

Versuch zu N-Verlusten aus der Nitratfraktion im Boden

- Ziele:**
- Mögliche Verlustpfade von Nitrat aus dem Boden aufzeigen.
 - Die Bedeutung der N-Umsatzprozesse im Boden für das aktuelle Angebot an Nitrat im Boden.
 - Bedeutung des Bodenwasserhaushaltes für den möglichen Verlustpfad.

Hintergrund:

- (1) Nitratanreicherung im Boden kann verschiedenste Gründe haben
 - a. Düngung mit einem nitrathaltigen N-Dünger (mineralisch)
 - b. Düngung mit einem ammoniumhaltigen N-Dünger (mineralisch oder/und organisch) gefolgt von einer schnellen *Nitrifikation*
 - c. *Mineralisierung* von organisch gebundenem N (org. Dünger, OBS) wiederum zügig gefolgt von einer Nitrifikation

Und ein immer im Vergleich zur Bereitstellung/dem Vorhandensein an Nitrat geringerer Bedarf auf Seiten der Pflanzen
- (2) Der Ablauf und die Richtung von Umsetzungsprozessen im Boden sind von großer Bedeutung für eine potentielle Nitratanreicherung
 - a. *Mineralisation* benötigt ausreichend Feuchtigkeit und Wärme (etwa $> 4^{\circ}\text{C}$), sowie günstige C/N-Verhältnisse (etwa < 12) in der Fraktion der leichter abbaubaren (= für die MO gut erreichbar) organischen Substanz
 - b. *Nitrifikation* benötigt Feuchte und Wärme (etwa $> 8^{\circ}\text{C}$) und NH_4^+
 - c. *Immobilisation* benötigt ausreichend Feuchtigkeit und Wärme, sowie leicht abbaubaren organischen Kohlenstoff und freien mineralischen N.
- (3) Verlustpfade für Nitrat sind ein Spiegel seiner Eigenschaften
 - a. *Auswaschung*, da es negativ geladen ist tritt es in mitteleuropäischen Böden nicht mit den Austauschern in Interaktion (haben nur KAK). Es liegt frei gelöst im Bodenwasser vor = "schwimmt" also mit diesem mit.
 - b. *Denitrifikation*, da Nitrat 3 Mol Sauerstoff pro Mol Ion bietet ist es eine attraktive Sauerstoffquelle in Phasen von Sauerstoffmangel (vgl. a. Sulfat). Bestimmte Mikroorganismen (MO) können Nitrat reduzieren: entweder zu N_2O (moderater O_2 -Mangel) oder N_2 (starker O_2 -Mangel). Dazu benötigen die MO zudem leicht verdaulichen organisch gebundenen Kohlenstoff als Energielieferant.
- (4) Der Bodenwasserhaushalt bestimmt die Bedeutung des jeweiligen Verlustpfades aus der Nitratfraktion
 - a. wasserzügige Böden (eher die leichten Böden) und/oder Böden mit geringer Feldkapazität (FK) begünstigen die *Auswaschung*, da sich Niederschlagswasser schnell nach unten aus dem Wurzelraum bewegt
 - b. Stauanfällige (eher schwere und/oder verdichtete Böden), Böden mit Stauschichten oder Grundwassereinfluss haben nach Niederschlag schnell zu wenig Luft im Boden (Grobporanteil gering), weshalb das Bodenleben frühzeitig unter Sauerstoffmangel leidet
 - c. *Denitrifikation* ist von biologischer Aktivität abhängig und benötigt O_2 -Mangel und Nitrat sowie leicht verdaulichen organisch gebundenen Kohlenstoff als Energiequelle. Wärme ist hilfreich, aber der Prozess startet schon mit dem Auftauen des Bodens.
- (5) Welche pflanzenbaulichen Maßnahmen können die Verluste aus der Nitratfraktion befördern
 - a. Mineralische Düngung im Herbst
 - b. Organische Düngung im Herbst
 - c. Warme Bedingungen in Spätherbst und Winter (Bodentemperatur!) fördern die Mineralisierung und Nitrifikation

- d. Bodenverdichtungen aufgrund des Befahrens eines zu feuchten Bodens
- e. Schlechte Bodenstruktur aufgrund unzureichender Zufuhr an Kalk und org. Substanz bzw. dem Versorgungszustand, d.h. pH-Wert und C_{org} .
- f. Hohe Reste an N_{min} im Herbst aufgrund einer geringen N-Effizienz der N-Nutzung durch die Vorfrucht
- g. Zu zeitige und/oder zu hohe Nitratdüngung im Frühjahr

Versuchsaufbau: Ziel ist es verschiedene Verlustpfade aus der Nitratfraktion im Modellversuch aufzuzeigen und mögliche Einflussnahmen auf das Vorhandensein von Nitrat zu **demonstrieren**.

