

Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Stickstoffdynamik über Winter

Einleitung

Neben dem Anbau von Futterleguminosen in Hauptfruchtstellung, der u.a. durch die Versuche zu „Cut & Carry“ im Leitbetriebsprojekt für vieharme Betriebe wieder attraktiver gemacht werden konnte, sind Zwischenfrüchte im Ökologischen Landbau eine weitere wichtige Möglichkeit zur Steigerung der betriebsinternen Stickstofffixierungsleistung und zur Verbesserung der Humureproduktion. Die Vermeidung von Nährstoffverlusten über Winter ist dabei ein zentraler Aspekt des Zwischenfruchtanbaus sowohl unter dem Gesichtspunkt des Gewässerschutzes, als auch im Hinblick auf die Limitierung von Nährstoffimporten im ökologisch wirtschaftenden Betrieb. Während die Bedeutung von Zwischenfrüchten als Stickstoffsенke zur Reduzierung von Nitratverlagerung über Winter mittlerweile in Praxis, Beratung und Wissenschaft gleichermaßen akzeptiert ist, sind im Hinblick auf die Wirksamkeit als Stickstoffquelle für die Folgefrucht viele Fragen ungelöst (Sieling 2019). So werden in der Praxis trotz üppiger Zwischenfruchtbestände vor Winter oftmals nur geringe Mineralisierungsleistungen im Frühjahr beobachtet. In warmen und feuchten Wintern, wie sie im Rheinland vorherrschen, kann es nach Absterben und Blattverlusten von Zwischenfrüchten mit engem CN-Verhältnis zu sekundären Auswaschungsverlusten kommen (Bergkvist et al. 2011) und Arten mit einem weiten CN-Verhältnis können nach der Einarbeitung sogar kurzfristig Stickstoff festlegen. Beides würde im Frühjahr zu geringen oder sogar negativen Auswirkungen auf die Mineralisierungsleistung führen (Kolbe et al. 2007). Inwieweit hohe N-Verluste aus der Sprossmasse nach Frosteinwirkung bzw. ein weites C/N-Verhältnisse nach Winter für diese in der Praxis beobachtete niedrige Stickstoffnachlieferung von Zwischenfrüchten im Frühjahr verantwortlich sein könnten, wird seit 2017 unter verschiedenen Standortbedingungen auf den Öko-Leitbetrieben in NRW untersucht. Interessant sind dabei aus Sicht von Beratung und Praxis v.a. folgende Fragen:

1. Wie hoch sind die N-Verluste aus der Sprossmasse der Zwischenfrüchte über Winter?
2. Wie verändert sich das CN-Verhältnis der Zwischenfrüchte über Winter?
3. Welchen Beitrag kann der „Restspross“ nach Winter zur Stickstoffversorgung der Nachfrucht leisten?
4. Wie beeinflusst eine Bearbeitung der Zwischenfrucht die N-Dynamik?

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Material & Methoden

In einfaktoriellen Feldversuchen wurden folgende abfrierende und überwinternde Zwischenfrüchte in vierfacher Wiederholung als Blockanlage gesät und im Vergleich zur Kontrolle (unkrautfreie Brache) getestet: Phacelia (cv. Beehappy 12 kg/ha), Ölrettich (cv. Silentina 25 kg/ha), Winterrübsen (cv. Jupiter 15 kg/ha), Sandhafer (cv. Pratex 80 kg/ha), Grünroggen (cv. Bonfire 120 kg/ha), Blaue Lupine (cv. D260, 120 kg/ha), Inkarnatklée (cv. Linkarus 30 kg/ha).

Die Aussaat auf dem Praxisbetrieb im Kreis Viersen (60 m ü. NN, 9,6 °C, 750 mm, IS-sL, 50-70 BP) erfolgte nach Frühkartoffeln und Saatbettbereitung mit der Kreiselegge am 06.08.2018.

Auf dem Praxisbetrieb im Kreis Borken (50 m ü. NN, 10,2 °C, 760 mm, S-sL, 20-45 BP) wurde der Zwischenfruchtversuch nach Brokkoli am 07.08.2018 gesät.

Nach der Vorfrucht Ackerbohnen wurden die Zwischenfrüchte auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef/Sieg (65 m ü. NN, 10,3 °C, 840 mm, sL-uL, 60 BP) nach Pflugfurche und Saatbettbereitung mit der Kreiselegge am 12.08.2018 gesät.

