

Einfluss des Umbruchtermins einer Zwischenfrucht auf die Nitratauswaschung

Ernst Spiess^{1*}, Volker Prasuhn¹ und Clay Humphrys¹

Zusammenfassung

Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten können Brachzeiten im Winterhalbjahr verhindert werden, was zu einer Reduktion der Nitratauswaschung führt. In einem Lysimeterversuch wurden winterharte Chinakohlrüben nach Sommerweizen und vor Sommergerste angebaut. Bei Umbruch dieser Zwischenfrucht im November wurden in den Wintermonaten und auch im darauffolgenden Winter höhere Nitratverluste festgestellt, als wenn der Umbruch erst im März erfolgte. Während in der Sickerwassermenge keine Unterschiede zwischen den beiden Verfahren auftraten, unterschieden sich die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers meistens deutlich.

Schlagwörter: Lysimeter, Monolith, Sickerwassermenge, Umbruchtermin

Summary

Cover cropping avoids winter fallow and helps to reduce nitrate leaching. In a lysimeter study, a winter-hardy hybrid of turnip rape and Chinese cabbage was established after spring wheat and before spring barley. Ploughing up of this cover crop in November gave rise to higher nitrate losses over the winter months and also in the following winter than ploughing up in March. Nitrate concentrations in seepage water mostly differed widely between the two treatments, while no differences occurred in seepage volumes.

Keywords: lysimeter, monolith, seepage volume, ploughing-in time

Einleitung

Der Anbau von Zwischenfrüchten ist eine bewährte Maßnahme zum Überbrücken von Brachzeiten zwischen zwei Hauptfrüchten und zur Reduktion der Nitratauswaschung im Winterhalbjahr (SPIESS et al. 2011). Zwischenfrüchte können als Zwischenfutter, bei dem die oberirdische Biomasse von der Parzelle abgeführt und Tieren verfüttert wird, oder als Gründüngung genutzt werden. In der Schweiz ist der Anbau einer Zwischenfrucht mit wenigen Ausnahmen Bedingung zum Erhalt von Direktzahlungen, wenn eine Kultur vor dem 31. August geerntet und nachfolgend keine Winterkultur angesät wird (DIREKTZAHLUNGSVERORDNUNG 2014). Die Bodenbedeckung der betreffenden Parzelle muss mindestens bis am 15. November erhalten bleiben. Da die Zwischenfrucht nach diesem Datum untergepflügt werden kann, stellt diese Regelung eine Lockerung gegenüber dem bis 2003 geltenden Bodenschutzindex dar, bei dem nicht nur am 15. November, sondern auch am 15. März ein bestimmter minimaler Bodenbedeckungsgrad im Mittel der gesamten Ackerfläche vorhanden sein musste, zu dessen Erreichen der Anbau von Zwischenfrüchten bedeutsam war (DIREKTZAHLUNGSVERORDNUNG 2003). Im Jahr 2009 wurde deshalb ein Versuch zur Problematik des Umbruchtermins angelegt, bei dem eine Zwischenfrucht entweder schon Mitte November oder erst Mitte März umgebrochen wurde.

Material und Methoden

Lysimeter

Der Versuch wurde während zwei Jahren auf sechs monolithischen Lysimetern der neuen Anlage in Zürich-Reckenholz durchgeführt (PRASUHN et al. 2009). Die Gefäße weisen eine Oberfläche von 1 m² und eine nutzbare Tiefe von 1,35 m auf (sowie eine zusätzliche Quarzsandschicht von 0,15 m über dem Auslass, die als Sickerhilfe dient) und befinden sich auf dem Anlagenteil mit den nicht wägbaren Lysimetern. Die Sickerwassermenge wird mit 100 ml-Kippwaagen erfasst, wobei der exakte Zeitpunkt jeder Kippung von einem Datenlogger aufgezeichnet wird. Bei jeder Kippung fließen zudem rund 1,5 ml Wasser in eine Probenflasche, was eine abflussproportionale Entnahme einer kleinen Probe erlaubt. Die Proben werden 14-täglich entnommen und mittels segmentierter Fließinjektionsanalyse (s-FIA) auf Nitrat (NO₃) und Ammonium analysiert.

