

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung DBG, K IV Rhizosphäre und Stoffdynamik

Titel der Tagung:

Horizonte des Bodens

Veranstalter:

DBG

Termin und Ort der Tagung:

02. bis 07.09.2017, Göttingen

Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>

Effekte der Dünger-N-Form auf das Wurzelwachstum von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) unter Freilandbedingungen auf einem Schwarzerde-Standort

Kirschke T.^{1*}, Koblenz B.², Thiel E.^{1,3},
Christen O.²

Zusammenfassung

Auf einem Schwarzerde-Standort konnten in den drei Versuchsjahren 2014–2016 keine eindeutigen Effekte verschiedener Dünger-N-Formen auf die Wurzelentwicklung von Winterweizen erfasst werden. Tendenziell förderte eine NH_4^+ basierende N-Düngung das Wurzelwachstum während

des Schossens (BBCH 37), wohingegen sich eine NO_3^- betonte N-Düngung positiv auf die Wurzelentwicklung zwischen dem Schossen (BBCH 37) und der Blüte (BBCH 65) der Pflanzen auswirkte. Ein Verzicht auf N-Dünger erhöhte im Trend die Durchwurzelung zu Beginn des Schossens (BBCH 32), führte jedoch zu einem teilweise statistisch abgesicherten geringen Wurzelwachstum im Vegetationsverlauf.

Schlüsselworte: Mineraldünger, Stickstoffform, Nitrifikationsinhibitor, verlängerte Ammoniumphase, Wurzelwachstum

Einleitung

Harnstoff (HS) ist der am häufigsten verwendete Stickstoff (N)-Dünger weltweit (IFA, 2011) und unterliegt einer schnellen Hydrolyse im Boden, nach welcher Ammonium (NH_4^+) zu Nitrat (NO_3^-) oxidiert wird. Neben gasförmiger Verluste in Form von Ammoniak und Lachgas unterliegt insbesondere das NO_3^- , aufgrund seiner anionischen Eigenschaft, der Gefahr ausgewaschen zu werden (Widdison & Burt, 2008). Dabei stehen hohe NO_3^- -Konzentrationen im Grundwasser oft in Verbindung mit der lebensbedrohlichen „Blausucht“ sowie einigen Krebsarten (Smil, 1997). Indessen wird durch den Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren (NI) die Nitrifikation des NH_4^+ über Nitrit (NO_2^-) zu NO_3^- gehemmt und die NH_4^+ -Phase des N im Boden verlängert (Ruser & Schulz, 2015). Höhere Konzentrationen des gut sorbierbaren Kations NH_4^+

¹ Agrochemisches Institut Piesteritz e.V., AN-Institut der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Möllendorfer Straße 13, 06886 Lutherstadt Wittenberg

* tobias.kirschke@landw.uni-halle.de

² Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ Ökologischer Landbau
Betty-Heimann-Straße 5, 06120 Halle (Saale)

³ SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH, Landwirtschaftliche Anwendungsforschung
Am Wieseneck 7, 04451 Cunnersdorf

und geringere des mobilen Anions NO_3^- minimieren N-Auswaschungsverluste (Barth et al., 2008).

Verschiedene Studien zeigen, dass eine auf NH_4^+ basierende Pflanzenernährung, verglichen mit einer NO_3^- betonten N-Düngung, zu abweichenden Reaktionen (z.B. pH Absenkung) in der Rhizosphäre führt (Ruan et al., 2007) und unter Laborbedingungen die Verzweigung von Pflanzenwurzeln fördert (Lima et al., 2010). Nach derzeitigem Stand konnte nicht eindeutig belegt werden, dass sich höhere NH_4^+ -Konzentrationen auch unter Feldbedingungen positiv auf das Wurzelwachstum auswirken. Ziel dieser Studie ist es, diese Erkenntnislücke zwischen Labor und Feld zu schließen.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde in drei aufeinanderfolgenden Versuchsjahren (2014–2016) als vollständig randomisierte einfaktorielle Blockanlage in vierfacher Wiederholung mit Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) und differenzierter N-Düngung an der landwirtschaftlichen Versuchsstation der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Merbitz (154 m NN, Ø Jahresniederschlag 546 mm, Ø Jahrestemperatur 9,8°C, Bodentyp Chernozem aus Löss, Bodenart Slu, C_{org} 1,50 %) angelegt. Darin wurden eine ungedüngte Kontrolle als Referenzvariante und zwei verschiedene Dünger-N-Formen untersucht. Stellvertretend für eine NO_3^- betonte N-Düngung wurde granulierter Kalkammonsalpeter (KAS) appliziert. Ein granu-