Ab Versuchsbeginn wurde monatlich der mineralisch gelöste Stickstoff in der Ackerkrume (0-30 cm) sowie vor (November) und nach Winter (Februar) jeweils einmal bis auf 90 cm analysiert. Die Stickstoff- und Kohlenstoffaufnahme in den Spross wurde vor Beginn der Frostperiode und kurz vor Umbruch der Zwischenfrüchte im darauffolgenden Frühjahr anhand von Zeiternten (jeweils 2 x 0,25 m²) ermittelt. Die Analyse erfolgte bei den abfrierenden Zwischenfrüchten getrennt nach Blatt und Stängel sowie nach Winter zusätzlich an Gesamtsprossproben, die zum ersten Termin mit einer Messerwalze (Schnittlänge 10 cm) bearbeitet wurden. Die winterharten Varianten wurden aufgrund des fehlenden Längenwachstums nicht in Spross und Blatt getrennt und auch nicht vor Winter bearbeitet.

Ergebnisse

Potential von Zwischenfrüchten zum Grundwasserschutz bestätigt

Das Potenzial von Zwischenfrüchten hohe Mengen Stickstoff vor Winter aufzunehmen und so die Nitratauswaschung zu verringern, ist mittlerweile weitgehend anerkannt und konnte auch unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus im Rheinland bestätigt werden. Alle nicht-legumen Zwischenfrüchte nahmen den mineralisch gelösten Stickstoff vor Winter fast vollständig auf und bewahrten ihn damit vor der Verlagerung in tiefere Bodenschichten (Abb. 1).

