

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA
I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT
BADAWCZY



**RAPORTY
PIB**

1

PROGRAM WIELOLETNI

2005–2010

PUŁAWY, 2006

WYBRANE ASPEKTY
AGROCHEMICZNYCH BADAŃ
GLEBY

KSZTAŁTOWANIE
ŚRODOWISKA ROLNICZEGO POLSKI
ORAZ ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ
PRODUKCJI ROLNICZEJ

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Dyrektor: *prof. dr hab. Seweryn Kukula*

Redaktor: *doc. dr hab. Adam Harasim*

Recenzent: *prof. dr hab. Tadeusz Filipek*

Opracowanie redakcyjne i techniczne: *dr Irena Marcinkowska*

ISBN 83-89576-18-X

Nakład 200 egz., B-5, zam. 83/F/06
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG - PIB w Puławach
tel. (081) 8863421 w. 301 i 307; fax (081) 8864547
e-mail: iung@iung.pulawy.pl; <http://www.iung.pulawy.pl>

WYBRANE ASPEKTY AGROCHEMICZNYCH BADAŃ
GLEBY

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	7
Wstęp	9
1. W. Lipiński – Zadania i metody pracy stacji chemiczno-rolniczych w Polsce	11
2. R. Pudelko – Metody wizualizacji wyników badań odczynu i zasobności gleb na dużych polach uprawnych	17
3. E. S. Dobers – Recognition of soil heterogeneity as a base for the strategy of soil sampling (Rozpoznanie zmienności przestrzennej gleby dla wyboru strategii pobierania próbek).....	27
5. T. Jadczyzyn – Sporządzanie planu nawożenia z uwzględnieniem wyników badań gleby	37
6. M. Fotyma, J. Igras – Narodowy program wapnowania gleb w Polsce na lata 2007–2013	45

Wprowadzenie

Rada Ministrów rozporządzeniem z dnia 4 maja 2005r. nadała Instytutowi Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach status państwowego instytutu badawczego (Dz. U. z 16.05.2005 r., Nr 85, poz. 730), któremu powierzono koordynację i realizację zadań w programie wieloletnim pn. „Kształtowanie środowiska rolniczego Polski oraz zrównoważony rozwój produkcji rolniczej”. Program wieloletni został ustanowiony na lata 2005–2010 uchwałą nr 79/2005 przez Radę Ministrów w dniu 29.03.2005 r.

Głównym celem tego programu jest wspieranie decyzji w zakresie kształtowania środowiska rolniczego oraz zrównoważonego rozwoju produkcji roślinnej (głównych ziemiopłodów), bezpiecznej dla zdrowia ludzi i zwierząt. Przewidziane do realizacji zadania będą miały duże znaczenie praktyczne, stanowiąc istotne wsparcie dla podejmowanych decyzji.

Realizacja ustanowionego programu wieloletniego będzie służyła osiągnięciu podstawowych celów i założeń Narodowego Planu Rozwoju oraz stanowiącej jeden z jego członów „Strategii rozwoju obszarów wiejskich i rolnictwa na lata 2007–2013” i określeniu statusu Polski w zakresie kształtowania środowiska rolniczego oraz zrównoważonego rozwoju produkcji roślinnej. Zadania związane z nadzorem nad wykorzystaniem potencjału przestrzeni rolniczej i wspieraniem produkcji roślinnej Polski będą koncentrować się na dwóch głównych kierunkach, obejmujących:

- kształtowanie środowiska rolniczego zgodnie z koncepcją rozwoju zrównoważonego;
- opracowanie i wdrażanie systemów oraz technologii pozyskiwania surowców roślinnych o pożądanej jakości, bezpiecznych dla zdrowia ludzi i zwierząt.

Założenia programu wieloletniego uwzględniają oba te kierunki. Jego tematyka dotyczy bowiem, obok wielostronnej diagnozy stanu środowiska rolniczego i produkcji roślinnej, oceny występujących zagrożeń, analizy możliwości pozyskiwania bezpiecznej żywności, kształtowania jakości surowców roślinnych oraz prognozowania zmian i skutków środowiskowych polityki wobec rolnictwa i obszarów wiejskich, a także zwiększania konkurencyjności polskiego rolnictwa.