Um das zu erreichen sind verschiedene Rahmenbedingungen festgelegt:

- Bodenmischung mit geringem Potenzial zur N-Freisetzung
- Grunddüngung, damit andere Hauptnährstoffe nicht limitierend sein können
- Einstellung eines Nitratangebotes mit unterschiedlichen Mineraldüngern (KAS, ASS, ASS + DMPP) – simuliert das Nitratangebot aufgrund anderer Ursachen
- Unterstützung der Immobilisierung durch ein Angebot an leicht verdaulichem organischen C (hier durch Zellulose simuliert)
- **Erste Inkubation** der Böden unter günstigen Bedingungen bevor die **Verlustszenarien** beginnen
- Ein- oder zweimalige Verlustsimulation mit Ruhephase zwischendrin
- **NACH den möglichen Verlusten** aus der Nitratfraktion **erfolgt der Anbau** der Kultur unter dann wieder günstigen Bedingungen. *Damit zeigt die Pflanze mit ihrem Wachstum was noch an N im Boden verfügbar ist.*
- Welsches Weidelgras (Sorte Lyrik) als Kultur um eine Differenzierung des N-Angebotes über die Zeit anhand der Differenzierung der Erntemengen der Kultur mit der Zeit anhand der Erträge pro Schnitt nachvollziehen zu können

Fragestellung: s.u. Aufgaben

Versuchsaufbau (Kurzfassung):

Gefäße: Kick-Brauckmann Gefäße mit unten drin 4 kg Kies-Sand und darüber 6 kg Bodenmischung befüllt

Boden: Bodenmischung aus diversen Quellen, gesiebt!

Düngung: Drei verschiedene N-Dünger, KAS, ASS und ASS + NI, je 600 mg N/Topf

Saatgut: Welsches Weidelgras, Sorte Lyrik

Saatstärke und Saat: 1,5 g Saatgut/Topf

Sonstige Nährstoffversorgung: Grunddüngung mit 2,6 g KH_2PO_4 pro Topf

Düngungsvarianten und *Behandlungen* im Versuch:

Der Versuchsstart war für die ersten Hälfte im Versuch am 28.01.2025 und andere Hälfte am 26.02.25:

Befüllen mit Erde unter Einmischen der jeweils zugeordneten Dünger, Anfeuchten, Aufstellen zur Inkubation in einem temperierten Raum

➤ N-Düngungsvarianten:

ungedüngt --- KAS --- ASS --- ASS + NI ---- Harnstoff + UI + NI

➤ Zellulose (nur Behandlung IV): 17 g /Topf

Ansaat des Weidelgrases am ca. am 02.04.26, Beginn der Ernten am 29.04.26

Behandlung I: Inkubation der Töpfe vom Aufstellen bis zur Ansaat ohne weitere Eingriffe

Behandlung II: zwei-/einmaliges (Beginn am 18.02. bzw. 17.03.) Perkolieren der Töpfe mit dest. H_2O (3 Tage mit je 3 * 250 ml = 2250 ml), Auffangen des durchlaufenden Wassers (21.02. bzw. 20.03.), anschließend Warten (d.h. wieder Inkubieren)

Behandlung III: zwei-/einmaliges (Beginn am 18.02. bzw. 17.03.) Anstauen für 5 Tage der Töpfe mit dest. H_2O (3500 ml von unten, im zweiten Durchgang nur 2000 ml), Ablassen des überstehenden Wassers (23.02. bzw. 22.03.), anschließend Warten (d.h. wieder Inkubieren)

Behandlung IV: *Mit der N-Düngung wird Zellulose eingebracht.* Anschließend erfolgt dieselbe Behandlung wie bei III.

