

## **Nawożenie w rolnictwie zrównoważonym – podstawą wysokich plonów lub przyczyną obciążenia środowiska**

Wraz ze wzrostem produktywności w produkcji roślinnej rosną równocześnie wymagania odnośnie zaopatrzenia w składniki pokarmowe gleby i roślin uprawnych. Racjonalne nawożenie stanowi więc podstawowy przyczynek do wykorzystania potencjału plonotwórczego danego siedliska.

Z drugiej strony nawożenie gruntów ornych jest odpowiedzialne za to, że duże dawki azotu i fosforu tam stosowane są źródłem dużego obciążenia wód powierzchniowych i gruntowych. Redukcja składników pokarmowych w wodach jest najważniejszym celem przepisów dotyczących ochrony wód (EU WRRL), które weszły w życie już w 2000 roku.

Poprzez nawożenie rozumie się wprowadzenie do gleby składników pokarmowych, by wyrównać ich ilość pobraną z plonem, wyrównać straty oraz poprawić zaopatrzenie użytkowanych gleb w te składniki. W Niemczech opublikowano zalecenia nawozowe uwzględniające reakcje gleby (pH) i nawożenie podstawowymi składnikami P, K i Mg w zależności od klas zasobności (GK). Przy osiągnięciu pożądanej klasy zasobności „C” dalsze nawożenie fosforem spowoduje tylko nieznaczne zwiększenie plonu, a nawożenie potasem – średnią zwyżkę plonu. Dla nawożenia w tej klasie zasobności zaleca się więc jedynie wyrównanie strat składników pokarmowych wywiezionych z plonem (Zalecenia LUFA).

W związku z tym na typowych dla wielu rejonów Meklemburgii – Pomorza Przedniego warunków siedliskowych w Gülzow, w siedzibie LFA (Krajowego Ośrodka Badawczego) założono doświadczenia polowe z nawożeniem podstawowymi składnikami pokarmowymi. W czteropolowym zmianowaniu z rzepakiem, pszenicą, ziemniakami i jęczmieniem stosowano zróżnicowane pod względem ilości i terminu nawożenie mineralne fosforowo-potasowe w celu określenia jego działania na zasobność gleby, wielkość plonów i jakość produktów końcowych. Uzyskane wyniki po trzykrotnym cyklu uprawy ww. gatunków wskazują, że gdy zaniechano nawożenia PK, to zmniejszyła się w glebie zawartość fosforu i potasu o 0,5 mg/100 g gleby. Nawożenie wg zaleceń LUFA spowodowało wzrost zawartości potasu (Ryc. 1). Przyczyną tego była duża zmienność plonów w poszczególnych latach oraz wahania zawartości składników pokarmowych w plonach i słomie, tak że kalkulacja wysokości nawożenia była za wysoka. Nawożenie dawką w wysokości 50% wywożonych z pola składników pokarmowych spowodowało natomiast spadek zawartości fosforu. Nie była zbierana z pola słoma, w związku z czym zaopatrzenie w potas pochodziło z jego przemian w glebie i pokrywało niedobory.

Wyniki doświadczenia podkreślają dużą efektywność nawożenia podstawowego na plon ziemniaka. Wzrost plonów do 25% spowodowane było głównie nawożeniem potasem. Zboża reagowały najpierw słabo na nawożenie P/K. Uzyskane wyniki faworyzują kombinację, gdzie stosowano nawożenie fosforowo-potasowe jesienią w wysokości pokrywającej wywóz z pola. Wbrew wszystkim oczekiwaniom rzepak pokazał najmniejszą reakcję na nawożenie w badanym zmianowaniu. Jego dobrze rozwinięty system korzeniowy i długi okres wegetacji gwarantowały dobre wykorzystanie składników ze słomy roślin przedplonowych.

Zapewnienie wyważonego zaopatrzenia gleby w podstawowe składniki pokarmowe uznawane było i jest za podstawę wysokich i stabilnych plonów. Oszczędzanie przy tym nawożeniu jest prawie niemożliwe. Pobieranie regularnie prób glebowych z odpowiedniej głębokości powinno być podstawą oceny zaopatrzenia gleby w składniki pokarmowe.

Mimo tego, że główne zasoby azotu w glebie są w postaci związków organicznych, to nawożenie azotowe ma duży wpływ na rozwój roślin i tworzenie plonu większości gatunków roślin uprawnych. Jednak jest bardzo trudno określić dokładne potrzeby roślin w przyswajalne formy azotu i równocześnie zapobiec niepożądanym stratom tego składnika.