W programie uwzględniono 18 zadań związanych z problemami kształtowania środowiska rolniczego i zrównoważonej produkcji roślinnej. W związku z tym działalność Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) - jako Państwowego Instytutu Badawczego (PIB) będzie ukierunkowana na realizację zadań szczególnie ważnych dla planowania i realizacji polityki państwa w zakresie rolnictwa, a dotyczących:

- gleboznawstwa i kształtowania środowiska rolniczego w Polsce oraz oceny zmian w zakresie gospodarki ziemią zachodzących w poszczególnych regionach kraju;
- opiniowania rolniczej przydatności nowych nawozów, dopuszczania ich do obrotu oraz oceny oddziaływania na środowisko przyrodnicze;
- kreowania postępu technologicznego, z uwzględnieniem zasad rozwoju zrównoważonego poprzez wdrażanie i upowszechnianie różnych systemów i technologii produkcji roślinnej;
- upowszechniania produkcji roślinnej metodami ekologicznymi, przyjaznymi dla środowiska rolniczego oraz zdrowia ludzi i zwierząt;

- nadzoru merytorycznego nad realizacją programów rolnośrodowiskowych;
- prognozowania skutków środowiskowych określonej polityki wobec rolnictwa i obszarów wiejskich.

Opracowania wykonywane w ramach programu wieloletniego, realizowanego przez IUNG-PIB, będą sukcesywnie publikowane w serii wydawniczej „Raporty PIB”.

Dyrektor IUNG-PIB

prof. dr hab. Seweryn Kukula

Wstęp

Część wieloletniego programu działalności Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowego Instytutu Badawczego realizowana jest w ścisłej współpracy z Krajową Stacją Chemiczno-Rolniczą w Wesolej i okręgowymi stacjami chemiczno-rolniczymi w ramach zadania 1.7 pn. „Kształtowanie ogólnokrajowych zasad agrochemicznej obsługi rolnictwa we współpracy ze Stacją Chemiczno-Rolniczą”. Oczekiwanym efektem tej współpracy jest doskonalenie jakości obsługi rolnictwa poprzez praktyczne wykorzystanie przez stacje chemiczno-rolnicze najnowszych osiągnięć naukowych, których źródłem jest działalność Instytutu.

Ważną sferą działalności stacji chemiczno-rolniczych jest badanie właściwości chemicznych gleb dla potrzeb doradztwa nawozowego i monitoringu stanu środowiska glebowego. Zgromadzony przez stacje duży zbiór wyników analiz jest cennym źródłem danych dla różnego rodzaju analiz i opracowań naukowych. Na podstawie wyników badań gleby wykonywanych przez OSCHR będzie realizowane zadanie 1.5 pn. „Ocena żyzności gleb Polski z uwzględnieniem ich właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych”. Stacje chemiczno-rolnicze prowadzą także działalność doradczą w zakresie nawożenia. Dlatego też do nich między innymi kierowane są wyniki prac realizowanych w ramach zadania 2.9 pn. „Doskonalenie systemów doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej”.

W dniu 2 marca 2006 r. odbyły się w IUNG-PIB w Puławach z udziałem pracowników Instytutu i OSCHR warsztaty robocze nt. „Teoretyczne i praktyczne aspekty agrochemicznej obsługi rolnictwa”, zorganizowane w ramach zadania 1.5.

Celem warsztatów było:

- przedstawienie możliwości wykorzystywania systemu pozycjonowania satelitarne (GPS) i map glebowych do pobierania reprezentatywnych próbek glebowych;
- zapoznanie z nowoczesnymi metodami wizualizacji i interpretacji wyników analiz z zastosowaniem techniki komputerowej;
- przedstawienie praktycznych aspektów udzielania porad z zakresu nawożenia z wykorzystaniem wyników badań gleby.

W czasie warsztatów przeprowadzono także krótki praktyczny pokaz obsługi GPS. Pobocznym wątkiem diskutowanym w trakcie warsztatów były potrzeby stacji chemiczno-rolniczych w zakresie komputerowych programów doradczych oraz wykorzystanie przez stacje programów oferowanych dotychczas przez IUNG-PIB. Wśród pracowników stacji przeprowadzono na ten temat ankietę.

Wygłoszone referaty po opracowaniu zostały opublikowane w zeszycie z serii „Raporty PIB”.

