

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	28293-34	Referat	34	Fördersumme	161.522,-
----	-----------------	---------	-----------	-------------	------------------

Antragstitel **Optimierung der N-Düngung in der Tröpfchenbewässerung von Intensivkulturen durch Online-Bestimmung des pflanzenverfügbaren Bodenstickstoffs:
Entwicklung einer innovativen in situ-Mess- und Steuermethode (NITROM)**

Stichworte Nitratdüngung, Steuerung, Intensiver Gemüsebau

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
3 Jahre	01.05.2011	31.12.2014	1

Zwischenberichte

Bewilligungsempfänger	Gutachterbüro TerrAquat	Tel (07022) 931 95 27
	Inhaber: Dr. Wolf-Anno Bischoff	Fax (07022) 931 95 28
	Schellingstr. 43	Projektleitung Dr. Wolf-Anno Bischoff
	D-72622 Nürtingen	Bearbeiter Stephan Mayer

Kooperationspartner Universität Hohenheim
Fachgebiet Düngung und Bodenstoffhaushalt
Prof. Dr. Torsten Müller
70593 Stuttgart
Tel. 0711/459-22345
E-Mail: Torsten.Mueller@uni-hohenheim.de

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Hauptquelle der diffusen Stickstoffbelastungen in Gewässern ist die Landwirtschaft. Besonders im Gemüsebau werden hohe Düngermengen appliziert, denn schon eine geringe Unterversorgung der Pflanzen mit Stickstoff (N) kann zur Kompletvernichtung einer Ernte führen, weil das Gemüse nicht marktfähig ist. Bisher kann insbesondere Nitrat-N nicht mit annehmbarem Aufwand und ausreichender Genauigkeit im Boden gemessen werden, um Pflanzenmangel und Bodenüberschuss gleichzeitig zu vermeiden. Ein automatisches Messverfahren gekoppelt mit einer Bedarfssteuerung für bewässerte Gemüsebaukulturen im Boden oder in festen Substraten ist noch nicht vorhanden.

Ziel dieses Projektes ist es daher, eine funktionstüchtige Mess- und Steuereinheit für die optimale Dosierung von Nitrat-Dünger in Bewässerungsanlagen für Gemüse- und Sonderkulturen zu entwickeln und zu prüfen (NITRat-Online-Messsystem – NITROM). Die neue *in situ*-Messeinheit soll auch eigenständig verwendbar sein.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Es wird ein Messsystem erprobt, das die direkte Bestimmung der Nitratkonzentration in der Bodenlösung ohne den Einsatz von Chemikalien ermöglicht. Dazu soll Nitrat spektralphotometrisch bei bestimmten Wellenlängen gemessen werden. Störsignale durch z.B. gelösten organischen Kohlenstoff sollen über einen Referenzwellenlängenbereich und eine geeignete Auswertetechnik eliminiert werden. Durch eine spezielle Probenführung im Probenahmesystem mit Saugkerzen soll stets die aktuelle Bodenlösung gemessen werden. Diese unmittelbare Analyse verhindert auch eine starke Veränderung der Probe z.B. durch mikrobielle Umsetzung oder Ausgasung, was bei einer längeren Lagerung der Probe nicht auszuschließen ist.

Die Daten werden online an eine Auswerteeinheit übertragen und ausgewertet. Durch den Vergleich der aktuellen Nitratkonzentrationen mit vorliegenden Daten zum pflanzenspezifischen Düngerbedarf wird die Düngerdosierung gesteuert.

Nach Erprobung der spektralphotometrischen Messung im Labor wird das Messsystem im Freiland oder Gewächshaus in verschiedenen Gemesekulturen erprobt und evaluiert. Nach erfolgreichen Probeeinsätzen soll dann ein serienreifer Prototyp des Messsystems entstehen, mit dem eine vollautomatische Düngung nach aktuellen Nitratmesswerten durchgeführt werden kann.

Ergebnisse und Diskussion

Laborergebnisse zur Absorption von Nitrat im UV-Bereich zwischen 230 und 260 nm in einer reinen Nitratstandardreihe ($0 - 1000 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$) zeigen für verschiedene Wellenlängen einen sehr engen linearen Zusammenhang. Niedrige Nitratkonzentrationen ($0 - 150 \text{ mg L}^{-1}$) werden dabei zwischen 230 und 240 nm präzise gemessen, hohe Nitratkonzentrationen ($150 - 1000 \text{ mg L}^{-1}$) dagegen zwischen 240 und 250 nm. Für UV-Messungen in Bodenlösung, welche unter dem Einfluss verschiedener Interferenzen stattfinden, kann keine Linearität erreicht werden.

Die Hauptinterferenz bei der Nitratmessung im Feld geht von Aromaten und Alkenen des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC, engl.: dissolved organic carbon) aus. Die komplexe Struktur von DOC kann in einer Kalibrierung nur über einen Multiwellenlängenansatz berücksichtigt werden, in den Wellenlängen aus dem Bereich für niedrige und hohe Nitratkonzentrationen sowie aus dem Referenzbereich ohne Nitratabsorption (250 – 260 nm) einfließen. Daher werden zur Berechnung der Nitratkonzentration aus den Spektraldaten Polynomiale Multiple Regressionen (PMR) verwendet.

