

Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Stickstoffdynamik über Winter

Einleitung

Neben dem Anbau von Futterleguminosen in Hauptfruchtstellung sind Zwischenfrüchte im Ökologischen Landbau eine weitere wichtige Möglichkeit zur Steigerung der betriebsinternen Stickstofffixierungsleistung und zur Verbesserung der Humusreproduktion. 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 der Praxis allgemein akzeptiert ist, sind im Hinblick auf die Wirksamkeit als Stickstoffquelle für die Folgefrucht viele Fragen ungelöst. So werden in der Praxis trotz üppiger Zwischenfruchtbestände vor Winter oftmals nur geringe Mineralisierungsleistungen im Frühjahr beobachtet. Inwieweit hohe N-Verluste aus der Sprossmasse nach Frosteinwirkung bzw. ein weites C/N-Verhältnisse nach Winter (Kolbe et al. 2007) für diese in der Praxis beobachtete niedrige Stickstoffnachlieferung von Zwischenfrüchten im Frühjahr verantwortlich sein könnten, wird seit 2016 unter verschiedenen Standortbedingungen auf den Öko-Leitbetrieben in NRW untersucht. Interessant sind dabei aus Sicht von Beratung und Praxis folgende Fragen:

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

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), Grünroggen (cv. Bonfire 120 kg/ha), Sandhafer (cv. Pratex 80 kg/ha), Inkarnatklee (cv. Linkarus 30 kg/ha), Perserklee (cv. Gorbi 35 kg/ha), Winterrübsen (cv. Jupiter 15 kg/ha) und Ölrettich (cv. Silentina 25 kg/ha).

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

Die Aussaat auf dem Praxisbetrieb in Niederkrüchten (60 m ü. NN, 9,6 °C, 750 mm, IS-sL, 50-70 BP) erfolgte nach Frühkartoffeln und Saatbettbereitung mit der Kreiselegge am 28.08.2017.

Nach der Vorfrucht Ackerbohnen wurde 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 23.08.2017 gesät.

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. Dabei wurden auf dem Standort Wiesengut Blätter und Stängel der Zwischenfrüchte separiert. Ab Versuchsbeginn wurde monatlich der mineralisch gelöste Stickstoff in den Bodenschichten 0-30, 30-60 und 60-90 cm analysiert, dargestellt werden im Folgenden drei ausgewählte Termine. Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm SAS varianzanalytisch ausgewertet mit anschließendem Mittelwertvergleich (Tukey-Test).

Ergebnisse

Alle nicht-legumen Zwischenfrüchte nahmen den mineralisch gelösten Stickstoff vor Winter auf beiden Standorten weitestgehend auf und bewahrten ihn damit vor der Verlagerung in tiefere Bodenschichten (Tab. 1). Dies bestätigt die zahlreichen Untersuchungen (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 (in beiden Versuchen) und den beiden Kleearten (v.a. am Standort Niederkrüchten) wurden bei hohen Niederschlagsmengen von November bis Januar erhebliche Mengen Nitrat in tiefere Bodenschichten, z.T. bereits unterhalb die Beprobungstiefe von 90 cm, verlagert.

Die Menge an mineralischem Stickstoff v.a. in der oberen Bodenschicht stieg am 21. März auf dem Wiesengut in den meisten Varianten deutlich an, mit Ausnahme der Kontrolle, des Grünroggens und des Inkarnatklees. Auf dem zweiten Standort ist dies zum gleichen Zeitpunkt nicht zu beobachten. Ein Zusammenhang mit dem Rückgang der Stickstoffmengen im Spross über Winter (vgl. Abb. 1 & 2) ließ sich anhand der hier analysierten Parameter jedoch nicht herstellen.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

Tab. 1: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Menge an mineralisch gelösten Stickstoff (NO₃-N, NH₄-N in kg ha⁻¹) im Boden auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef und auf einem Praxisbetrieb in Niederkrüchten über Winter 2017/18.