Boden, Kulturen und Verfahren

Die Monolithen wurden im Sommer 2008 auf einem Acker in Grafenried bei Bern gefräst. Diese Parzelle wurde zuletzt als extensive Wiese genutzt. Der Boden ist eine Braunerde mit 16% Ton, 32% Schluff und 51% Sand (0-20 cm). Der Gehalt an organischem Kohlenstoff und Gesamtstickstoff (N) betrug bei Versuchsbeginn 1,7% bzw. 0,11%. Im

¹ Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften (INH), Reckenholzstraße 191, CH-8046 ZÜRICH

* Ansprechpartner: DI Ernst Spiess, ernst.spiess@agroscope.admin.ch



Tabelle 1: Niederschlagsmenge sowie Sickerwassermenge, Nitratkonzentration des Sickerwassers und ausgewaschene N-Menge in den beiden Verfahren 'November' und 'März' (Mittelwert von 3 Wiederholungen).

Periode	Niederschlag mm	Sickerwassermenge mm		Nitratkonzentration mg NO ₃ L ⁻¹		Ausgewaschene N-Menge kg N ha ⁻¹	
		Nov.	März	Nov.	März	Nov.	März
01.04.09 - 30.11.09	694	19	18	1,0	1,0	0,0	0,0
01.12.09 - 31.03.10	253	231	246	9,1	0,7	4,8	0,4
01.04.10 - 31.03.11	986	432	426	50,9	38,4	49,6	37,0

Frühjahr 2009 wurde mit dem Versuch begonnen. Die Kulturfolge umfasste Sommerweizen mit Zwischenfrucht Chinakohlrüben (*Brassica chinensis* x *Brassica rapa*) im Jahr 2009 sowie Sommergerste mit nachfolgender Ansaat einer Wiese im Jahr 2010. Bei sonst gleicher Bewirtschaftung wurde die winterharte Zwischenfrucht bei drei Lysimetern am 20. November 2009 umgepflügt (Verfahren 'Nov.') und auf den anderen drei am 19. März 2010 (Verfahren 'März').

Bodenbearbeitung und Düngung

Der Boden wurde vor Getreide 20 cm tief und vor den beiden anderen Kulturen 10 cm tief bearbeitet. Die Stickstoffdüngung der Kulturen erfolgte mit Ammoniumnitrat (120 kg N ha⁻¹ in drei Gaben zu Weizen und 60 kg N ha⁻¹ in einer Gabe zu Gerste). Die Zwischenfrucht wurde nicht gedüngt.

Erhebungsperiode

Als Bezugsperioden für die Nitratauswaschung wurden folgende drei Zeitabschnitte gewählt: Die Vorperiode umfasste die Vegetationszeit des Sommerweizens und der Zwischenkultur bis zum Umbruch im ersten Verfahren (April bis November 2009). In diesem Zeitabschnitt wurden beide Verfahren gleich behandelt, weshalb keine Unterschiede auftreten sollten. Die eigentliche Versuchsperiode umfasste einerseits die Wintermonate 2009/10 zwischen dem ersten und dem zweiten Umbruchtermin und andererseits die zwölf Monaten nach dem zweiten Umbruchtermin.

Ergebnisse

Ertrag und Stickstoffentzug der Pflanzen

Der Ertrag der Zwischenfrucht wurde nicht erhoben, da sie nicht weggeführt, sondern untergepflügt wurde. Bei der nachfolgenden Sommergerste unterschieden sich die beiden Verfahren weder im Ertrag (96 dt ha⁻¹ im Mittel) noch im Stickstoffentzug (177 kg N ha⁻¹).

Sickerwassermenge und Niederschlag

Die Niederschlagsmengen wurden der 20 m entfernten Station von MeteoSchweiz entnommen. Mit 947 bzw. 986 mm Jahr⁻¹ lagen die Niederschläge in den beiden Versuchsjahren unter dem langjährigen Mittel von 1054 mm Jahr⁻¹.