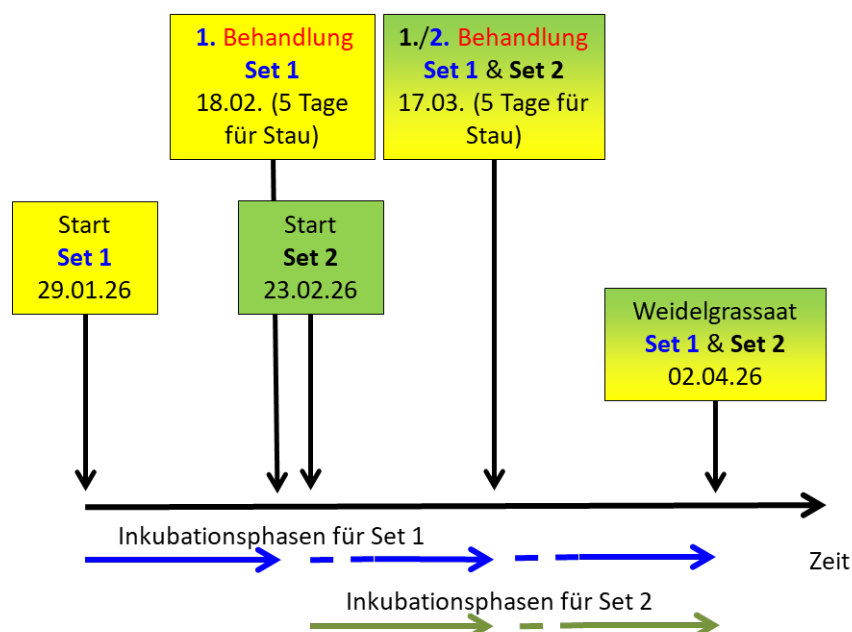


Abb. 1: Vereinfachte Übersicht zu Dauer und Ablauf der Behandlungen im Versuch

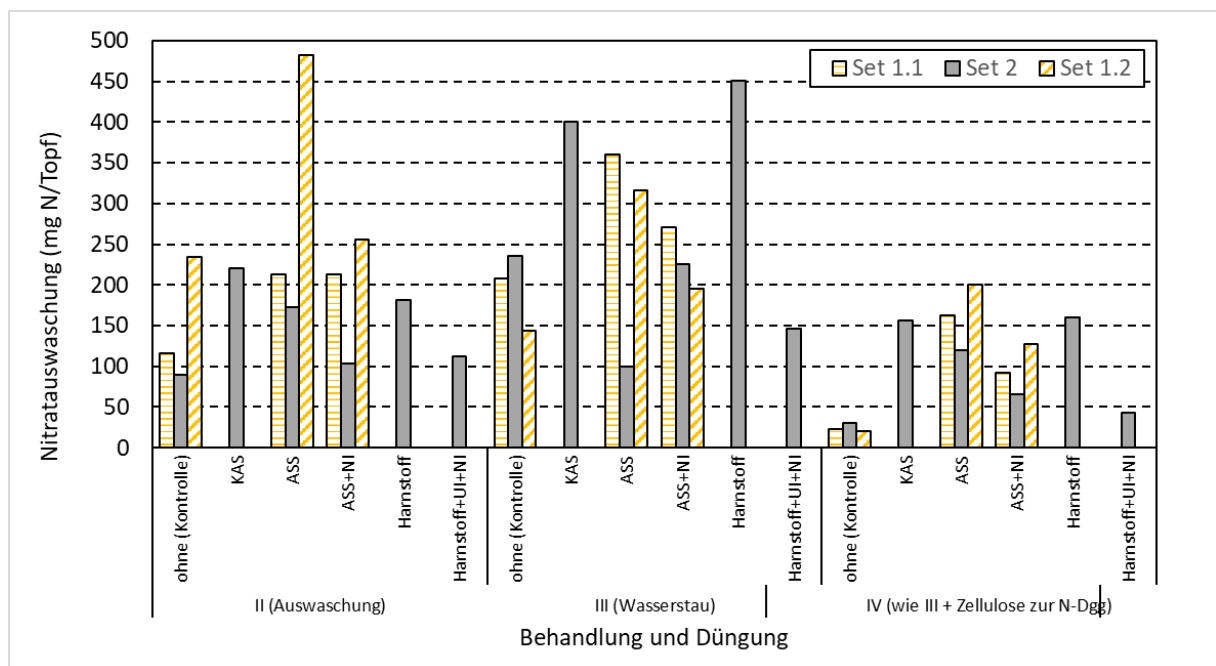
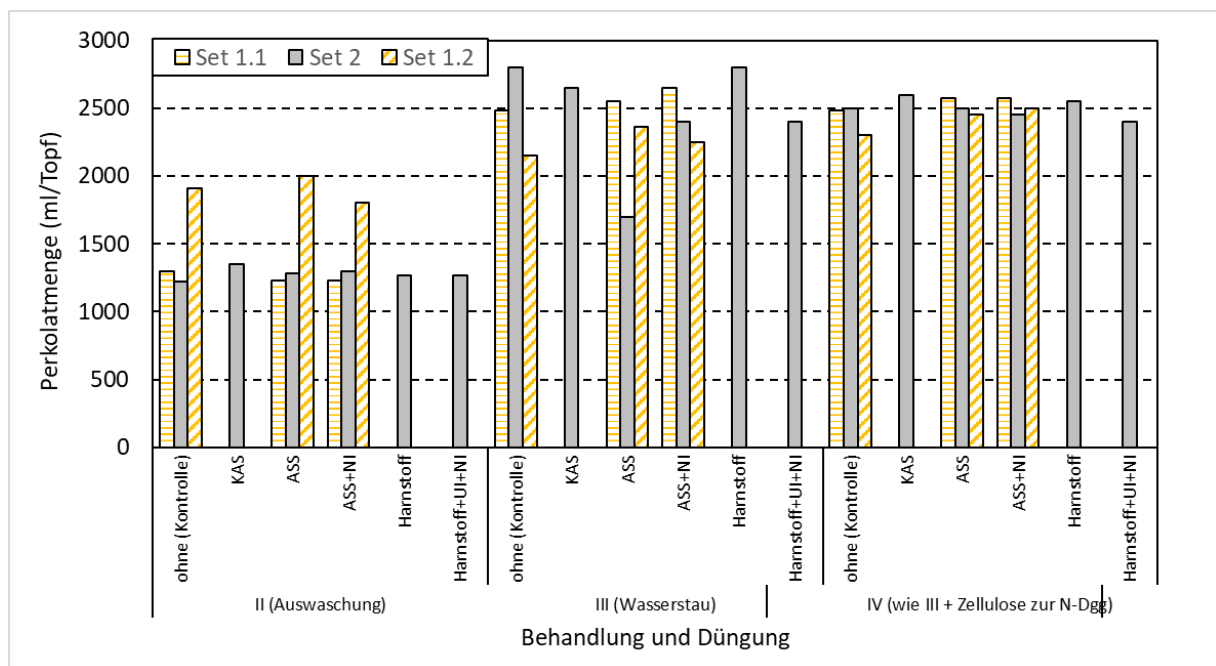