Standort/Datum	cm	KO	PH	GR	SH	IK	PK	WR	ÖR	GD
Wiesengut	0-30	25,1	14,4	19,5	17,7	20,0	24,6	12,8	13,7	8,7
	23.11. 30-60	41,4	4,9	4,5	5,8	14,6	15,9	4,4	5,0	<i>n.n.</i>
	60-90	33,6	4,4	3,1	4,0	22,8	26,6	2,9	2,1	17,8
23.1.	0-30	17,5	20,3	20,5	31,0	15,3	40,6	19,1	20,6	14,5
	30-60	11,5	8,7	7,3	10,8	10,1	22,4	6,3	5,5	6,5
	60-90	15,2	5,4	5,0	6,9	4,0	12,0	3,7	4,1	9,0
21.3.	0-30	19,5	37,1	15,4	48,0	18,9	39,5	37,9	42,8	23,1
	30-60	12,7	14,5	4,7	19,4	4,3	26,5	9,7	10,6	7,9
	60-90	11,0	5,6	3,3	13,6	3,8	25,6	3,9	19,8	<i>n.s.</i>
Niederkrüchte										
n	0-30	20,0	11,0	14,2	15,9	13,8	21,6	13,3	10,8	7,2
	21.11. 30-60	110,1	30,8	12,7	15,9	104,4	88,7	15,1	6,5	38,9
	60-90	40,4	22,5	16,4	14,2	44,3	46,2	15,0	6,3	<i>n.n.</i>
25.1.	0-30	9,8	11,6	14,4	24,3	9,9	18,6	10,4	14,9	5,1
	30-60	4,1	5,9	4,3	9,7	5,7	7,2	4,7	6,5	<i>n.s.</i>
	60-90	12,8	5,5	6,9	8,0	8,4	14,5	4,8	5,0	9,2
6.3.	0-30	22,6	11,2	18,1	10,6	25,0	23,9	14,7	14,8	<i>n.s.</i>
	30-60	19,1	2,7	5,8	3,5	5,6	6,2	3,9	3,3	<i>n.s.</i>
	60-90	25,4	3,8	6,4	3,8	6,4	6,1	4,3	4,2	<i>n.s.</i>

PH - Phacelia, GR - Grünroggen, SH - Sandhafer, IK - Inkarnatklée, PK - Perserklee, WR - Winterrübsen, ÖR – Ölrettich, GD - Grenzdifferenz $\alpha = 0,05$, Tukey-Test, *n.n.* - nicht normalverteilt, *n.s.* - nicht signifikant, Fehlstellen in der Tabelle sind durch niedrige und damit nicht schneidbare Bestandeshöhen zu erklären.

Nach Winter wurde in allen Varianten, mit Ausnahme der Winterrübsen auf dem Standort Niederkrüchten, z.T. deutlich weniger Stickstoff in den Sprossresten wiedergefunden (Abb. 1 & 2) als bei der Zeiternte im November. Dabei lag der Rückgang auf dem Standort Wiesengut bei allen Kulturen im Blatt meist deutlich über dem Rückgang im Stängel; besonders hoch waren die Verluste aus der Blattmasse des Sandhafers (Abb. 1). Die geringste Differenz wurde beim abfrierenden Ölrettich festgestellt. Auf dem Standort Niederkrüchten waren die Verluste deutlich moderater. Auffallend ist, dass der relative Rückgang der Stickstoffmengen im Spross in beiden Versuchen weitaus höher ausfiel, als der relative Verlust an Trockenmasse (vgl. Tab. 2). Dies könnte nach Ergebnissen von Schliephake (2003) durch direkte Auswaschung von Nitrat und organischen Verbindungen aus der Pflanze nach Frosteinwirkung erklärbar sein.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

Tab. 2: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Trockenmasse vor und nach Winter 2017/18 auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef und auf einem Praxisbetrieb in Niederkrüchten (auf dem Wiesengut erfolgte die Analyse getrennt nach Blatt und Stängel).