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

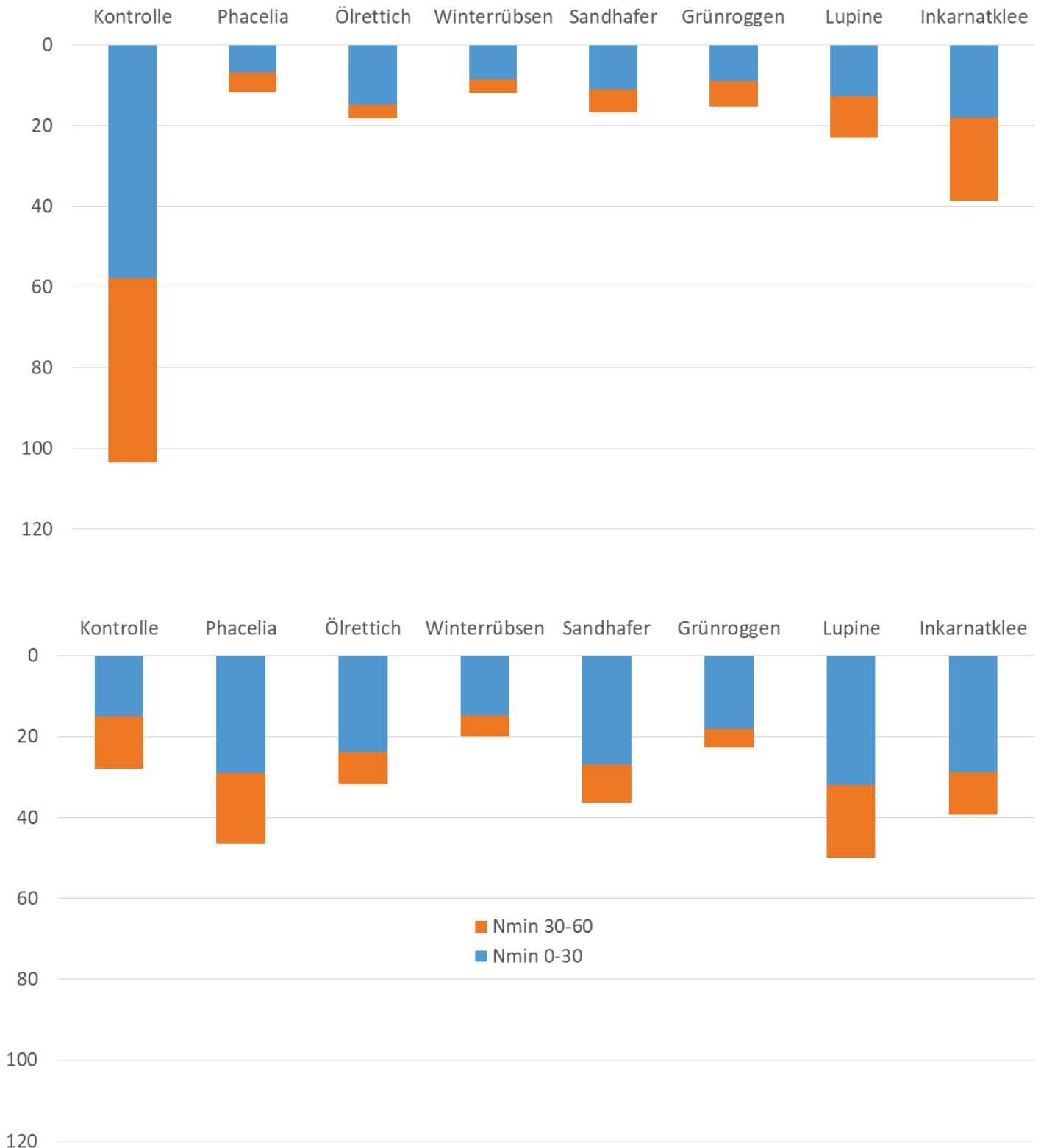


Abb. 1: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Menge an mineralisch gelösten Stickstoff (kg N/ha) in der Bodenlösung auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef (oben 9. November 2018 und unten 21. Februar 2019).

Die eigenen Ergebnisse, die hier für das Winterhalbjahr 2018/19 nur beispielhaft am Standort Wiesengut dargestellt wurden, bestätigt die zahlreichen Untersuchungen

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

(u.a. Thorup-Kristensen 1994 und Grüner et al. 2007) zur Bedeutung von Zwischenfrüchten zur Reduzierung der Nitratverlagerung über Winter. In der unkrautfrei gehaltenen Kontrolle und auf einem niedrigeren Niveau auch unter Inkarnatklee und Lupinen wurden z.T. deutlich höhere Restnitratmengen vor Winter gemessen als in den nichtlegumigen Zwischenfrüchten, was höhere Auswaschungsverluste v.a. auf leichteren Standorten und bei hohen Niederschlägen zur Folge haben könnte.

Stickstoffaufnahme in den Zwischenfruchtspross

Die Wirkung der nicht-legumigen Zwischenfrüchte auf den Nitratgehalt v.a. in der oberen Bodenschicht lässt sich recht eindeutig durch die hohe Stickstoffaufnahme in die Sprossbiomasse erklären (Abb. 2). Die höchste N-Aufnahme in den Spross wurde auf den beiden Praxisstandorten in den Varianten Ölrettich und Grünroggen gemessen. Mit bis zu 160 kg N/ha lag sie in diesen Varianten deutlich höher als bspw. in Phacelia am Standort Borken oder in den Winterrübsen an beiden Standorten. Aber auch von diesen Kulturen wurden mit mindestens 100 kgN/ha noch immer große Mengen Stickstoff vor Winter aufgenommen. Dabei wurden bei den abfrierenden Zwischenfrüchten etwas mehr als die Hälfte des aufgenommenen Stickstoffs in den Stängeln wiedergefunden. Die hier nicht dargestellte N-Aufnahme in die Wurzelmasse war mit maximal 20 kg N/ha relativ gering.

Nach Winter wurde in allen nicht bearbeiteten Zwischenfruchtbeständen z.T. deutlich weniger Stickstoff in den Sprossresten wiedergefunden (Abb. 2) als bei der Zeiternte im November. Der geringste Rückgang wurde auf beiden Standorten bei den nicht abfrierenden Winterrübsen gemessen, etwas unerwartet waren dagegen die Verluste im ebenfalls winterharten Grünroggen am höchsten. Bei den abfrierenden Arten waren die N-Verluste aus der Blattmasse tendenziell höher als aus dem Stängel, besonders ausgeprägt zeigte sich dieser Effekt beim Ölrettich auf beiden Standorten und beim Sandhafer im Kreis Viersen. Die höheren Verluste aus der Blattmasse lassen sich vermutlich mit den engeren CN-Verhältnisse als im Stängel erklären (vgl. Tab. 1). Ein Zusammenhang, auf den bereits Bergkvist et al. (2011) hingewiesen haben und der bei warmer und feuchter Winterwitterung sekundäre Auswaschungsverluste nach sich ziehen kann.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