Kierownik zadania nr 1.5

dr Tamara Jadczyzyn

Wojciech Lipiński

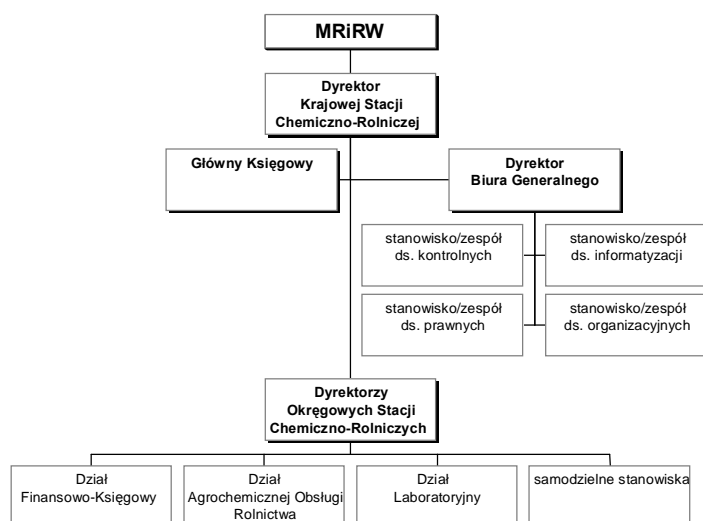
Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Warszawie

ZADANIA I METODY PRACY STACJI CHEMICZNO-ROLNICZYCH W POLSCE

Organizację oraz zadania Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej oraz okręgowych stacji chemiczno-rolniczych prowadzących agrochemiczną obsługę rolnictwa w Polsce określają przepisy ustawy z dnia 26 lipca 2000 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U.; z 2000 r., Nr 89, poz. 991; z 2004 r., Nr 91, poz. 876; z 2005 r., Nr 249, poz. 2103).

Schemat organizacyjny Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej oraz okręgowych stacji chemiczno-rolniczych został zatwierdzony przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w regulaminie organizacyjnym (rys. 1).

Zadania związane z agrochemiczną obsługą rolnictwa realizuje Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza, podległa ministrowi właściwemu do spraw rolnictwa, oraz podległe jej okręgowe stacje chemiczno-rolnicze. Stacje krajowa i okręgowe są



Rys. 1. Schemat organizacyjny Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie

państwowymi jednostkami budżetowymi. Do zadań Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej należy:

1. określanie sposobu prowadzenia badań agrochemicznych, w tym dobór metod badawczych;
2. ustalanie zakresu zadań wykonywanych przez stacje okręgowe;
3. kontrola działalności stacji okręgowych, w tym stosowania metod badawczych i terminowości wykonywania badań przez te stacje;
4. podejmowanie działań w zakresie udziału laboratoriów stacji okręgowych w badaniach dokładności wykonywania analiz chemicznych;
5. organizacja szkoleń dla pracowników stacji okręgowych;
6. tworzenie i prowadzenie bazy danych dotyczących zasobności gleb w azot i fosfor oraz zanieczyszczenia azotanami wód w profilu glebowym do 90 cm pod powierzchnią terenu;
7. prowadzenie obsługi finansowej stacji okręgowych, a w szczególności:
 - opracowywanie planów dochodów i wydatków budżetowych dla poszczególnych stacji okręgowych;
 - przekazywanie środków finansowych na działalność bieżącą stacji okręgowych;
8. wykonywanie innych zadań powierzonych przez ministra właściwego do spraw rolnictwa.

Do zadań stacji okręgowych należy:

1. wykonywanie analiz gleb, roślin, płodów rolnych i leśnych;
2. doradztwo w sprawach nawożenia;
3. wykonywanie badań jakości nawozów;
4. wykonywanie ekspertyz i wydawanie opinii dotyczących zasobności gleb, składu chemicznego roślin i nawozów oraz prawidłowego stosowania nawozów;
5. prowadzenie działalności szkoleniowej i informacyjnej;
6. tworzenie i prowadzenie bazy danych dotyczących zasobności gleb w azot i fosfor oraz zanieczyszczenia azotanami wód w profilu glebowym do 90 cm pod powierzchnią terenu;
7. wykonywanie innych zadań powierzonych przez stację krajową.

Terytorialny zasięg działania stacji chemiczno-rolniczych określony jest w załączniku do Zarządzenia Nr 17 Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie utworzenia Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej i okręgowych stacji chemiczno-rolniczych (Dz. Urz. MRiRW, nr 12, poz. 17).