Standort/Parameter	Datum	PH	GR	SH	IK	PK	WR	ÖR	GD	
Wiesengut										
TM (dt ha ⁻¹)	Stängel	23.11.	21,4	3,8	20,3	4,8	7,4	11,1	22,2	5,9
		21.03.	20,7	5,7	17,2			2,4	18,6	7,3
	Blatt	23.11.	8,3	15,0	15,1	8,5	6,5	13,1	10,7	4,5
		21.03.	7,9	10,3	9,1			5,8	10,3	n.s.
Niederkrüchten										
TM (dt ha ⁻¹)		29.11.	30,2	26,6	36,9		14,7	34,9	36,5	4,8
		06.03.	29,4	28,2	32,4		11,2	33,1	36,5	11,6

PH - Phacelia, GR - Grünroggen, SH - Sandhafer, IK - Inkarnatklee, PK - Perserklee, WR - Winterrübsen, ÖR – Ölrettich, GD - Grenzdifferenz $\alpha = 0,05$, Tukey-Test, n.n. - nicht normalverteilt, n.s. - nicht signifikant, Fehlstellen in der Tabelle sind durch niedrige und damit nicht schneidbare Bestandeshöhen zu erklären.

kg N/ha

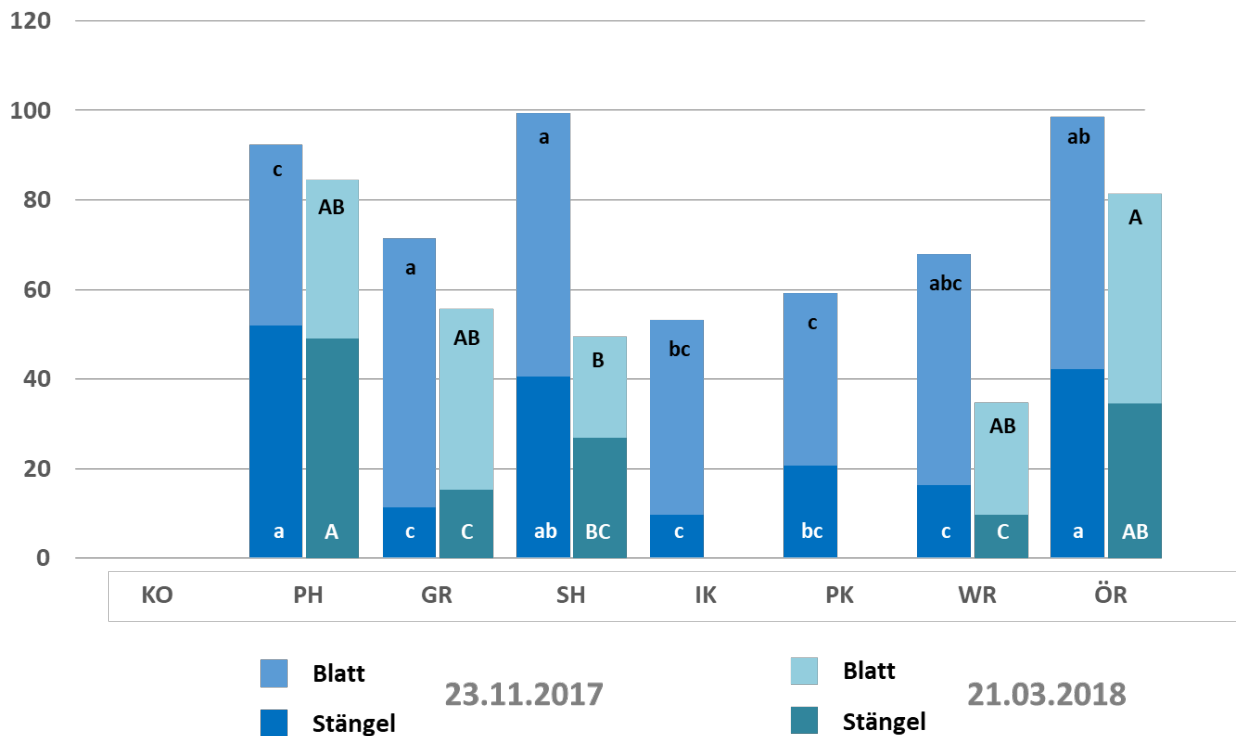


Abb. 1: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Stickstoffaufnahme vor und nach Winter 2017/18 auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef, die Analyse erfolgte getrennt nach Blatt und Stängel.