Abb. 2: Übersicht zur Perkolatmenge (oben) und den damit verlorenem Nitrat-N (unten) in Abhängigkeit von Set zweimalige (Set 1.1 und Set 1.2) bzw. einmalige Behandlung und der Behandlung (Auswaschung (II), Wasserstau (III) und Wasserstau nach Zellulosezugabe (IV)) in Anhängigkeit von dem mit Mineraldünger eingestelltem Nitratangebot.

Allgemeines Aufgabenpaket zu Erinnerung an das WS

Grundlagenwissen

- Was beschreiben die folgenden Begriffe:
 - Nitrifikation
 - Mineralisierung
 - Immobilisierung
 - Auswaschung
 - Denitrifikation
- Welche Rolle kommt der Pflanze in der Vermeidung von Verlusten aus der Nitratfraktion zu?
- Warum reduzieren manche Bodenmikroorganismen Nitrat?
- Es kommt an mehreren Stellen im Abschnitt Hintergrundwissen die organische Substanz im Boden (OS) vor. Erklären Sie:
 - was leicht und schwer abbaubare OS unterscheidet?
 - welche Rolle kommt dem C/N-Verhältnis in der OS zu?
 - Nennen Sie ein Beispiel für org. Substanz, die sich als Energiequelle für das Bodenleben eignet und begründen Sie warum das so ist!
- Unter Punkt 5 zum Hintergrundwissen sind 7 Argumente aufgeführt, wann pflanzenbauliche Maßnahmen Nitratverluste befördern.
 - Erklären Sie zu jedem Punkt mit einem Beispiel warum und auf welchem Weg es zu Nitratverlusten kommt
 - Erklären Sie zudem wie die Situation zu vermeiden ist
- *Erklären Sie die Bedeutung des Volumens der FK im Vergleich zur nFK für das Potential des Entstehens von Nitratverlusten! Welcher Verlustprozess wird fallweise befördert?
- *Erklären Sie die Bedeutung der zweimaligen Behandlung im Set 1 für das Ergebnis im Versuch. Welche Effekte kommen durch die doppelte Behandlung dazu?

Aufgabenpaket (erster Termin zum Versuch):

Was soll der Versuch demonstrieren?