Eine PMR eignete sich, im Vergleich zu einer Einfachen Linearen oder Multiplen Linearen Regression (ELR, MLR) zur Schätzung der Nitratkonzentration aus Spektraldaten am besten. Dies konnte mit Felddaten eines Gewächshausversuchs gezeigt werden (PMR: $R^2 = 0,963$, $p < 0,001$; MLR: $R^2 = 0,948$, $p < 0,001$; ELR 232 nm: $R^2 = 0,093$, $p = 0,047$).

Die Komponenten der Messmethode wurden mit einer Steuerungs- und Datenübertragungseinheit in einen feldtauglichen Prototyp eingebaut. Parallel wurden ein Datenempfänger und eine Steuerungseinheit für die Flüssigdüngung gebaut. Sowohl das Mess- als auch das Steuermodul kommunizieren untereinander und mit einer PC-Software, die Einstellungen an den Modulen und Berechnungen zur Düngemenge mit hinterlegten Nitrat-Zielgrößen in der Bodenlösung vornehmen kann.

In einem weiteren Gewächshausversuch wurde die komplette Technik der NITROM-Methode getestet. Aus halbstündigen Messdaten wurde im Zeitraum von fünf Wochen anhand einer PMR-Kalibrierung eine Kurve des Nitratgehalts im Boden erstellt ($n = 998$), nach der sich Düngegaben orientierten. Die Düngereignisse sind in der Kurve als deutliche Peaks erkennbar. Die PMR der Kalibrierung (mit 15 Wellenlängen und $n = 36$) ist höchst signifikant ($p = 0,001$; $R^2 > 0,999$), die Validierung dieser Kalibrierung zeigt einen relativen Schätzfehler von 6,1 %.

In einem dritten Gewächshausversuch konnte in einer Paprikakultur im Vergleich zu einer herkömmlichen Düngemethode (N_{\min} -Messung, Dosatron-Dosierung) mit der neuen Messmethode bei vergleichbaren Erträgen 30 % Dünger eingespart werden.

Die Eignung des NITROM zur *in-situ*-Bestimmung der Nitratkonzentration und Steuerung einer angepassten, kulturgerechten Düngung auf Basis von Messdaten konnte damit gezeigt werden. Die Verknüpfung mit einem automatischen Düngesystem erlaubt nun die bedarfsgerechte, einer Kultur angepasste Düngung. Vor allem im intensiven Gemüsebau können so hohe Nitratüberschüsse und deren Folgen wie Grundwasserbelastung, Eutrophierung, Versalzung und Lachgasemissionen vermindert werden.

Die in diesem Projekt gesetzten Ziele konnten unter Einhaltung des Arbeits- und Zeitplans sowie der ursprünglichen Kostenkalkulation erreicht werden.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

2013 und 2014 wurde der Prototyp auf dem Gemüsebautag der Versuchsstation für Gartenbau der Universität Hohenheim vorgestellt und daraufhin in diversen Fachzeitschriften für den Gemüsebau aufgegriffen und beschrieben (Taspo: Nr.45, 2013; BW Agrar: Nr.42, 2013, Nr.41, 2014).

Die Methode wurde 2013 in einem Vortrag auf der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) vorgestellt (http://eprints.dbges.de/925/1/DBGPaper2013_StephanMayer.pdf).

Dissertation von Stephan Mayer (Universität Hohenheim) in diesem Projekt: Download unter URL: http://opus.uni-hohenheim.de/frontdoor.php?source_opus=1061&la=de

Fazit

Nitrat-Messmethode und Düngemodul konnten mit einigen Abweichungen zur Ausgangsidee entwickelt werden. Die Arbeiten an einem Vorserienprodukt auf Grundlage des Prototyps sind im Gange. Das NITROM wurde als Gebrauchsmuster Nr. 20 2015 000 747 geschützt und soll sowohl als Messgerät als auch als Düngesteuerung auf den Markt kommen. Vor der Anmeldung des Schutzrechts war eine offensive Vermarktung und Öffentlichkeitsarbeit noch nicht möglich.

Aus dem Forschungsbereich liegen bereits Anfragen vor. Als eigenständiges Messgerät wird das NITROM hier Bedeutung haben: Zeitlich hochaufgelöste Nitrat-Zeitreihen unter Freilandbedingungen konnten bisher nicht gemessen werden und dienen dem Verständnis der Nitrifikation, Denitrifikation und Lachgasbildung. Hier werden mit der neuen Methode erhebliche Forschungsfortschritte erwartet.

Als Düngemodul in der Tröpfchenbewässerung soll das NITROM über Partner des Gewächshaus- und Gartenbauzubehörhandels vermarktet werden.