PH - Phacelia, GR - Grünroggen, SH - Sandhafer, IK - Inkarnatklee, PK - Perserklee, WR - Winterrübsen, ÖR – Ölrettich, GD - Grenzdifferenz $\alpha = 0,05$, Tukey-Test, Fehlstellen sind durch niedrige und damit nicht schneidbare Bestandeshöhen zu erklären.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

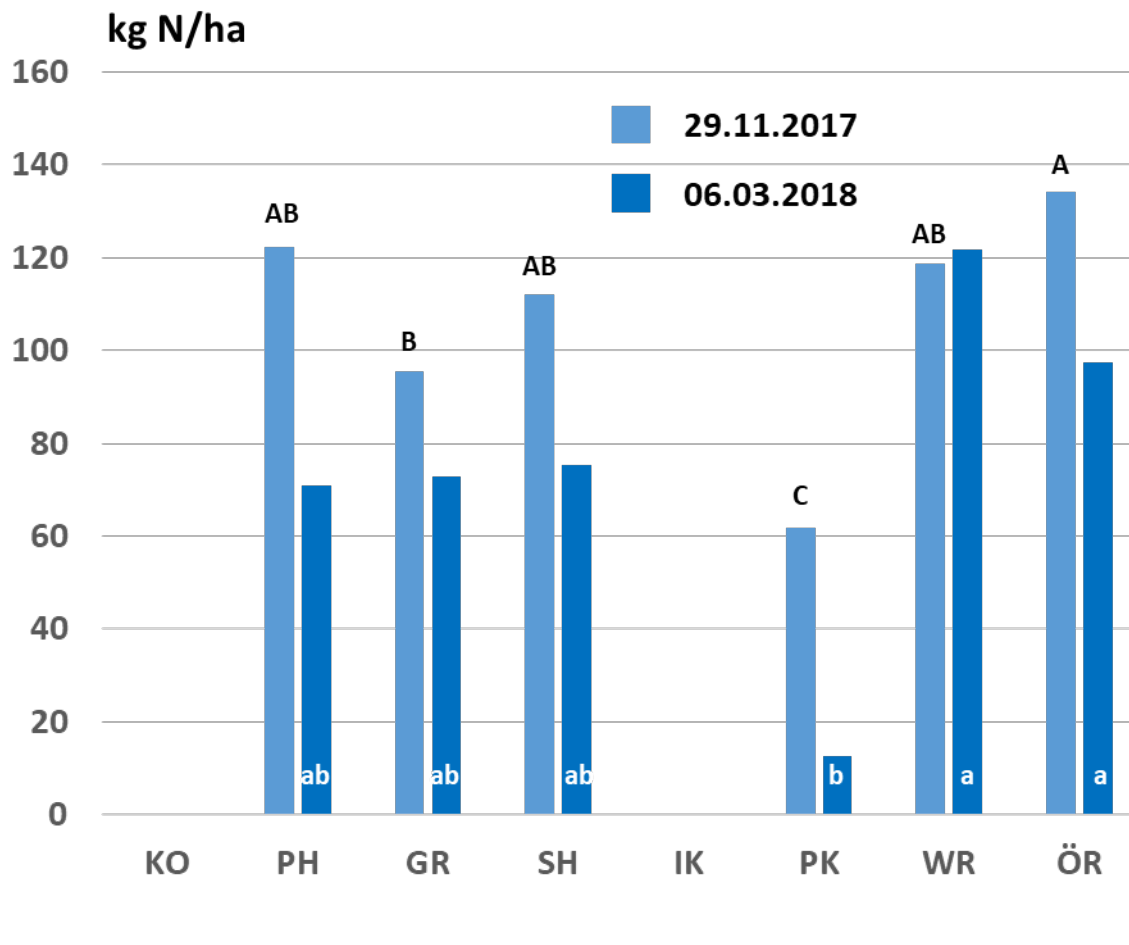


Abb. 2: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Stickstoffaufnahme vor und nach Winter 2017/18 auf einem Praxisbetrieb in Niederkrüchten.

