Zeitschrift: Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Annuaire de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 160 (1980)

Artikel: Über die Winterauswaschung von Nitrat bei unterschiedlichen Düngungsarten in Kleinlysimetern

Autor: Ott, Pierre / Vogtmann, Hardi / Rihs, Freddy

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-90782

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Über die Winterauswaschung von Nitrat bei unterschiedlichen Düngungsarten in Kleinlysimetern

Pierre Ott, Hardi Vogtmann, Freddy Rihs

Zusammenfassung

Es werden erste Ergebnisse aus einer Kleinlysimeteranlage (Blechzylinder, Durchmesser 37,5 cm, Höhe: 60 cm) vorgestellt. Die Lysimeter wurden nach einer Herbstdüngung mit Markstammkohl bepflanzt. Die Nitratauswaschung während des Winters war bei mineralischer NPK-Düngung ungefähr doppelt so hoch wie bei organischer Düngung (Stapelmist, kompostierter Stallmist). Die Düngung mit Stapelmist führte zu höheren Erträgen als bei mineralischer NPK- oder Kompostdüngung.

Résumé

Il s'agit de la présentation des premiers résultats de cases lysimétriques de petit gabarit (diamètre: 37,5 cm, hauteur: 60 cm). Des choux fourragers ont été mis en place après une fumure d'automne dont le lessivage en nitrate a été étudié pendant la période hivernale. La fumure minérale NPK a engendré un lessivage des nitrates double par rapport à celui des fumures organiques (fumier, fumier composté). La fumure au fumier a donné les meilleurs rendements.

Einleitung und Problemstellung

Nitrate und daraus in vivo gebildete Nitrite haben wiederholt zur akuten Toxizität beim Säugling geführt. Die Bildung von Methämoglobin, welche den Austausch von Sauerstoff im Blut hemmt, war die Ursache für diese Erscheinung, die unter dem Begriff «blue babies» bekannt ist. Heute, mit der ausgeglichenen Ernährung, sind solche Fälle leicht vermeidbar und auch selten geworden. In neuester Zeit haben Nitrate bzw. Nitrite in der Nahrung wieder an Aktualität gewonnen, weil sie in Verbindung mit sekundären Aminen in Form von Nitrosaminen bei der Bildung von Magen- und auch Speiseröhrenkrebs beteiligt sind. In welchem Ausmass dies stattfindet, ist noch nicht mit absoluter Sicherheit festgestellt worden, immerhin ist die Gefahr doch genügend gross, um eine Warnung der neu ins Leben gerufenen Nitratkommission zu rechtfertigen. Von dieser Kommission werden Anregungen gegeben, um Massnahmen einzusetzen bzw. neu zu entwickeln, die eine möglichst geringe Nitrataufnahme bei normaler Ernährung garantieren.

Die Aufnahme von Nitraten geschieht primär durch den Konsum von Gemüse (Tremp 1980). Die Konzentration von Nitraten in Blattgemüsen wird neben Faktoren wie Temperatur, Lichtintensität, Sorte, auch ganz wesentlich durch die Düngung beeinflusst. Verschiedene Untersuchungen (Schudel et al. 1979; Eichenberger et al. 1980) haben gezeigt, dass die Düngung mit kompostiertem Stallmist die Nitratakkumulation in der Pflanze verhindern kann. Die zweite wichtige Quelle von Nitrat in der menschlichen Ernährung dürfte das Trinkwasser darstellen. Eine Anreicherung von Nitrat im Trinkwasser dürfte ebenfalls ganz wesentlich durch landwirtschaftliche Massnahmen, insbesondere die Düngung, beeinflusst werden.

Um der Frage nachzugehen, ob eventuell kompostierter Stallmist neben einer geringeren Nitratakkumulation in der Pflanze auch zu geringeren Nitratauswaschungen führen könnte, wurde ein Lysimeterversuch angelegt. Zwar ist die Nährstoffauswaschung schon von verschiedenen Autoren (Pfaff 1963; Maschaupt 1941; Hendrick et al. 1938) untersucht worden, wobei die Düngungsvarianten aus unterschiedlichen mineralischen N-Formen bestanden. Zu einem geringeren Teil sind auch organische Dünger einbezogen worden, aber nie als einzige Stickstoff-

quelle. Im vorliegenden Versuch wurden daher unterschiedlich aufbereitete Hofdünger ohne Ergänzung mit löslichem Stickstoff eingesetzt. Hierbei handelte es sich um frischen und kompostierten Stallmist im Vergleich zu einer mineralischen Düngung (NPK).