Do opracowania zaleceń nawozowych dla danego stanowiska stosuje się różne modele. W wielu krajach związkowych Niemiec wykorzystuje się Analizę Potrzeb Azotu (SBA) jako metodę standardową. Wychodząc z ilości N potrzebnej do uzyskania optymalnego plonu danej rośliny dolicza się lub odlicza ilość azotu  $N_{\min}$  zawartego w glebie, oszacowany przychód N z przedplonu oraz nawożenia organicznego. Metoda SBA jest próbą określenia potrzeb N w okresie przedwiośnia. W późniejszym okresie wegetacji muszą być stosowane inne metody, by bardziej precyzyjnie określać zalecenia nawozowe. Przykładowo można przeprowadzić analizę roślin poprzez szybki test na zawartość azotanów lub wykorzystać N-tester firmy YARA do określenia aktualnego pobierania azotu przez rośliny. Programy komputerowe, modele doradców lub doświadczenie rolnika mogą być tu również wykorzystywane.

W badaniach naukowych rozwinięto kilku lat temu nowe metody, wypróbowano je i częściowo przetestowano w praktyce. Są to wspomagane przez sensory metody nawożenia części plantacji oraz metoda CULTAN.

W Krajowym Ośrodku Badawczym (LFA) przeprowadzono wieloletnie obszerne doświadczenia z nawożeniem depozytowym (jednorazowe nawożenie roztworem NTS). Nawożenie zastosowano metodą iniekcyjną i powierzchniową. W uprawie zbóż uzyskano dzięki jednorazowemu stosowaniu nawozów wzrost plonu i to szczególnie na terenach o małych opadach atmosferycznych. Dla zwiększenia zawartości białka w pszenicy jakościowej konieczna jest jeszcze późna dawka azotu.

W rzepaku ozimym uzyskano przy tych samych plonach nasion większą zawartość tłuszczu stosując powierzchniowe nawożenie w porównaniu do nawożenia konwencjonalnego. W kukurydzy zwłaszcza na lepszych glebach uzyskano lepsze plony.

W rzepaku ozimym od około 5 lat opracowywana jest metoda uwzględniająca pobieranie azotu jesienią w celu określenia nawożenia wiosennego w rzepaku. W próbach praktycznych nad nawożeniem części pola uwzględniających plon masy nadziemnej roślin oraz zastosowanie zróżnicowanego nawożenia oszczędzają rolnicy do 25 kg N / ha bez pomniejszenia plonu w porównaniu do nawożenia stosowanego w zakładzie (Ryc. 2).

Interesującym przyczynkiem jest stosowanie zaleceń nawozowych opartych na modelach. Wypróbowanie i dopasowanie programu symulującego w Meklemburgii-Pomorzu Przednim odbyło się w latach 2002-2004. W wyniku tego można było opracować dwa zakresy stosowania. W doradztwie nawozowym można wykorzystać model odczytujący nawożenie na danym polu oraz pomagający podjęcie decyzji o wyborze systemu uprawy w poszczególnych gospodarstwach. Przy wcieleniu w życie przepisów ochrony wód (EU WRRL) możliwe jest więc stosowanie analizy systemu

gospodarowania uwzględniającego specyficzne warunki danego pola. Wymaga to jednak dalszych badań.

Podsumowując można stwierdzić, że wysokie i stabilne plony można uzyskać poprzez wyważone zaopatrzenie gleb w podstawowe składniki pokarmowe. Metody określania potrzeb nawozowych na podstawie pobierania składników przez rośliny są dalej rozwijane. Efektywna ochrona wód przed obciążeniem azotem i fosforem wymaga dopasowanego nawożenia uwzględniającego poziom plonowania oraz potrzeby roślin.

IV. Deutsch-Polnischer Bauerntag Pasewalk, 21. Oktober 2009

## **Düngung im Sinne einer nachhaltigen Landwirtschaft - Grundlage für hohe Erträge oder Ursache für Umweltbelastung**

*Dr. Eckhard Lehmann, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Acker und Pflanzenbau*

Mit dem kontinuierlichen Wachstum der Produktivität im Pflanzenbau steigen gleichzeitig die Anforderungen an die Nährstoffversorgung des Bodens und der Feldfrüchte. Die sachgerechte Düngung ist deshalb ein wichtiger Beitrag zur Nutzung des standortspezifischen Ertragspotentials.