PH - Phacelia, GR - Grünroggen, SH - Sandhafer, IK - Inkarnatklee, PK - Perserklee, WR - Winterrübsen, ÖR – Ölrettich, GD - Grenzdifferenz $\alpha = 0,05$, Tukey-Test, n.n. - nicht normalverteilt, n.s. - nicht signifikant, Fehlstellen sind durch niedrige und damit nicht schneidbare Bestandeshöhen zu erklären.

Um die potentielle Stickstoffnachlieferung aus den Zwischenfrüchten für die Folgekultur abschätzen zu können, wurde das C/N-Verhältnis auf dem Standort Wiesengut getrennt nach Blatt und Stängel analysiert (Abb. 4). Während in der Blattmasse, in der im Mittel vor Winter etwas mehr als die Hälfte des Stickstoff gespeichert wurde, das C/N-Verhältnis bei ca. zehn lag, wurden in den Stängeln nach Winter Werte bis über 30 erreicht.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

Mit Ausnahme der Winterrübsen wurde das C/N- Verhältnis besonders im Stängel über Winter weiter. Diese Entwicklung war auch in etwas geringerem Umfang auf dem Standort Niederkrüchten am gesamten Spross festzustellen (Abb. 3). Diese Ergebnisse unterstützen die Beobachtungen der Praxis, wonach die Sprossreste der meisten untersuchten (v.a. abfrierenden) Zwischenfrüchte nur einen vgl. geringen Beitrag zur Stickstoffnachlieferung im zeitigen Frühjahr für die Nachfrucht leisten können, bzw. im Extremfall sogar Stickstoff immobilisieren.