Versuchsanordnung

Versuchsanlage

Die Lysimeter bestehen aus Blechzylindern mit einem Durchmesser von 37,5 cm und einer Höhe von 60 cm, die senkrecht auf einer schräg stehenden verzinkten Wanne stehen. Darin sammelt sich das Sickerwasser und wird über einen Plasticschlauch in einer Flasche gesammelt. Diese Lysimeter entsprechen im Prinzip denjenigen, die schon früher in der Literatur beschrieben worden sind (Voemel 1965).

Die Lysimeteranlage wurde 1978 von der EAWAG (Herr von Hirschheydt) übernommen. Bei der Inbetriebnahme wurden die Lysimeter zuerst mit gewaschenem Kies auf 15 cm Höhe gefüllt, anschliessend mit einem neutralen bzw. einem sauren Boden, dessen Zusammensetzung in Tabelle 1 angegeben ist, gefüllt (Bodenschicht = 45 cm). Nach dem Absetzen des Bodens wurde italienisches Raygras angesät (25.5.78), damit eine Durchwurzelung und Strukturierung des eingefüllten Bodens stattfinden konnte. Diese Anfangsperiode betrug 18 Monate. Die Lysimeter wurden während dieser Zeit oberirdisch in einem offenen Plastictunnel aufbewahrt.

Im Sommer 1979 wurde die gesamte Anlage an den neuen Standort des Forschungsinstitutes für biologischen Landbau verlegt, ohne den Boden in den Gefässen zu stören. Am neuen Standort wurden die Gefässe eingegraben, der Raygrasbestand umgebrochen und Markstammkohl eingesät. Seit November 1979 liefert die Anlage regelmässige und zuverlässige Daten.

Tab. 1. Boden-Charakteristika

	Boden N Aushub BKW Liebefeld	Boden S
Ton	14.6%	16.3%
Schluff	19.0%	16.3%
Sand	63.3%	64.5%
Org. Sub.	3.1%	2.9%
pH	7.1	4.8
p-Test	8.0	2.0
K-Test	4.4	1.1
Mg	41.6 ppm	26.8 ppm
Ca	2750 ppm	804 ppm
Bodenart	Schwach humoser sandiger Lehm	Schwach humoser sandiger Lehm

Düngung

Die erste Düngung (20.5.1978) betrug 6 g N/Gefäss, 8 g P/Gefäss und 24 g K/Gefäss (Tabelle 2). Die mineralische N-Düngung erfolgte in vier Gaben: 50% der gesamten N-Düngung beim Einsäen, der Rest in drei gleich grossen Gaben jeweils nach den drei ersten Schnitten. Die relativ hohe P- und K-

Tab. 2. Düngung (g/Lysimeter)

		Vorversuch - Italienisches Ray-Gras						Versuch - Markstammkohl				
		Menge	N	P	K	Datum		Menge	N	P	K	Datum
Mineralisch	Ammon-Salpeter	11.6	3	–	–	20/05/78	April 1979 - Oktober 1979 - Umzug	7.7	2	–	–	20/09/79
		3.8	1	–	–	13/07/78						
		3.8	1	–	–	08/08/78						
		3.8	1	–	–	27/11/78						
	Superphos.	100		8	–	20/05/78		11.25	–	0.9	–	20/09/79
	Kalisalz	48	–	–	24	20/05/78		5.18	–	–	2.6	20/09/79
Organisch	Mist	1640	6	7	24	20/05/78		560	2	0.8	2.6	20/09/79
	+											
	Superphos.	12	–	1	–	20/05/78		–		–		
	Kalisalz	–	–	–	–	–		–			–	
	Kompost	1260	6	11	17	20/05/78		500	2	1.2	2.8	20/09/79
	+											
	Superphos.	–	–	–	–	–		–		–		
	Kalisalz	14	–	–	7	20/05/78		–			–	