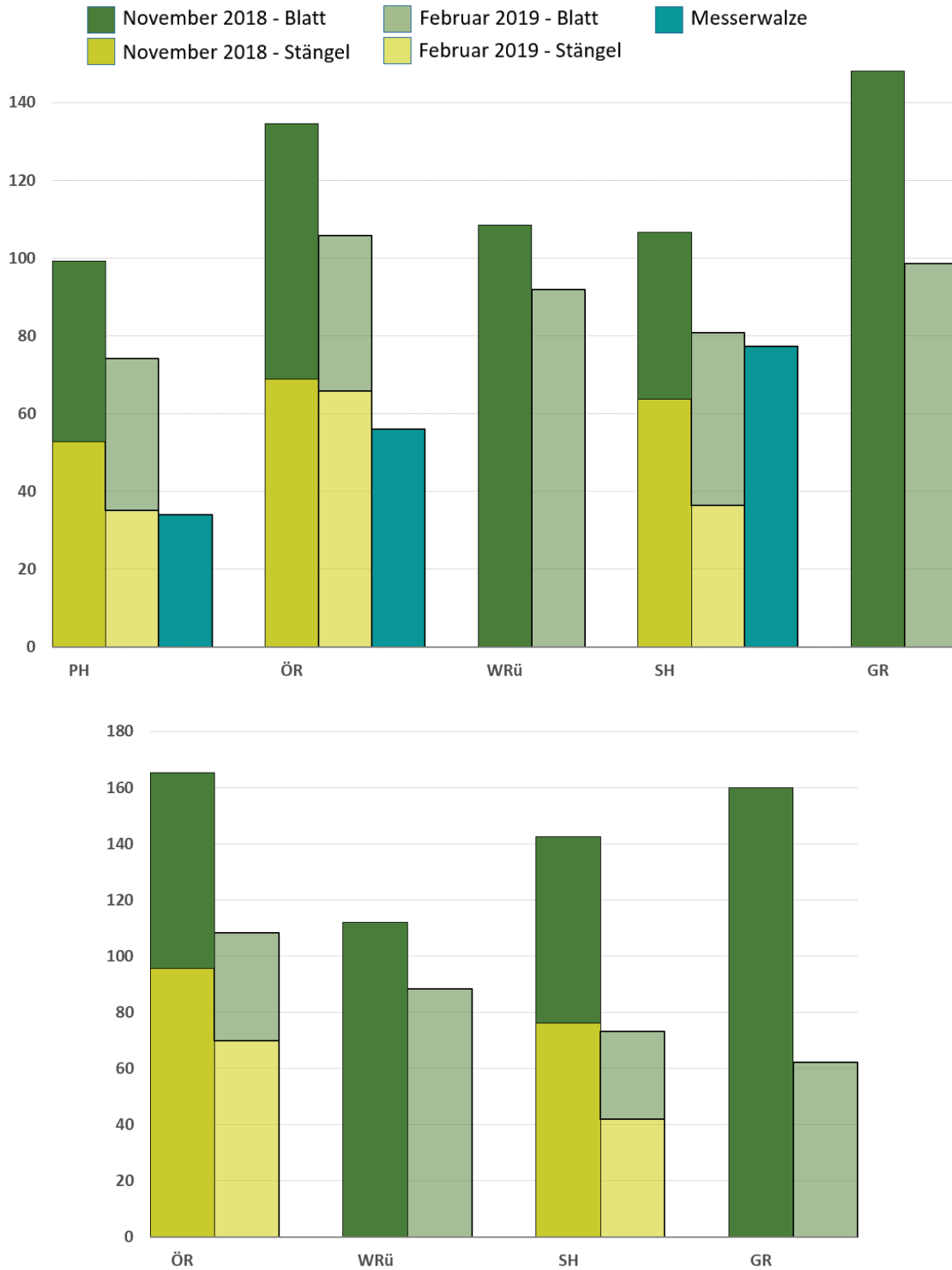


Abb. 2: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Stickstoffaufnahme in den Spross auf zwei Praxisbetrieben (oben im Kreis Borken und unten im Kreis Viersen) vor und nach Winter 2018/19. Die Analyse erfolgte bei den abfrierenden Zwischenfrüchten getrennt nach Blatt und Stängel sowie nach Winter zusätzlich an Gesamtsprossproben, die im November mit einer Messerwalze (Schnittlänge ca. 10 cm) bearbeitet wurden. PH - Phacelia, ÖR - Ölrettich, WRü - Winterrübsen, SH - Sandhafer, GR - Grünroggen