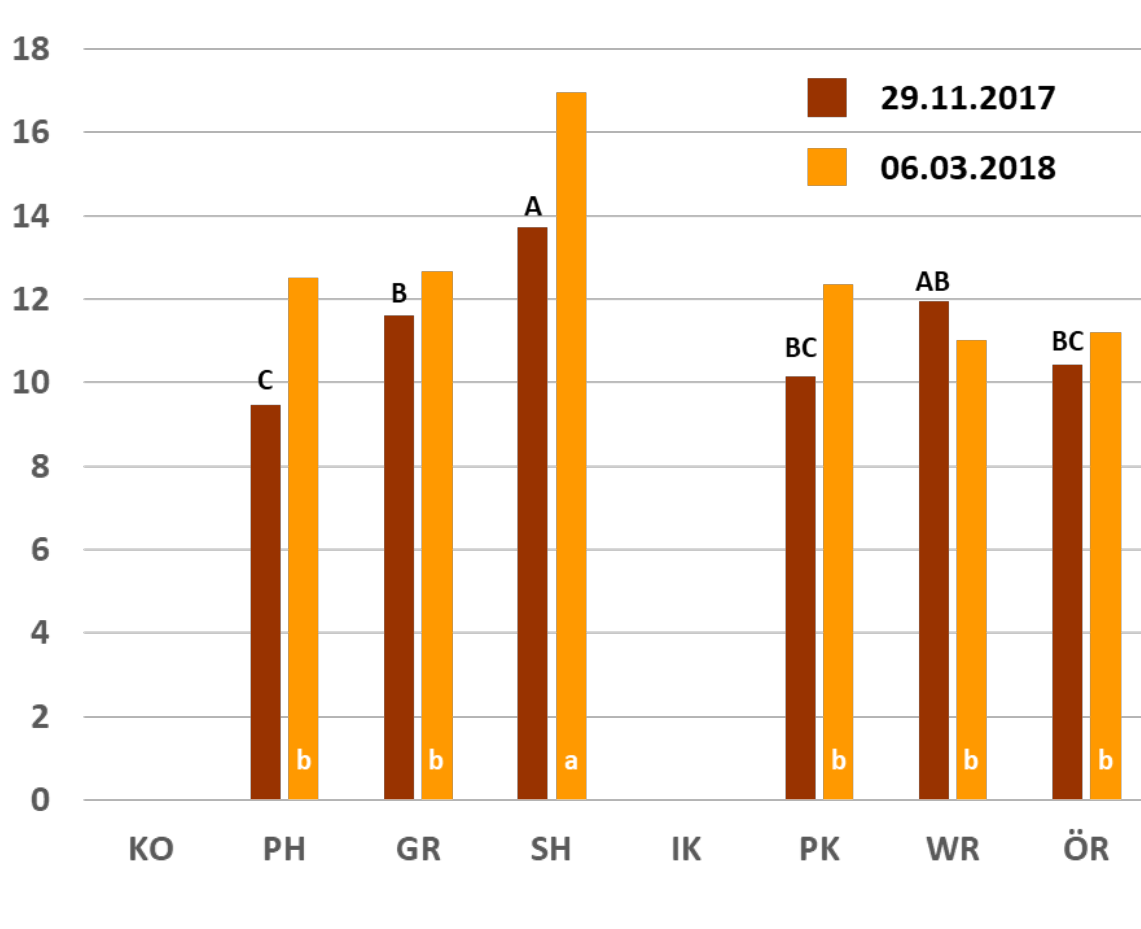


Abb. 3: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf das CN-Verhältnis vor und nach Winter 2017/18 auf einem Praxisbetrieb in Niederkrüchten.

PH - Phacelia, GR - Grünroggen, SH - Sandhafer, IK - Inkarnatkle, PK - Perserklee, WR - Winterrübsen, ÖR – Ölrettich, GD - Grenzdifferenz $\alpha = 0,05$, Tukey-Test, n.n. - nicht normalverteilt, n.s. - nicht signifikant, Fehlstellen sind durch niedrige und damit nicht schneidbare Bestandeshöhen zu erklären.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