Düngung ist mit den niedrigen Gehalten dieser Nährstoffe im Boden zu erklären. Es wurden folgende mineralische Dünger eingesetzt: Ammonsalpeter (N), Superphosphat (P) und Kalisalz (K). Stapelmist und Mistkompost (Kompostdauer 10 Monate) stammen aus Kuhmist mit einem normalen Strohanteil (Einstreumenge = 2,5 kg Stroh pro GVE und Tag). Die Düngung erfolgte gesamthaft N-equivalent. Bei beiden organischen Düngern wurde Superphosphat und Kalisalz zugegeben, um ein ähnliches P- und K-Niveau wie bei der mineralischen Düngung zu erreichen.
Die zweite Düngung (20.9.1979) vor Markstammkohl betrug 2 g N, 0,9 g P und 2,6 g K pro Gefäss. Es wurden ähnliche Düngemittel wie bei der ersten Düngung eingesetzt. Eine mineralische Ergänzungsdüngung für P und K bei den Varianten mit organischer Düngung hat sich aufgrund der Versuchsfrage erübrigt.

Erhebungen

Die Untersuchung beschränkte sich auf die Stickstoffauswaschung bzw. Stickstoffbilanz. In den organischen Düngemitteln sowie im Pflanzenmaterial wurde der Gesamtstickstoff, im Sickerwasser wurde Nitrat bestimmt. Nach Angaben aus der Literatur (Hendrick et al. 1938; Low et al. 1970) sind andere Formen der N-Auswaschung unbedeutend.
Das Sickerwasser wurde zweimal pro Woche aus der Anlage entfernt, mit 1 ml H_2SO_4, 10 N pro Liter stabilisiert (pH-Wert um 1) und im Kühlschrank bis zur Durchführung der Nitratanalyse (jeweils Ende eines Monats) gelagert. Der Gesamtstickstoff wurde nach Kjeldhal bestimmt (Bradstreet 1965). Der Nitratgehalt wurde colorimetrisch nach der Salicylat-Methode erfasst (Liebefeld 1964).
Jede Variante (Düngungsart und Bodentyp) wurde in dreifacher Wiederholung geführt. Alle Daten wurden dementsprechend statistisch behandelt (Linder 1964).

Ergebnisse und Diskussion

Die angefallenen Mengen an Sickerwasser sind in Tabelle 3 zusammengestellt worden. Die durchschnittlichen Werte, in mm umgerechnet, liegen unterhalb der jeweiligen Niederschlagsmenge (Evaporation, Wasserverbrauch durch die Pflanze). Die abgeschätzte Retentionszeit liegt bei 2–7 Tagen, je nach Intensität der Niederschläge. Da die zwei Bodentypen in ihrer Textur sehr ähnlich sind, unterscheiden sie sich auch nicht in ihren Perkolationseigenschaften und/oder der Retentionszeit. Die Menge des Sickersaftes wurde auch nicht durch die Art der Düngung beeinflusst, zumindest nicht während des Winters, wo die Bodensättigung erreicht war.
Die Nitratgehalte des Sickerwassers sowie die umgerechnete Menge von ausgewaschenem Nitrat sind in Tabelle 4 zusammengestellt worden. Da die Menge an Sickerwasser bei unterschiedlichen Boden- und Düngungsarten nicht unterschiedlich waren, ergibt sich bei den Nitratkonzentrationen und der ausgewaschenen Nitratmenge dasselbe Bild. Die beobachtete hohe Nitratauswaschung im Herbst entspricht weitgehend Literaturangaben (Voemel 1965), da es sich hierbei um eine Verlängerung der Nitrifika-

Tab. 3. Sickerwasser und Niederschläge

	Wassermenge (l/Monat)							
	N Boden	S Boden	Mist Kompost	Mist	NPK	x̄	Wasser-Menge (mm/Monat)	Nieder-schlags-Menge (mm/Monat)
November	4.6	4.6	4.6	4.6	4.7	4.6	41.7	61.5
Dezember	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	21.7	47.4
Januar	5.9	6.2	6.2	6.2	5.8	6.0	54.3	63.8
Februar	8.2	8.0	8.1	7.8	8.3	8.0	72.5	77.8
März	1.7	1.8	1.7	1.7	1.9	1.8	16.3	22.4
April	2.1	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	20.0	56.1
Winter	24.9	25.3	25.3	24.9	25.4	25.2	228.3	312.31

Tab. 4. Nitratauswaschung (November 1979 bis April 1980)