Andererseits wird die Düngung landwirtschaftlich genutzter Flächen dafür verantwortlich gemacht, dass große Mengen an Stickstoff und Phosphor in die Umwelt ausgebracht werden und dadurch Oberflächen- und Grundwasser belasten. Die Reduzierung der Nährstofffrachten in den Gewässern ist oberstes Ziel in der bereits im Jahr 2000 in Kraft getretenen Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (EU WRRL).

Unter Düngung versteht man die Zufuhr von Pflanzennährstoffen zum Ausgleich der Entzüge, Verluste und zur Verbesserung der Nährstoffversorgung genutzter Böden. Für die Bodenreaktion und die Grundnährstoffversorgung mit P, K und Mg wurden Richtwerte für Gehaltsklassen (GK) veröffentlicht. Bei erreichter Einstufung in anzustrebende Gehaltsklasse „C“ führt eine Düngung mit P zu einem geringen und mit K zu einem mittleren Mehrertrag. Für die Düngung wird in dieser GK der Ausgleich der Nährstoffabfuhr empfohlen (LUFÄ-Empfehlung).

Unter den für viele Gebiete Mecklenburg-Vorpommerns typischen Bedingungen wurde am Standort der LFA in Gülzow bereits 1996 ein Grunddüngungsversuch angelegt. In einer vierfeldrigen Fruchtfolge mit Raps, Weizen, Kartoffel und Gerste wurden in Menge und Zeitpunkt differenzierte P/K-Düngungsvarianten in ihrer Wirkung auf den Bodennährstoffgehalt, den Ertrag und die Qualität der Ernteprodukte verglichen. Im Ergebnis nach drei Fruchtfolgerotationen hat sich der Phosphor- und Kaliumgehalt im Boden je Jahr bei unterlassener Düngung um 0,5 mg/100 g Boden verringert. Die Düngung nach LUFÄ-Empfehlung hatte einen Anstieg des Kaliumgehaltes zur Folge (Abbildung 1). Ursächlich werden jahresbedingt sehr große Schwankungen der Erträge und der Nährstoffgehalte im Erntegut und Stroh dafür verantwortlich gemacht, dass die Kalkulation der erforderlichen Düngermenge zu hoch war. Die Düngung von nur 50 % der abgefahrenen Nährstoffe wirkte sich dagegen nur auf einen sin-

kenden P-Gehalt aus. Da Stroh nicht abgefahren wurde, ist die K-Lieferung aus der Umsetzung für den Erhalt des Nährstoffstatus im Boden verantwortlich.

Die Ergebnisse des Versuches unterstreichen die hohe Wirksamkeit der Grunddüngung auf den Kartoffelertrag. Ertragssteigerungen bis zu 25 % sind im Wesentlichen der K-Düngung zuzuschreiben. Getreide reagierte zunächst nur in geringem Maße auf P/K-Düngung. Aus den Ergebnissen wird eine Kombination von Phosphor und Kali als Herstdüngung in der Höhe der Abfuhr favorisiert. Entgegen aller Erwartungen hat der Raps in der geprüften Fruchtfolge die geringste Düngewirkung gezeigt. Sein leistungsfähiges Wurzelsystem und die lange Vegetationszeit gewährleisteten eine gute Nutzung der Nährstoffe aus dem Stroh der Vorfrucht.

Die Sicherung einer ausgewogenen Bodenversorgung mit Grundnährstoffen wird nach wie vor als Basis für hohe und sichere Erträge angesehen. Einsparungen bei der Grunddüngung sind nur begrenzt möglich. Regelmäßige Bodenbeprobung in ausreichender Tiefe ist Voraussetzung für eine sachgerechte Beurteilung des Nährstoffstatus.

Obgleich der größte Anteil des Stickstoffpools im Boden organisch gebunden vorliegt, kann durch N-Düngung gezielt auf die Entwicklung und Ertragsbildung der meisten Fruchtarten Einfluss genommen werden. Allerdings ist es sehr schwierig, den exakten Bedarf in pflanzenverfügbarer Form bereitzustellen und gleichzeitig unerwünschte Verluste zu vermeiden.