Die Sickerwassermenge machte im Mittel der beiden Jahre nur ein Drittel der Niederschlagsmenge aus. Dieser niedrige Wert ist auf die im Vergleich zum langjährigen Mittel unterdurchschnittlichen Niederschläge zurückzuführen. In

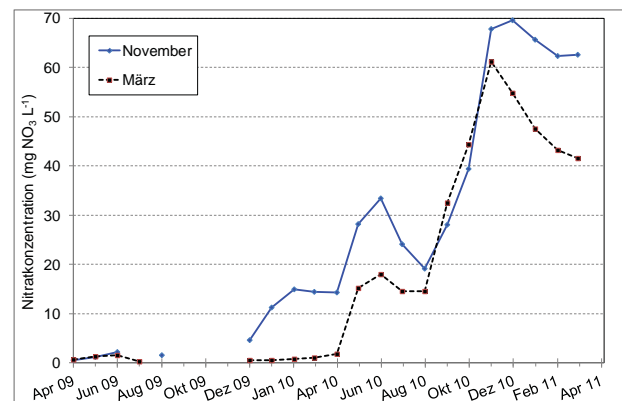


Abbildung 1: Nitratkonzentration des Sickerwassers in den beiden Verfahren.

der Vorperiode fiel infolge der starken Transpiration des Sommerweizens sowie der geringen Niederschläge in den Herbstmonaten wenig Sickerwasser an (Tabelle 1). Größere Sickerwassermengen wurden während des eigentlichen Versuchs und hier besonders während der Winterhalbjahre beobachtet. In keiner Periode traten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Verfahren auf.

Nitratkonzentration des Sickerwassers

In der Vorperiode lag die Nitratkonzentration des Sickerwassers in beiden Verfahren immer unter 3 mg NO₃ L⁻¹ (Abbildung 1). Gleich nach Beginn der Sickerwasserbildung im Dezember 2009 stieg sie bei Umbruch im November an, erreichte aber nie den schweizerischen Toleranzwert für Trinkwasser von 40 mg NO₃ L⁻¹. Im Mai 2010 stieg auch die Nitratkonzentration bei Umbruch im März an und erreichte im Herbst für einige Wochen das gleiche Niveau wie bei Umbruch im November. Im Winter 2010/11 wies wiederum das Verfahren mit Umbruch im November bedeutend höhere Konzentrationen auf. In beiden Verfahren wurde während dieser Zeit der Toleranzwert für Trinkwasser überschritten.

Ausgewaschene N-Menge

Während im ersten Untersuchungsjahr in beiden Verfahren nur sehr wenig Stickstoff ausgewaschen worden war, lag die Nitratauswaschung im zweiten Jahr in einer Größenordnung, die mit anderen Lysimeterversuchen mit Ackerkulturen vergleichbar ist (Tabelle 1; NIEVERGELT 1997 und 2002). Sowohl im Winter 2009/10 wie auch im nachfolgenden Versuchsjahr wurde nach Umbruch der Zwi-

schenfrucht im November mehr Nitrat ausgewaschen als bei Umbruch im März, wobei der Unterschied im nachfolgenden Versuchsjahr zwar höher ausfiel, aber trotzdem nur im Winter 2009/10 signifikant war. Da die Sickerwassermengen in beiden Verfahren auf gleichem Niveau lagen, ist diese Differenz praktisch ausschließlich auf Unterschiede in den Nitratkonzentrationen zurückzuführen.

Diskussion

Zwischenfrüchte nehmen Wasser und Stickstoff aus dem Boden auf. Dadurch wird die Sickerwasserbildung reduziert, und das anfallende Sickerwasser weist eine geringere Nitratkonzentration auf (CATT et al. 1998, SHEPHERD 1999, THOMSEN 2005). Dank diesen beiden Wirkungsweisen wird weniger Nitrat aus dem Boden ausgewaschen.

In Lysimeterversuchen mit der Gründung Raigras nach Sommergerste fand THOMSEN (2005) ebenfalls geringere Nitratverluste nach Umbruch im März, während THOMSEN und HANSEN (2014) keinen Unterschied zwischen den beiden Umbruchsterminen beobachteten.