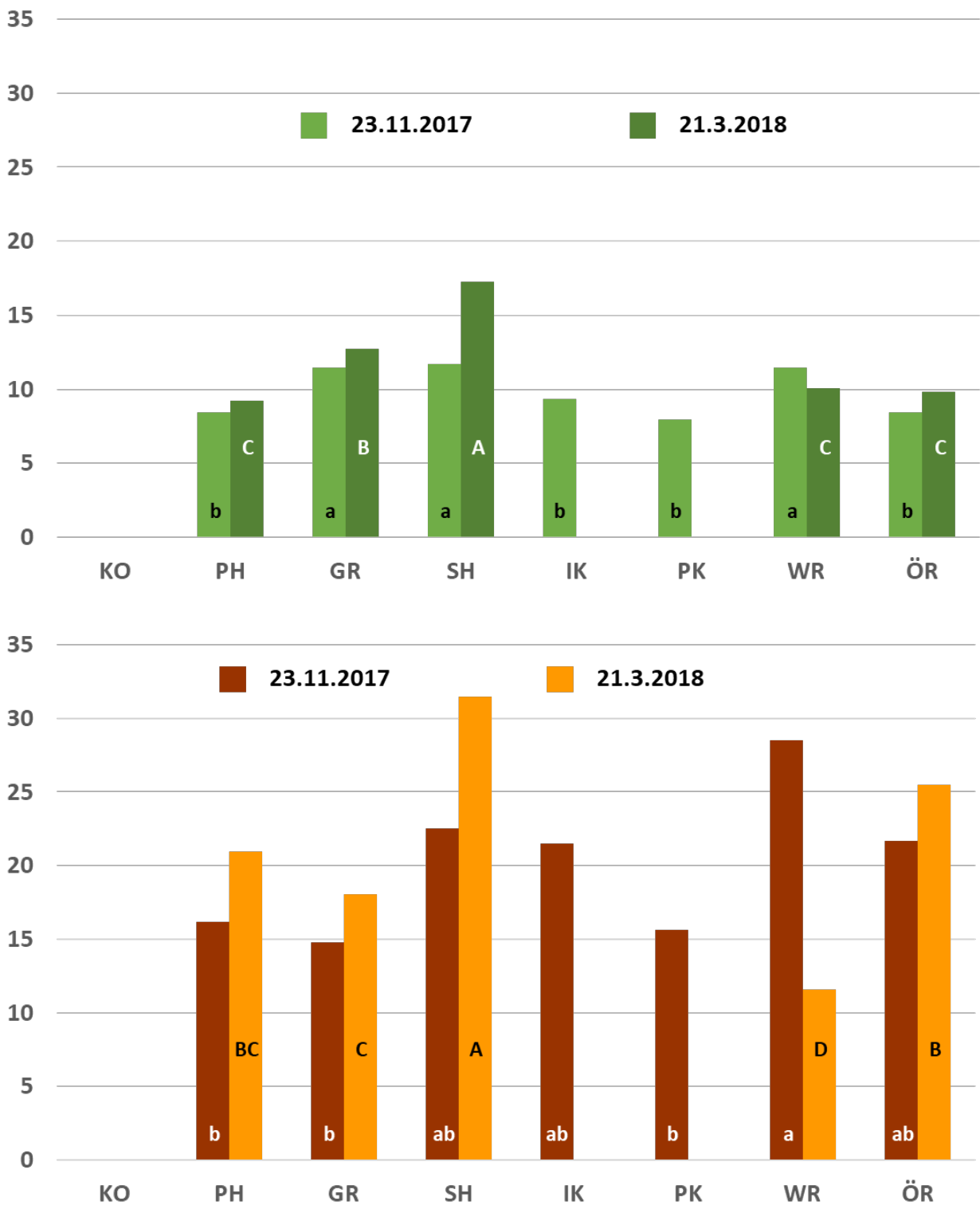


Abb. 4: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf das CN-Verhältnis vor und nach Winter 2017/18 auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef, die Analyse erfolgte getrennt nach Blatt (oben) und Stängel (unten).

PH - Phacelia, GR - Grünroggen, SH - Sandhafer, IK - Inkarnatlee, PK - Perserklee, WR - Winterrübsen, ÖR – Ölrettich, GD - Grenzdifferenz $\alpha = 0,05$, Tukey-Test, Fehlstellen sind durch niedrige und damit nicht schneidbare Bestandeshöhen zu erklären.

Zusammenfassung & Ausblick

Die eigenen Versuche bestätigen, dass alle getesteten nichtlegumenen Zwischenfrüchte hohe Mengen Stickstoff vor Winter aufnehmen und damit vor der Verlagerung mit dem Sickerwasser bewahren können. Das Potenzial v.a. der abfrierenden Zwischenfrüchte zur Steigerung der N-Versorgung im darauffolgenden Frühjahr scheint aufgrund der hohen N-Verluste aus der Sprossbiomasse über Winter und der relativ weiten CN-Verhältnisse insbesondere im Stängel vglw. gering sein.

Um die Verluste differenzierter betrachten zu können, erfolgt derzeit für die flüssige Phase eine Auswertung angelehnt an die Methode von Schliephake (2003), welche erweitert um die Methode nach Badawi et al. (2011) eine Berechnung der gasförmigen Verluste ermöglichen soll. Weiterhin wird seit 2019 auf den Leitbetrieben erforscht, in wie weit eine Bearbeitung mit der Messerwalze (mit und ohne Einarbeitung in den Oberboden) einen Einfluss auf die N-Verluste über Winter und damit auch auf die Mineralisierungsleistung im Frühjahr haben können und wie sich diese auf die Bestandesentwicklung der Folgefrüchte auswirkt.

Literatur

Badawi A, Hartl W, Erhart E, Albert R, Wanek W & M Watzka (2011) Verluste der oberirdischen Biomasse von abfrostenden Begrünungspflanzen durch Ausgasung vor der Einarbeitung in den Boden. 14. Gumpensteiner Lysimeter-tagung 2011, 235-238

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.

Schliephake W (2003) Verminderung von Nährstoffverlusten durch effiziente Nährstoffverwertung bei differenzierter Bewirtschaftung“, Schriftenreihe der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 9.

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.