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN**Bearbeitung vor Winter führt zu höheren N-Verlusten**

Wurden die Zwischenfrüchte vor Winter mit einer Messerwalze bearbeitet, erhöhten sich die Stickstoffverluste aus dem Spross z.T. deutlich (Abb. 2, Standort Borken). Bei Phacelia wurde nur noch ein Drittel der in den Spross aufgenommenen Stickstoffmenge in den Sprossresten wiedergefunden, wenn im November eine Bearbeitung stattgefunden hatte und bei Ölrettich waren es etwas weniger als 50 %, bei Sandhafer hingegen wurde etwa die gleiche Menge N im Restspross gemessen wie in der unbearbeiteten Variante.

Tab. 1: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf das CN-Verhältnis vor und nach Winter 2018/19 auf drei Standorten in NRW. Die Analyse erfolgte bei den abfrierenden Zwischenfrüchten getrennt nach Blatt und Stängel sowie nach Winter zusätzlich an Gesamtsprossproben, die im November mit einer Messerwalze (Schnittlänge ca. 10 cm) bearbeitet wurden. Die winterharten Varianten wurden aufgrund des fehlenden Längenwachstums nicht getrennt beprobt und nicht bearbeitet.

			PH	ÖR	WRü	SH	GR	Lup	IK
Hennef	15.11.2018	Blatt	15,7	14,0	19,0	15,5	19,9	10,6	14,0
		Stängel	38,8	38,3		36,9		22,1	
	21.02.2019	Blatt	12,2	11,2	13,3	25,3	19,6	10,6	13,1
		Stängel	36,5	37,6		47,0		30,3	
		Messerwalze	40,1	24,0		34,0		42,3	
Borken	16.11.2018	Blatt	12,4	11,8	15,5	20,1	15,3		
		Stängel	38,2	35,1		48,1			
	25.02.2019	Blatt	11,2	10,8	13,2	24,1	14,1		
		Stängel	35,6	34,8		61,1			
		Messerwalze	37,3	31,9		35,6			
Viersen	14.11.2018	Blatt		11,0	15,0	16,7	14,1		
		Stängel		34,8		38,6			
	26.02.2019	Blatt		11,2	10,9	20,8	15,0		
		Stängel		34,8		48,9			

PH - Phacelia, ÖR - Ölrettich, WRü - Winterrübsen, SH - Sandhafer, GR - Grünroggen, Lup - Lupine, IK - Inkarnatklée.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN**C/N-Verhältnis im Stängel sehr weit**

Um die potentielle Stickstoffnachlieferung aus den Zwischenfrüchten für die Folgekultur abschätzen zu können, wurde das C/N-Verhältnis vor und nach Winter getrennt nach Blatt und Stängel analysiert (Tab. 1). Während in der Blattmasse das C/N-Verhältnis zwischen zehn (Lupine vor Winter) und 25 (Sandhafer nach Winter) lag und diese damit potentiell als schnell mineralisierende N-Quelle in Frage käme, wurden in den Stängeln Werte von 22 (Lupine vor Winter) bis knapp über 60 (Sandhafer nach Winter) gemessen. Da die N-Verluste aus der Blattmasse über Winter höher waren als in den Stängeln, wird der Einfluss des weiten C/N-Verhältnisses im Stängelanteil nach Winter noch dominanter. Bei den winterharten Zwischenfrüchten war eine Trennung von Blatt und Stängel nicht möglich, die C/N-Verhältnisse in Grünroggen, Winterrübsen und Inkarnatklee lagen zwischen 10 und 20 und lassen auf eine vglw. rasche Mobilisierung nach dem Umbruch im Frühjahr hoffen. Diese Ergebnisse unterstützen die Beobachtungen der Praxis, wonach die Sprossreste von abfrierenden Zwischenfrüchten nur einen vglw. geringen Beitrag zur Stickstoffnachlieferung im zeitigen Frühjahr für die Nachfrucht leisten bzw. im Extremfall aufgrund der sehr weiten CN-Verhältnisse im Stängel sogar Stickstoff immobilisieren könnten (Cicek 2015).