	Konzentrationen (ppm)						Absolute Werte (g/Monat)					
	N Boden	S Boden	Mist Kompost	Mist	NPK	x̄	N Boden	S Boden	Mist Kompost	Mist	NPK	x̄
November	1424	1696	1240 (a)	1186 (a)	2250 (b)	1558	6.7	7.9	5.5	5.7	10.7	7.3
Dezember	734	685	480 (a)	469 (a)	1181 (b)	710	1.8	1.6	1.6 (a)	1.2 (a)	2.8 (b)	1.7
Januar	215 (x)	401 (y)	197 (a)	244 (a)	483 (b)	308	1.2 (x)	2.5 (y)	1.2 (a)	1.5 (a)	2.8 (b)	1.9
Februar	67 (x)	112 (y)	65 (A)	82 (A)	121 (B)	89	0.5 (x)	0.9 (y)	0.5 (A)	0.6 (A)	1.0 (B)	0.7
März	54	72	41 (A)	67 (AB)	81 (B)	63	0.1	0.1	>0.1 (A)	0.1 (B)	0.2 (B)	0.1
April	44	46	30	46	59	45	1.0	1.1	0.6	1.1	1.5	1.1
Winter (I)	423	502	342	349	696	462	11.4	14.2	9.2 (a)	10.2 (a)	19.0 (b)	12.8

(I) Konzentration: x̄
(I) Absolute Werte: x
Unterschiede zwischen Ziffern mit denselben Buchstaben sind nicht signifikant für:
(a), (b) und (x), (y): $P \leq 0.01$
(A), (B): $P \leq 0.05$

tionsaktivität bei gleichzeitig geringer Nitrataufnahme durch die Pflanze handelt.
Offensichtlich spielt der Bodentyp eine untergeordnete Rolle, da statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den Bodenarten nur im Januar und im Februar auftraten, als die Niederschläge am höchsten waren (grösser als 55 mm pro Monat). Zu diesen Zeitpunkten war die Nitratauswaschung bei dem sauren Boden wesentlich grösser als beim neutralen. Dies dürfte hauptsächlich auf den pH-Wert des Bodens zurückzuführen sein, da keine Interaktion zwischen Bodentyp und Düngungsart festgestellt werden konnte.
Die Nitratkonzentration im Sickerwasser ist bei Mineraldüngung während der gesamten Winterperiode doppelt so hoch wie bei den beiden Varianten mit Hofdüngern ($p \leq 0{,}01$). Während der aktiven Nitrifikationsperiode (November–Dezember) ist die Nitratauswaschung bei Mineraldüngung sogar 2,5 mal grösser als bei den Hofdüngern. Diese Ergebnisse weisen deutlich auf die positive Wirkung hin, die Hofdünger als langsam fliessende N-Quelle haben, da sie zu einer wesentlich geringeren Nitratauswaschung führen.
Die Ergebnisse bezüglich Ertrag, Trockensubstanzgehalt, Trockensubstanzertrag und Stickstoffgehalt sind in Tabelle 5 angegeben. Die aufgetretenen Unterschiede sind allerdings nicht statistisch signifikant, weil die Anzahl von untersuchten Pflanzen pro Lysimeter sehr klein ist und weil grosse Variationen innerhalb einer Variante aufgetreten sind. Hierbei handelt es sich in ersten Linie um zwei sehr geringe Werte bei der Kompostvariante, die aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nicht erklärt werden können.
Der grösste Ertrag an Frischmaterial, Trok-

Tab. 5. Pflanzenertrag (Markstammkohl)

	Frischertrag (g/Gefäss)	Trockensubstanz (T.S.%)	T.S. Ertrag (g/Gefäss)	N i.d. Pflanze %	N-Ertrag (mg/Gefäss)
Kompost	74.4	15.9	12.0	2.4	245 (a)
Mist	109.2	15.8	17.3	2.1	355 (b)
NPK	68.0	16.1	11.1	2.4	253 (a)
N Boden	88.9	16.0	14.4	2.2	292
S Boden	78.8	15.8	12.5	2.3	277
x̄	83.8	15.9	13.5	2.3	284

(a), (b): Zahlen mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterschiedlich
KGD (0.05) = 78

kensubstanz sowie Rohprotein wurde bei der Variante mit Stapelmist erzielt. Bei Kompost- und NPK-Düngung sind die Ergebnisse annähernd gleich, wobei hier die beiden unerklärlichen Mindererträge bei der Kompostvariante einbezogen sind. Es ist anzunehmen, dass die Kompostvariante höchstwahrscheinlich besser als die Variante mit Mineraldüngung abgeschnitten hätte, bei etwas ausgeglicheneren Erträgen. Diese Resultate stimmen mit Erfahrungen bei Topfversuchen überein, wobei insbesondere zwei Wirkungen zu beobachten sind:

- Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des Bodens durch die organische Masse,
- Nährstoffeffekt.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist anzunehmen, dass sich der Kompost mehr in Richtung Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des Bodens und die NPK-Düngung stärker in Richtung Nährstoffeffekt ausgewirkt haben. Dabei dürfte eine Kompensation dieser beiden Effekte im Vergleich von Kompost zu mineralischer Düngung vorhanden sein, was sich in den annähernd gleich grossen Erträgen ausdrückt. Beim Mist hingegen dürften beide Wirkungen zur Geltung gekommen sein und haben daher zu einer höheren Umsetzungsaktivität im Boden geführt, was sich im verbesserten Ertragsniveau ausgedrückt hat.

Schlussfolgerungen

Diese ersten Ergebnisse mit einer Kleinlysimeteranlage nach einer 18-monatigen Vorperiode zeigen, dass bei einer Herbstdüngung zu Markstammkohl (eventuell auch zu Gründüngungen) eine hohe Nitratauswaschung während des Winters bei Mineraldüngung stattfinden kann, wogegen diese bei Anwendung von Hofdüngern wesentlich geringer ist. Die Auswaschung wird durch die Kompostierung des Stallmistes im Vergleich zu Stapelmist nicht reduziert.

Die Beobachtungen der Herbstdüngung (1979) wurden mit einer anschliessenden Maiskultur ohne weitere Düngung (1980) weiterverfolgt. Nach einer Gründüngung im Herbst 1980 ist eine zweite Maiskultur für 1981 geplant, wobei in diesem Fall aber noch die Düngung im Frühjahr erfolgt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen in Kleinlysimetern werden mit einem parallel laufenden Feldversuch mit ähnlichen Düngungsvarianten und eingebauten Sauglysimetern verglichen.

Diese Arbeit wurde mit finanzieller Unterstützung der Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung und der Schweiz. Stiftung zur Förderung des biologischen Landbaus durchgeführt.

Literatur

Bradstreet, R.B., (1965): The Kjeldhal methods for organic nitrogen, Academic Press, New York and London.

Eichenberger, M., Ott, P., Leu, D., Schudel, P., und Vogtmann, H. (1981): Über den Einfluss von Kompost- und NPK-Düngung auf Ertrag und Nitratgehalt von Spinat, Schnittmangold, Kopf- und Nüsslisalat. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. *72*, 31-43.

Hendrick, J., Welsh, H.D., (1938): Further results from the Craibstone Drain Gauges. Trans. Highland Agr. Soc. 50, 184-202.

Linder, A., (1964): Statistische Methoden, Basel.

Low, A.J., and Armitage, E.R., (1970): The composition of the leachate through cropped and uncropped soils in lysimeter compared with that of the rain. Plant and soil 33, 393-411.

Maschaupt, J.G., (1941): Lysimeter investigations at Groningen and elsewhere. Part II. The chemical composition of the drainage water. Versl. Landb. Onderz.'s Gravenhage.

Methodenbuch für Bodenuntersuchungen der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld, 1975.

Pfaff, C., (1963): Das Verhalten des Stickstoffs - der Phosphorsäure und Alkalien - im Boden nach langjährigen Lysimeterversuchen. Mitt. z. Acker- und Pflanzenbau 117, 77-99, 100-113, 117-128.

Schudel, P., Eichenberger, M. , Augstburger, F., Kläy, R., und Vogtmann, H., (1979): Über den Einfluss von Kompost- und NPK-Düngung auf Ertrag, Vitamin C- und Nitratgehalt von Spinat und Schnittmangold. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung, Band 18, Heft 4, 337-350.

Tremp, E., (1980): Die Belastung der Schweizerischen Bevölkerung mit Nitraten in der Nahrung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. *71*, 182-194.

Voemel, A., (1965): Der Versuch einer Nährstoffbilanz am Beispiel verschiedener Lysimeterböden. I. Mitteilung: Wassersickerung und Nährstoffhaushalt. Z. Acker- und Pflanzenbau, Bd. 123, Heft 2, 155-188.

Adresse der Autoren:

Dipl. Ing. Agr. Pierre Ott
Prof. Dr. Hardy Vogtmann
Freddy Rihs
Forschungsinstitut für biologischen Landbau
Bernhardsberg
CH-4104 Oberwil