GUTSER und VILSMEIER (1988) stellten fest, dass der Gehalt an mineralischem Stickstoff (N_{\min}) im Boden im Laufe des Winters stärker abnimmt, wenn die Zwischenfrucht schon im Herbst und nicht erst im Frühjahr umgebrochen wird. Diese Entwicklung ist ein Hinweis auf höhere Auswaschungsverluste. Bei einem Umbruch im Herbst wird die Pflanzenmasse teilweise noch vor Beginn des Winters abgebaut und mineralisiert (BERENDONK 1985, FOERSTER und KLEINE 1990). Das Pflügen fördert zudem die Mineralisierung des organischen Bodenstickstoffs (HANSEN und DJURHUUS 1997). Der bei beiden Prozessen mineralisierte Stickstoff kann ausgewaschen werden, wobei die Nitratauswaschung um so geringer ist, je später der Umbruch der Zwischenfrucht im Herbst erfolgt (GARWOOD et al. 1999, THORUP-KRISTENSEN et al. 2003).

Schlussfolgerungen

Der Umbruch einer winterharten Zwischenfrucht im November führte im Vergleich zum Umbruch erst im März zu höheren Nitratkonzentrationen und Stickstoffverlusten, während in der Sickerwassermenge keine Unterschiede auftraten. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, Zwischenfrüchte erst kurz vor dem Anbau der Nachkultur umzubrechen.

Literatur

- BERENDONK, C., 1985: Winterribsen binden den Stickstoff am besten! top agrar Nr. 7, 42-45.
- CATT, J.A., K.R. HOWSE, D.G. CHRISTIAN, P.W. LANE, G.L. HARRIS and M.J. GOSS, 1998: Strategies to decrease nitrate leaching in the Brimstone Farm Experiment, Oxfordshire, UK, 1988-1993: the effects of winter cover crops and unfertilised grass leys. *Plant Soil* 203, 57-69.
- DIREKTZAHLUNGSVERORDNUNG, 2003, 2014: Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft. SR 910.13 <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20130216/index.html> (07.11.2014).
- FOERSTER, P. und K. KLEINE, 1990: Einfluss von Zwischenfrüchten bei unterschiedlicher Zwischenfruchtverwertung und Gülledüngung auf die N_{\min} -Mengen im Boden und auf die N-Aufnahme in den Pflanzen. *Kali-Briefe (Büntehof)* 20, 241-260.
- GARWOOD, T.W.D., D.B DAVIES and A.R. HARTLEY 1999: The effects of winter cover crops on yield of the following spring crops and nitrogen balance in a calcareous loam. *J. agric. Sci., Camb.* 132, 1-11.
- GUTSER, R. und K. VILSMEIER, 1988: Mineralisation verschiedener Zwischenfrüchte und N-Verwertung durch Pflanzen. *Kali-Briefe (Büntehof)* 19, 199-211.
- HANSEN, E.M. and J. DJURHUUS, 1997: Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. *Soil Till. Res.* 41, 203-219.
- NIEVERGELT, J., 1997: Lysimeterversuch 1981 bis 1996: N-Auswaschung in Fruchtfolgen. *Agrarforschung* 4, 209-212.
- NIEVERGELT, J., 2002: Nitrat und Fruchtfolgen 20 Jahre lang beobachtet. *Agrarforschung* 9, 28-33.
- PRASUHN, V., E. SPIESS und M. SEYFARTH, 2009: Die neue Lysimeteranlage Zürich-Reckenholz. Bericht über die 13. Gumpensteiner Lysimetertagung, Irnding, 11-16.
- SHEPHERD, M.A., 1999: The effectiveness of cover crops during eight years of a UK sandland rotation. *Soil Use Manage.* 15, 41-48.
- SPIESS, E., V. PRASUHN und W. STAUFFER, 2011: Einfluss der Winterbegrünung auf Wasserhaushalt und Nitratauswaschung. Bericht über die 14. Gumpensteiner Lysimetertagung, Irnding, 149-154.
- THOMSEN, I.K., 2005: Nitrate leaching under spring barley is influenced by the presence of a ryegrass catch crop: Results from a lysimeter experiment. *Agric. Ecosyst. Environ.* 111, 21-29.
- THOMSEN, I.K. and E.M. HANSEN, 2014: Cover crop growth and impact on N leaching as affected by pre- and postharvest sowing and time of incorporation. *Soil Use Manage.* 30, 48-57.
- THORUP-KRISTENSEN, K., J. MAGID and L.S. JENSEN, 2003: Catch crop and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Adv. Agron.* 79, 227-302.