors de deux expérimentations en champs nous avons testé l'influence des engrais verts et de leur incorporation au sol sur l'efficacité de l'azote dans la culture de choux qui suivait. Comme le veut la procédure standard, les engrais verts ont été mulchés juste avant l'incorporation au sol. Dans le premier test, le type de soin apporté aux engrais verts (mélange de trèfles graminées, septembre à mai), qui ont été soit mulchés deux fois durant la croissance, soit fauchés avec évacuation du matériel vert, n'a pas eu d'influence sur le rendement des choux. Cependant, celui-ci était inférieur de 24 % plus bas dans les parcelles non fauchées. Dans une seconde expérience incluant soit une couverture de Phacelia non résistante au gel soit un mélange de graminées (d'août à mai), on a pu empêcher le lessivage de 45 kg/ha d'azote. Après la couverture de Phacelia, le rendement des choux a augmenté de 13 % comparé à celui des parcelles laissées en friche. À la récolte, 15 % de l'azote contenu dans les Phacelia a été retrouvé dans les plants de choux. Par contre, le rendement était réduit d'environ 10 % après la couverture de Lolium. Le mulching et une incorporation de la masse verte durant les deux premiers jours conduit à une efficacité de l'azote similaire ou meilleure comparée à d'autres procédés bien plus intensifs.

SUMMARY

Nitrogen effects of green manuring on organic cabbage crops

In organic vegetable growing, nitrogen fixing green manure (GrM) plays a key role in nitrogen supply for the crops. We investigated in two field experiments the influence of cutting and soil incorporation of GrM on nitrogen delivery for the proceeding crop cabbage. As a standard procedure, the GrM was mulched just before soil incorporation. In the first experiment the cutting regimes during growth of a grass-clover GrM (cultivated from Sept. to May; twice mulched or mown with removing of the biomass from the field), had no effect on cabbage yield. However cabbage yield was 24 % lower than the mulched or mown plots, when no cutting was performed during GrM growth.

In a second experiment using a not frost resistant Phacelia-GrM or an over-wintering grass-ley (growing period Aug. to May), 45 kg/ha soil mineral nitrogen was prevented from leaching. Phacelia augmented cabbage yield by 13 % as compared to the yield from unfertilized, bare field plots. In contrast, cabbage yields were reduced by up to 10 % after grass-GrM. At crop harvest, 15 % of the nitrogen contained in the Phacelia biomass was recovered in the cabbage plants. Mulching and subsequent soil incorporation of the GrM within one to two days lead to similar or even better nitrogen efficiency as compared to more labour intensive practices.

Key words: green manure, organic farming, nitrogen mineralisation, incorporation