lierter HS, versetzt mit 0,075 % (N-bez.) des UI 2-NPT und 0,15 % (N-bez.) des NI MPA, repräsentierte eine NH_4^+ basierende N-Düngung (HS+UI+NI). Hierbei kennzeichnen die Kürzel 2-NPT und MPA die im Versuch verwendeten UI N-(2-Nitrophenyl) phosphorsäuretriamid bzw. NI N-[3(5)-Methyl-1H-pyrazol-1-yl)methyl]acetamid. Die oberflächlich aufgebraachte N-Menge betrug dabei jeweils 180 kg N ha^{-1} . Der KAS wurde in drei Gaben mit je 60 kg N ha^{-1} zu Vegetationsbeginn, zum BBCH 31 und als Qualitätsgabe (BBCH 51) appliziert. Der stabilisierte HS (HS+UI+NI) wurde in zwei Gaben zu Vegetationsbeginn mit 100 kg N ha^{-1} (parallel zu 60 kg N ha^{-1} KAS) und zum BBCH 37 mit 80 kg N ha^{-1} verabreicht.

Die Weizenwurzeln wurden zu den BBCH-Stadien 32, 37 und 65 mittels der Bohrkernmethode nach Böhm (1979) bis in 80 cm Bodentiefe zwischen den Pflanzenreihen (2014 und 2015) sowie in den Pflanzenreihen (2016) beprobt. Die Untersuchungstermine BBCH 32 und 37 richteten sich nach den Düngezeitpunkten, sodass die charakteristische Wirkungen der einzelnen N-Formen in Erscheinung treten konnten. Indessen sollte die Beprobung zum BBCH 65 die maximale Wurzelausdehnung der Pflanzen offenbaren.

Die Bodenmonolithe wurden in 20 cm Abschnitte segmentiert (Abb. 1A) und die Wurzeln anhand eines Siebes ($630 \mu\text{m}$ Maschenbreite) von Bodenpartikeln sowie organischem Material abgetrennt (Abb. 1B). Anschließend wurden die ausgewaschenen

Wurzeln mit Hilfe der Bildanalysesoftware WinRHIZO® (Regent Instruments Canada Inc., 2013) digitalisiert (Abb. 1C) und die Wurzellängendichten (WLD) quantifiziert. Der Prüfgliedervergleich erfolgte über einer Varianzanalyse (F-Test) der Mittelwerte ($p < 0,05$).



Abbildung 1: Abfolge der Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Durchwurzelung von Winterweizen im Feld. A: Bodenmonolith; B: Wurzelwaschung; C: Wurzelscanner.

Ergebnisse

Der ertragsreiche Boden am Standort Merbitz wies selbst in der ungedüngten Kontrolle in den einzelnen Jahren zu Vegetationsbeginn hohe N_{\min} -Mengen im Boden auf (z.B. 2016 in 0–90 cm Bodentiefe: $> 100 \text{ kg N ha}^{-1}$). Unterschiedliche NH_4^+ -Konzentrationen konnten nachweislich, mittels mehrmaliger Bestimmung des N_{\min} -Gehalts via Bohrstock, durch die gewählten Dünger-N-Formen erreicht werden. Dennoch lag der Großteil der N_{\min} -Menge stets als NO_3^- vor.