Zur Berechnung einer schlagbezogenen Düngeempfehlung gibt es verschiedene Modelle. In vielen Bundesländern gilt die Stickstoff-Bedarfs-Analyse (SBA) als Standardmethode. Ausgehend von der N-Menge für den Optimalertrag der entsprechenden Fruchtart werden Zu- und Abschläge aus dem  $N_{\min}$ -Vorrat des Bodens und der geschätzten Nachlieferung aus Vorfrüchten und organischer Düngung berechnet. Die SBA ist ein Versuch, den N-Düngebedarf im zeitigen Frühjahr zu bestimmen. Mit zunehmendem Vegetationsfortschritt müssen weitere Methoden angewendet werden, um die Empfehlung zu präzisieren. Beispielsweise kann über einen Nitratschnelltest, eine Pflanzenanalyse oder den YARA-N-Tester die aktuelle N-Aufnahme der Pflanzen bestimmt werden. Computerprogramme, Beratermodelle oder Erfahrungswerte des Landwirtes sind ebenfalls geeignete Verfahrensweisen.

In der Forschung werden seit einigen Jahren neue Verfahren entwickelt, erprobt und zum Teil bereits in die Praxis eingeführt. So sind die sensorgestützte teilflächenspezifische Düngung und das Cultanverfahren bereits in größerem Umfang etabliert.

Zur Depotdüngung (ammoniumbetonte Einmaldüngung mit NTS-Lösung) wurden an der Landesforschungsanstalt mehrjährig umfangreiche Versuche durchgeführt. Dabei kamen das Injektionsverfahren und die Oberflächenausbringung zur Anwendung. Im Getreideanbau führt die Einmaldüngung besonders in niederschlagsarmen Gebieten zu Mehrerträgen. Für die Erzeugung hoher Eiweißgehalte in Qualitätsweizen ist zusätzlich eine Spätdüngung erforderlich.

Bei Winterraps wurden mit der Oberflächenausbringung bei gleichen Kornerträgen höhere Ölgehalte als bei herkömmlicher Düngung erzielt.

In Silomais wurden besonders auf besseren Standorten Ertragsvorteile gemessen.

In Winterraps wird seit etwa 5 Jahren an einer Methode zur Berücksichtigung der Stickstoffaufnahme des Rapses im Herbst für die Frühjahrsdüngung gearbeitet. In Praxiserprobungen zur teilflächenspezifischen Erfassung der oberirdischen Pflanzenmasse und Anrechnung für eine differenzierte Düngung sparten Landwirte bis zu

25 kg N / ha Dünger ein, ohne Ertragseinbußen gegenüber der betriebsüblichen Düngung (Abbildung 2).

Ein sehr interessanter Ansatz ergibt sich aus einer modellgestützten Düngeempfehlung. Die Erprobung und Anpassung eines entsprechenden Simulationsprogramms in Mecklenburg-Vorpommern erfolgte von 2002 bis 2004. Im Ergebnis konnten zwei Anwendungsbereiche definiert werden. In der Düngeberatung könnte das Modell die Ableitung von schlagspezifischer Düngeempfehlung und die Entscheidung über Bewirtschaftungssysteme in Einzelbetrieben unterstützen. Bei der Umsetzung der EU-WRRL ist der Einsatz für gebietsbezogene Bewirtschaftungsanalysen möglich. Allerdings besteht hierbei weiterer Forschungsbedarf.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass hohe und sichere Erträge nur durch eine ausgewogene Versorgung der Böden mit Grundnährstoffen realisiert werden. Die Methoden für die Bestimmung des auf die Pflanzenaufnahme abgestimmten Düngebedarfs werden permanent weiterentwickelt. Ein effektiver Schutz der Gewässer vor Belastungen mit Stickstoff und Phosphor erfordert zunehmend eine dem Ertragsvermögen und dem Pflanzenbedarf angepasste Düngung.