- Formulieren Sie Arbeitshypothesen auf Basis der zum Versuch vorliegenden Informationen. Berücksichtigen Sie dabei die unterschiedlichen "Ebenen" im Versuch, sprich' die Behandlung an sich sowie deren Interaktion mit der N-Düngerform und der Inkubation.
 - Was unterscheidet KAS und ASS sowie Harnstoff?
 - Welche Bedeutung kommt dem NI und/oder zu?
 - Welche Aufgabe hat die Zellulose zu erfüllen?
- Prognostizieren Sie die Staffelung des Ertrages aufsummiert über die ganze Versuchsdauer als Ergebnis der Behandlungen für ungedüngt bzw. ASS bzw. ASS + NI jeweils allein.
- Erstellen Sie ein Ranking zwischen allen 12 vorher erstellten Beispielen: wo wir der Ertrag am höchsten sein, in welcher Variante am geringsten usw.
- Erklären Sie, welchen Aspekte Sie dabei automatisch im Kopf haben bzw. bedenken!
- Erklären Sie, warum die Prognose für die gesamte Versuchsdauer nicht mit dem aktuell zu beobachtenden Stand vergleichbar sein muss.

Topfbonituren

Datum:

Behandlung	Set	Düngung	Ranking (1-32)	Beobachtungen
I ohne	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
I ohne	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		
II Auswaschung	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
II Auswaschung	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		
III Überstau	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
III Überstau	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		
IV Überstau mit Zellulose zur N-	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
IV Überstau mit Zellulose zur N-Dgg	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		

Set 1 = zweimalige Behandlung

Set 2 = einmalige Behandlung

Aufgabenpaket (zweiter Termin zum Versuch):

Wie haben sich die Pflanzen bzw. deren Biomasse bisher entwickelt?

1. Erstellen Sie ein Ranking der Behandlungs- und Düngevarianten anhand der Daten und Ihrer Notizen!
2. Vergleichen Sie dieses Ranking mit der zum ersten Termin formulierten Abfolge und erklären Sie mögliche Unterschiede!
3. Welche Bedeutung haben die gemessenen Verluste an Nitrat für die Differenzierung im Wachstum?

Topfbonituren

Datum:

Behandlung	Set	Düngung	Ranking (1-32)	Beobachtungen
I ohne	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
I ohne	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		
II Auswaschung	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
II Auswaschung	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		
III Überstau	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
III Überstau	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		
IV Überstau mit Zellulose zur N-	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
IV Überstau mit Zellulose zur N-Dgg	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		

Set 1 = zweimalige Behandlung

Set 2 = einmalige Behandlung

Aufgaben zum letzten Termin im Versuch Ende Juni (Zeit 35 Minuten):

1. Bonitieren Sie den Wiederaufwuchs der Düngevarianten nach Biomasse und Farbe und erstellen Sie eine Rangfolge vom schwächsten bis zum besten Wachstum. (5 Minuten)
2. Vergleichen Sie die aktuelle Bonitur mit Ihrer Erwartung an den Versuch bzw. die vermutete N-Verfügbarkeit und den bisherigen Beobachtungen/Diskussionen.
 - a. Was lässt die aktuelle Bonitur auf die N-Verfügbarkeit rückschließen? Wo passt das mit Ihrer Erwartung zusammen, wo nicht? (5 Minuten)
 - b. Stellen Sie die Wirkungskette dar, die die N-Verfügbarkeit durch Verluste aus der Nitratfraktion vermindert hat und nehmen Sie dazu die Ergebnisgrafiken zur Hilfe! (Erträge, Verluste an Nitrat-N) (5 Minuten)
3. Schätzen Sie ab inwiefern die N-Verluste eine Rolle spielen könnten! Berechnen Sie dazu die unterschiedliche N-Aufnahme mit 4% N in der Trockenmasse als Basis. (10 Minuten)
4. Was nehmen Sie aus dem Demoversuch für die Praxis mit? (10 Minuten)

Topfbonituren

Datum:

Behandlung	Set	Düngung	Ranking (1-32)	Beobachtungen
I ohne	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
I ohne	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		
II Auswaschung	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
II Auswaschung	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		
III Überstau	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
III Überstau	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		
IV Überstau mit Zellulose zur N-	1	Ohne		
	1	ASS		
	1	ASS + NI		
IV Überstau mit Zellulose zur N-Dgg	2	Ohne		
	2	KAS		
	2	ASS		
	2	ASS + NI		
	2	Harnstoff		
	2	Harnstoff + UI + NI		

Set 1 = zweimalige Behandlung

Set 2 = einmalige Behandlung