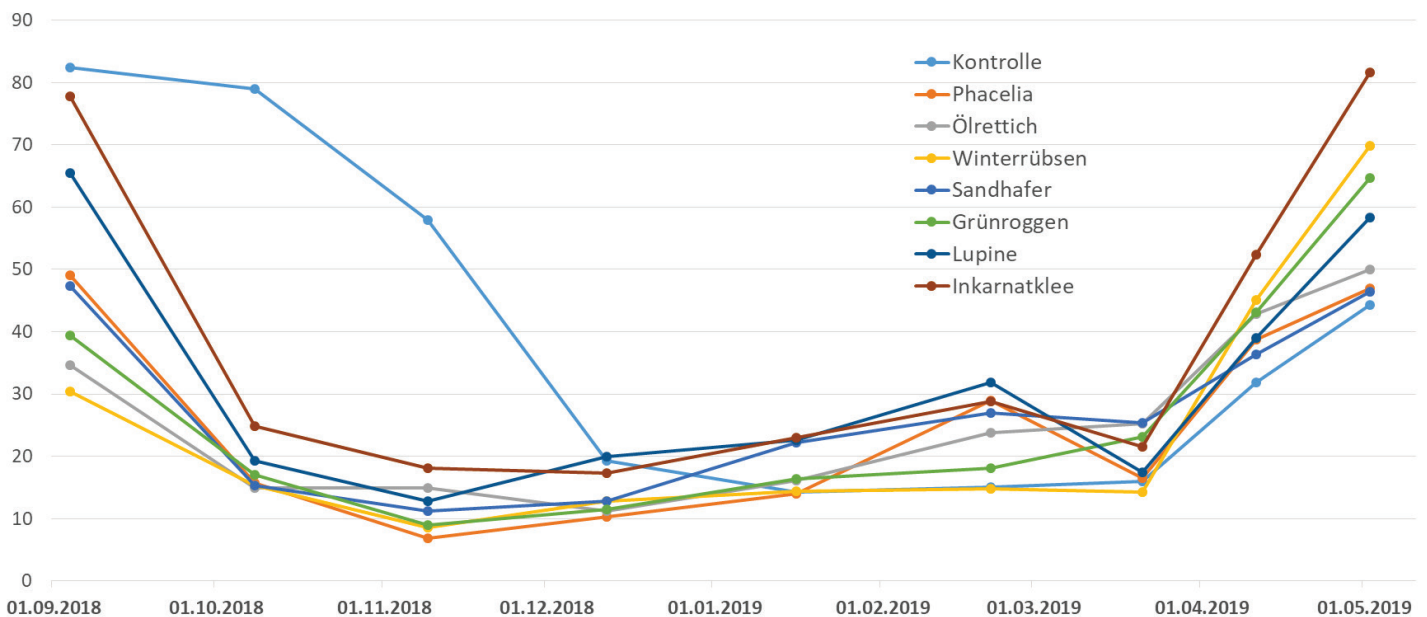


Abb. 3: Mineralisch gelöster Stickstoff in der Bodenlösung (kg N/ha) in 0-30 cm unter verschiedenen Zwischenfrüchten auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef im Zeitraum September 2018 bis April 2019 (monatliche Beprobung).