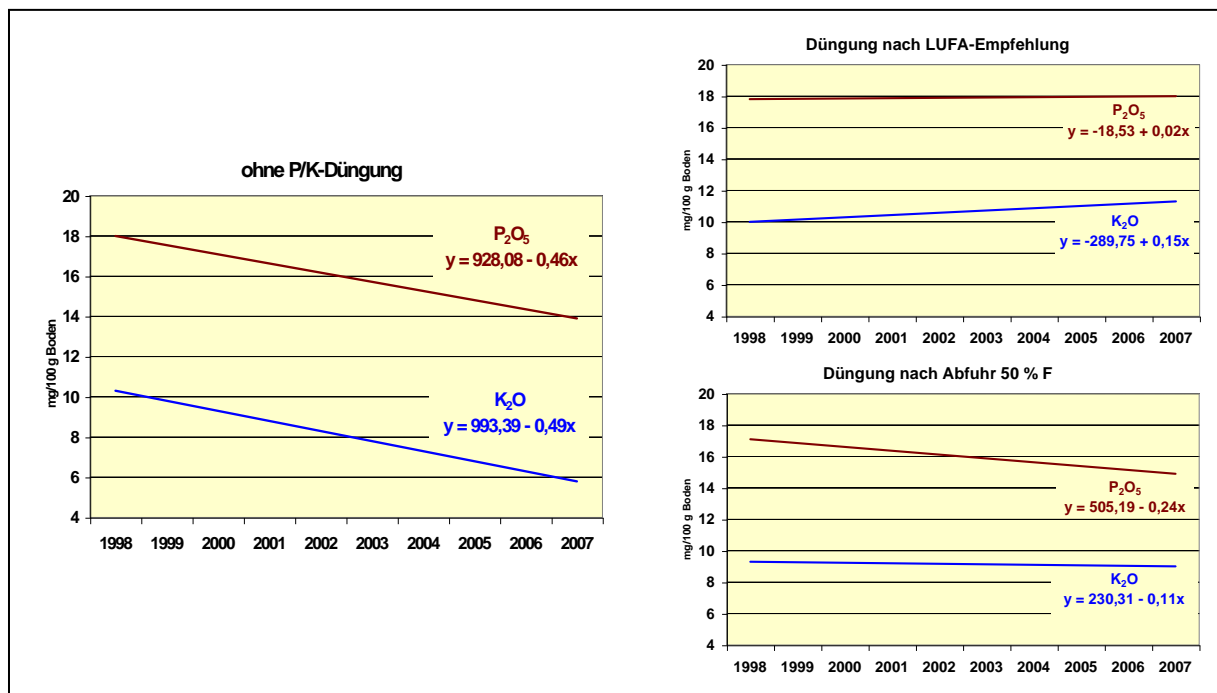


Abbildung 1: Veränderung der Nährstoffgehalte im Boden nach unterschiedlicher Düngung (Boelcke 2009)

Ryc. 1. Zmiany zawartości składników w glebie po różnych sposobach nawożenia (Boelcke 2009)

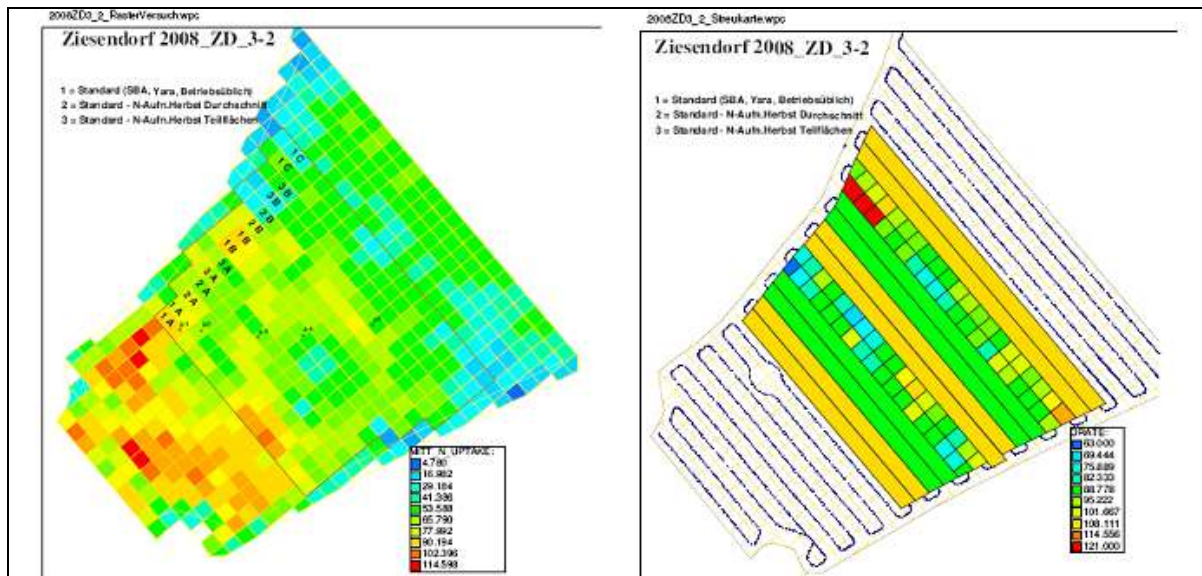


Abbildung 2: Kartierung der N-Aufnahme von Raps im Herbst und Ableitung einer Streukarte für die N-Düngung (Versuchsanlage 2008)

Ryc. 2. Mapa pobierania N przez rzepak w okresie jesiennym oraz odwzorowanie mapy stosowania nawożenia azotowego (doświadczenie 2008)