Die Durchwurzelung des Bodens (0–80 cm) nahm variantenunspezifisch zu allem Beprobungsterminen mit zunehmender Bodentiefe ab (Abb. 2). Es waren stets mehr als 40 % der gesamten quantifizierten Wurzeln in den obersten 20 cm vorzufinden. Unter Einbezug der Bodentiefe 20–40 cm wuchsen meist ca. 75 % der Wurzeln in der Ackerkrume (0–40 cm Bodentiefe). Zwischen den untersuchten Dünger-N-Formen offenbarten sich in den drei Versuchsjahren häufig nur Tendenzen und keine signifikanten Unterschiede. Tendenziell zeigte HS+UI+NI, verglichen mit KAS, während des Schossens (BBCH 37) höhere WLD, wohingegen die Werte beider Düngevarianten zur Blüte (BBCH 65) annähernd identisch waren. Signifikant unterschieden sich die Düngevarianten, zugunsten von KAS, zum BBCH 37 (2014) sowie BBCH 65 (2016) in den Bodentiefen 40–60 cm bzw. 0–20 cm.

Ein Verzicht auf N-Dünger in der Kontrollvariante erhöhte im Trend die WLD zum BBCH 32, führte jedoch zu einer teilweise statistisch abgesicherten geringerer Durchwurzelung im Vegetationsverlauf. Ferner variierten die Ergebnisse innerhalb einer Variante zu allen Probenahmeterminen stark voneinander.

Diskussion und Schlussfolgerung

Die bspw. von Lima et al. (2010) beschriebenen positiven Effekte einer NH_4^+ basierten N-Düngung auf die Wurzelentwicklung