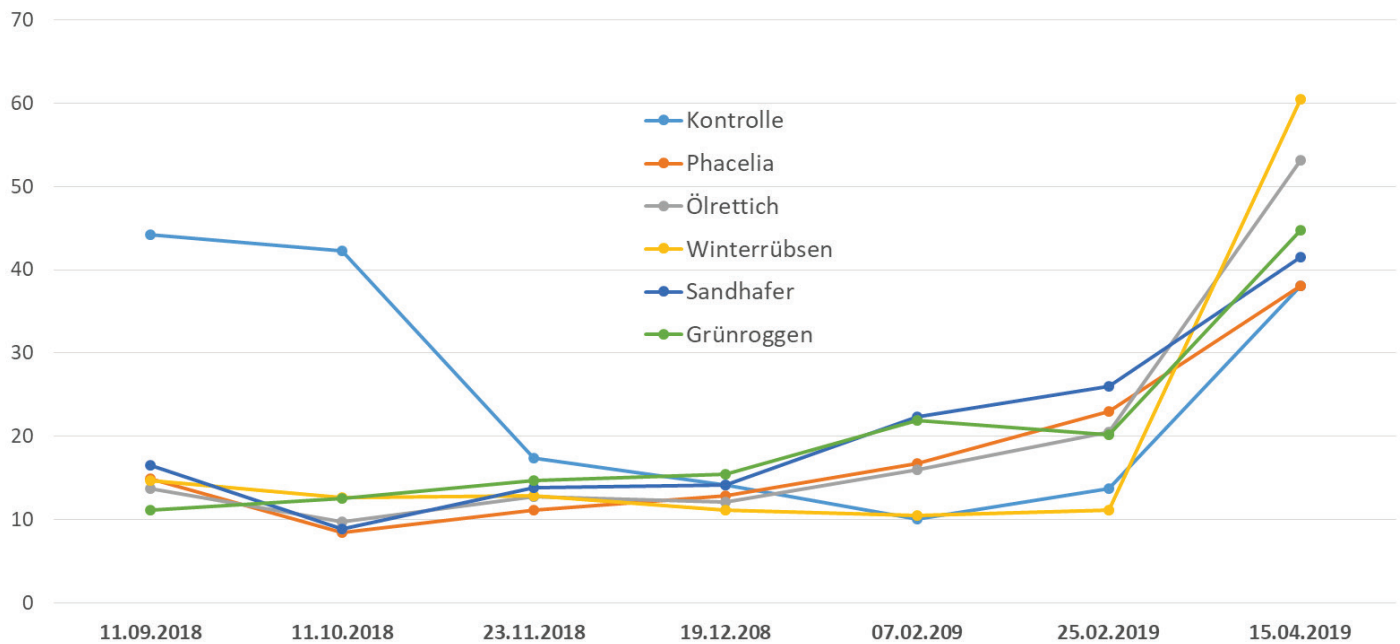
VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Abb. 4: Mineralisch gelöster Stickstoff in der Bodenlösung (kg N/ha) in 0-30 cm unter verschiedenen Zwischenfrüchten auf zwei Praxisbetrieben (oben im Kreis Borken und unten im Kreis Viersen) im Zeitraum September 2018 bis April 2019 (monatliche Beprobung).

Potential zur N-Versorgung der Nachfrüchte begrenzt

Der N_{min}-Gehalt in der oberen Bodenschicht war im September 2018 auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsbetrieb der Universität Bonn nach der Ernte von Ackerbohnen mit bis zu 80 kg N/ha in der Kontrolle noch vglw. hoch (Abb. 3). Auch auf den beiden Praxisstandorten waren in der Kontrolle zu diesem Zeitpunkt noch deutlich höhere Restnitratmengen vorhanden als in den Varianten mit Zwischenfruchtanbau (Abb. 4). Spätestens bis Oktober hatten die Zwischenfrüchte den verfügbaren Stickstoff fast vollständig aufgenommen, eine Nitratauswaschung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle konnte damit vermieden werden. Auf dem Standort Wiesengut konnte man jedoch deutlich erkennen, dass sich die Entleerung der oberen Bodenschicht bei den Leguminosen etwas verzögert zeigte. Soll im Ökologischen Landbau von einer zusätzlichen Stickstofffixierung durch Zwischenfruchtleguminosen profitiert werden, müssen somit geeignete Mischungspartner eine zügige Aufnahme der Restnitratmengen vor Winter sicherstellen.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Über Winter wurden auch bei vglw. milden Temperaturen über den Jahreswechsel keine bedeutenden N-Mengen mineralisiert. Erst nach dem Umbruch der Zwischenfrüchte im März wird auf dem Wiesengut sowie dem Praxisbetrieb im Kreis Borken die einsetzende N-Freisetzung erkennbar, auf dem Praxisbetrieb im Kreis Viersen ist dies, vermutlich aufgrund der schweren Böden, zu diesem Zeitpunkt noch nicht messbar (Ergebnisse nicht dargestellt). Auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut wurde eine tendenziell höhere Mineralisierung nach den winterharten Zwischenfrüchten in der Reihenfolge Inkarnatklee, Winterrübsen und Grünroggen Anfang Mai beobachtet, was auf die engeren CN-Verhältnisse in den blattdominierten Sprossresten dieser Arten zurückzuführen sein könnte. In Borken konnte dieser Effekt einer schnelleren Mineralisierung nach winterharten Arten nur z.T. bestätigt werden. In Abwesenheit von Inkarnatklee wurden zwar auch hier bei Winterrübsen mit 60 kg N/ha der höchste Nmin-Wert Mitte April gemessen, jedoch lag der Mittelwert in der Variante Ölrettich mit 53 kg N/ha noch oberhalb dessen von Grünroggen (45 kg N/ha). Die weiten C/N-Verhältnisse im Stängel von Sandhafer und Phacelia könnten für die langsamere Frühjahrsmineralisierung auf beiden Standorten ebenso verantwortlich sein, wie die Auswaschungsverluste für die niedrigen Nmin-Werte in der Kontrolle. Die Ergebnisse des dritten Versuchsjahres zeigen deutlich das begrenzte Potential insbesondere von abfrierenden Zwischenfrüchten den vor Winter aufgenommenen Stickstoff im Frühjahr zeitgerecht der Folgekultur zur Verfügung zu stellen.

Zusammenfassung & Ausblick

Die eigenen Versuche bestätigen, dass alle getesteten nichtlegumen Zwischenfrüchte hohe Mengen Stickstoff vor Winter aufnehmen und damit vor der Verlagerung mit dem Sickerwasser bewahren können. An Standorten mit hohen N-Einträgen bspw. aus der Tierhaltung, auf leichten Böden oder bei zu erwartenden großen Sickerwassermengen kann auf den Anbau von Zwischenfrüchten nicht verzichtet werden. Die Stickstoffkonservierung über Winter bei möglichst gleichzeitigen bedarfsgerechter Mineralisierung für die Folgefrucht im Frühjahr bleibt jedoch eine große Herausforderung und hängt neben der Winterhärte, dem CN-Verhältnis v.a. auch von den nur schwer voraussehbaren Parametern Temperatur und Niederschlag ab. Hohe Stickstoffverluste aus der Sprossmasse über Winter v.a. bei abfrierenden Zwischenfrüchten sowie weite CN-Verhältnisse in deren Sprossresten deuten auch in den eigenen Versuchen auf ein relativ geringes Stickstoffnachlieferungspotential für die Folgefrüchte hin, wie es auch in der Praxis vielfach beschrieben wird. Eine mechanische Bearbeitung der Zwischenfrüchte steigerte die N-Verluste über Winter noch weiter und kann daher unter den Bedingungen im Rheinland nicht empfohlen werden.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Nachdem sich in den ersten Versuchsjahren zeigte, dass abfrierende Zwischenfrüchte tendenziell mehr Stickstoff vor Winter aufnehmen als winterharte, aus letzteren aufgrund des engeren CN-Verhältnisses die Freisetzung des Spross-N jedoch tendenziell rascher erfolgt, werden derzeit auf mehreren Leitbetrieben in NRW verschiedene Mischungen aus abfrierenden und winterharten Zwischenfrüchten getestet und deren N-Transferwirkung auf die Ertragsbildung der Folgefrüchte untersucht.

Literatur

Bergkvist G, Stenberg M, Wetterlind J, Båth B, Elfstrand S (2011): Clover cover crops undersown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley - Effect of N dose and companion grass. *Field Crops Research* 120, 292-298, DOI: 10.1016/j.fcr.2010.11.001

Cicek H, Thiessen Martens JR, Bamford KC, Entz MH (2015): Late-season catch crops reduce nitrate leaching risk after grazed green manures but release N slower than wheat demand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 202, 31-41, DOI: 0.1016/j.agee.2014.12.007

Grüner A, Köppen D & Vágó I (2007) Lysimeterversuch zum Nitrataustrag mit dem Sickerwasser in unterschiedlichen Bodennutzungssystemen, *Pflanzenbauwissenschaften*, 11 (1), 12-19.

Kolbe H, Schließer I & M Schuster (2007) Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte als Vorfrüchte für die Ertrags- und Qualitätsleistung von Mais und Kartoffeln, *Zwischenfrüchte im Ökolandbau*, Schriftenreihe des LfULG, Heft 27/2010.

Sieling, K., 2019: Improved N transfer by growing catch crops - a challenge, *Journal für Kulturpflanzen*, 71 (6). 145-160, DOI: 10.5073/JfK.2019.06.01

Thorup-Kristensen K (1994) The effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops, *Fertilizer Research*, 37(3), 227–234.