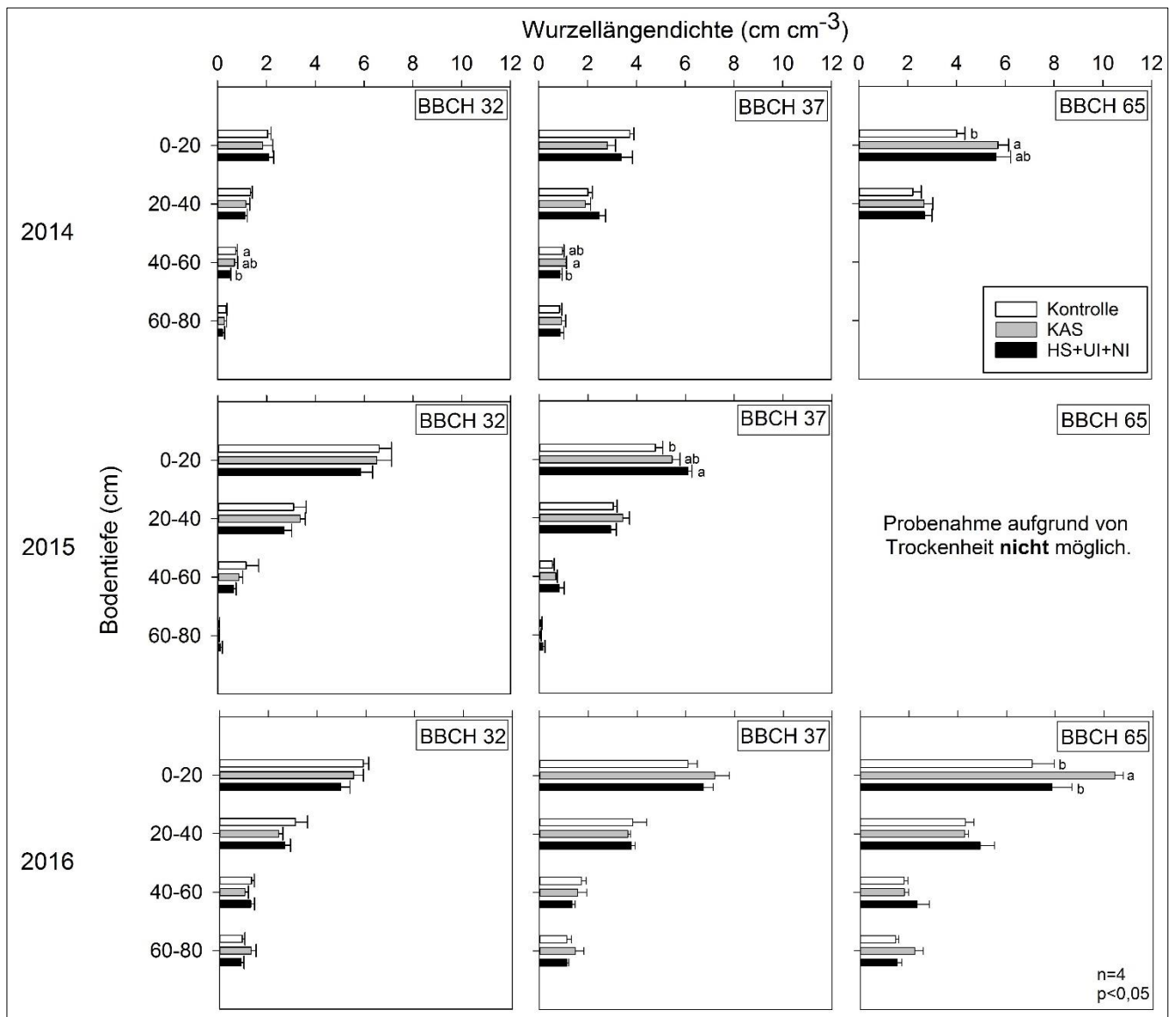


Abbildung 2: Entwicklung der Wurzellängendichte (WLD) in den Bodentiefen 0-20, 20-40, 40-60 und 60-80 cm der Prüfglieder Kontrolle, KAS und HS+UI+NI in den Versuchsjahren 2014, 2015 und 2016 zu den BBCH-Stadien 32, 37 sowie 65. Dargestellt sind die Mittelwerte aus 4 Wiederholungen und die Standardfehler. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Bodentiefe und eines Jahres; ($p < 0,05$).

von *Arabidopsis* unter kontrollierten Laborbedingungen konnten in dem 3-jährigen Feldversuch mit Winterweizen nur temporär und weniger deutlich belegt werden. Dies ist primär auf hohe NH_4^+ -Konzentrationen unter Laborbedingungen (Nährlösung) zurückzuführen, welche i.d.R. im Feld nicht erreicht werden. Während eine NH_4^+ betonte N-Düngung das Wurzelwachstum vorwiegend während des Schossens (BBCH 37) förderte, verstärkte eine auf NO_3^- basierte N-Düngung die Durchwurzelung zur Blüte

(BBCH 65). Eindeutige und sich wiederholende Effekte konnten jedoch nicht erfasst werden. Ähnliche Ergebnisse wiesen (Chen et al., 2016) bei Tomaten in einem Gefäßexperiment nach. Darin wuchsen die Wurzeln der mit NH_4^+ behandelten Pflanzen bis zur Blüte stärker, indessen implizierte NO_3^- ein vermehrtes Wurzelwachstum zur Reife. Dennoch konnten mit einer 2-geteilten Düngestrategie ähnliche Durchwurzelungen, wie mit einer 3-Gabenteilung erzielt werden.

Während sich ein N-Mangel in dem Feldversuch der vorliegenden Studie zunächst positiv auf die Durchwurzelung auswirkte, bildeten die Pflanzen der ungedüngten Kontrolle im Verlauf der Pflanzenentwicklung deutlich weniger Wurzeln aus. Die zeitlich hoch aufgelösten Bonituren der oberirdischen Pflanzenentwicklung zeigten keine relevanten Unterschiede in der Pflanzenentwicklung (BBCH, Pflanzen m^{-2} , Triebe m^{-2} , ährentragende Halme m^{-2}) zwischen den Düngewarianten. Ferner erzielte die Kontrolle auf dem ertragsreichen Standort signifikant geringere, dennoch hohe Kornerträge von 80–90 dt ha^{-1} . Zwischen den Düngewarianten konnten in den drei Versuchsjahren keine signifikanten Ertragsunterschiede festgestellt werden.

Eine im dritten Versuchsjahr zusätzlich etablierte Praktik, die sogenannte Core break Methode (Böhm, 1979), sollte einen ersten schnellen Überblick zur Durchwurzelung geben. Hierbei wurden die 20 cm Bodenmonolithe halbiert und die Anzahl der sichtbaren Wurzeln an den Bruchstellen erfasst. Ein Vergleich der somit bestimmten Werte mit den anschließend ausgewaschenen und digitalisierten Wurzeln ergab eine mittlere bis hohe lineare Korrelation (0,7–0,8) beider Ansätze.

Zudem wurden in allen drei Versuchsjahren Minirhizotron-Röhren in einem Winkel von 45° in den Boden (0–75 cm) eingebaut und die Wurzeln zu den BBCH-Stadien 32, 37 und 65, mittels eines Scanners, fotografiert. Die Auswertung via line intersect Methode

(Tennant, 1975) stellte sich als problematisch und nicht zielführend heraus. Die Röhren beeinflussten das Wurzelwachstum stark, sodass weder zwischen den Varianten noch zwischen den Beprobungsterminen Unterschiede ersichtlich wurden.

Danksagung

Das Vorhaben wurde von den SKW Stickstoffwerken Piesteritz GmbH finanziert. Herrn Bernd Look und Kollegen von der Versuchsstation Merbitz sei für die tatkräftige Unterstützung bei der Versuchsanlage sowie –Durchführung gedankt.

Literatur

- Barth, G., von Tucher, S., Schmidhalter, U., 2008. Effectiveness of 3,4-Dimethylpyrazole Phosphate as Nitrification Inhibitor in Soil as Influenced by Inhibitor Concentration, Application Form, and Soil Matrix Potential. *Pedosphere* 18 (3), 378–385.
- Böhm, W., 1979. *Methods of Studying Root Systems*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Chen, C., Xu, F., Zhu, J.-R., Wang, R.-F., Xu, Z.-H., Shu, L.-Z., Xu, W.-W., 2016. Nitrogen forms affect root growth, photosynthesis, and yield of tomato under alternate partial root-zone irrigation. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 179 (1), 104–112.
- IFA, 2011. Main fertilizers. World nitrogen fertilizer consumption. Int. Fertilizer Industry Assoc. http://www.fertilizer.org/En/Knowledge_Resources/About_Fertilizers/About_Fertilizers_Home_Page.aspx?WebsiteKey=411e9724-4bda-422f-abfc-8152ed74f306&New_ContentCollectionOrganizerCommon=2#New_ContentCollectionOrganizerCommon (aufgerufen am 04. Oktober 2017).

- Lima, J.E., Kojima, S., Takahashi, H., Wirén, N. von, 2010. Ammonium triggers lateral root branching in *Arabidopsis* in an AMMONIUM TRANSPORTER1;3-dependent manner. *The Plant cell* 22 (11), 3621–3633.
- Ruan, J., Gerendás, J., Härdter, R., Sattelmacher, B., 2007. Effect of nitrogen form and root-zone pH on growth and nitrogen uptake of tea (*Camellia sinensis*) plants. *Annals of botany* 99 (2), 301–310.
- Ruser, R., Schulz, R., 2015. The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N₂O) release from agricultural soils—a review. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 178 (2), 171–188.
- Smil, V., 1997. Global Population and the Nitrogen Cycle. *Sci Am* 277 (1), 76–81.
- Tennant, D., 1975. A Test of a Modified Line Intersect Method of Estimating Root Length. *The Journal of Ecology* 63 (3), 995–1001.
- Widdison, P.E., Burt, T.P., 2008. Nitrogen cycle. *Encyclopedia of Ecology*. Jorgensen, S. E. & Fath, B. (eds). Oxford: Academic Press, 2526–2533.