Metodyka pracy stacji chemiczno-rolniczych w zakresie agrochemicznej obsługi rolnictwa

Metody pracy okręgowych stacji chemiczno-rolniczych oparte na ujednoczonych procedurach, źródłem których są przepisy prawa, Polskie Normy oraz instrukcje opracowane na podstawie udokumentowanych literaturowo osiągnięciach nauki i techniki

w zakresie agrochemii. Opracowano i wdrożono „Katalog metod prowadzenia badań agrochemicznych w stacjach chemiczno-rolniczych”, który obejmuje następujące obszary:

1. pobieranie próbek,
2. doradztwo nawozowe,
3. metody badań,
4. wycena wyników badań,
5. system jakości w laboratoriach stacji chemiczno-rolniczych.

Badanie gleb dla potrzeb doradztwa nawozowego

Podstawowym zadaniem stacji chemiczno-rolniczych są badania gleb dla potrzeb doradztwa nawozowego obejmujące określanie stopnia zakwaszenia oraz zawartości podstawowych składników pokarmowych roślin (fosforu, potasu i magnezu) na obszarze około 4 mln ha UR w ciągu 4 lat. W takim czasie wykonuje się badania około 2 mln próbek gleby. Powierzchnia przypadająca na 1 próbkę gleby jest zróżnicowana w zależności od wielkości gospodarstw i pól w poszczególnych regionach kraju.

Na podstawie przeprowadzonych badań stacja wydaje ponad 200 tys. zaleceń dla potrzeb doradztwa nawozowego. Coraz większym zainteresowaniem cieszą się badania zawartości azotu mineralnego. W 2005 r. na indywidualne zlecenia producentów rolnych wykonano analizy 9 269 próbek w celu ustalenia dawek azotu.

Niezwykle ważne miejsce w doradztwie nawozowym zajmują szkolenia oraz instruktarze. W 2005 r. stacje przeprowadziły ponad 26 tys. szkoleń i instruktarzy grupowych oraz indywidualnych, w których wzięło udział około 60 tys. rolników.

W stacjach chemiczno-rolniczych prowadzone są również badania gleb na zawartość mikroelementów: manganu, boru, miedzi, cynku i żelaza. Zainteresowanie badaniem mikroelementów zwiększa się w ostatnich latach, jednak nie jest to poziom wystarczający. Rocznie wykonuje się około 40 tys. oznaczeń mikroelementów, na podstawie których prowadzone jest doradztwo nawozowe w zakresie nawożenia tymi składnikami.

Badania wykonane dla potrzeb ogrodnictwa stanowią specjalistyczną formę doradztwa nawozowego. Rocznie badaniom poddawane jest około 40 tys. próbek gleb i podłoży ogrodniczych. Zakres badań obejmuje określanie zawartości makroelementów (fosforu, potasu, magnezu, azotu, wapnia), oznaczenie odczynu oraz dodatkowo zawartości chloru i zasolenia. Wyniki badań przekazywane są producentom w terminie 1-3 dni od dostarczenia próbek do laboratorium. Przy dużej różnorodności gatunkowej roślin ogrodniczych większość badań wymaga indywidualnego doradztwa, dlatego ilość wydawanych zaleceń ogrodniczych często zbliża się do ilości przebadanych próbek.

Badania jakości nawozów

Okręgowe stacje chemiczno-rolnicze wykonują analizy jakości nawozów mineralnych na podstawie porozumienia zawartego z Inspekcją Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych dla celów kontrolnych oraz na zlecenia indywidualne dla różnych podmiotów. W roku 2005 przebadano łącznie 891 próbek nawozów, z tego około 495 stanowiło wapno nawozowe. W pozostałej grupie udział nawozów zaliczanych do wieloskładnikowych wynosił 50% wszystkich przebadanych próbek. Na podstawie wyników badań przeprowadzonych w ostatnich latach można ocenić, że w 5,9% ogólnej ilości badanych nawozów stwierdzano nieprawidłowości w zakresie parametrów jakościowych.

Na indywidualne zlecenia wykonywane są badania nawozów naturalnych oraz osadów ściekowych przeznaczonych do rolniczego wykorzystania. W roku 2005 przeanalizowano 684 próbki nawozów pochodzenia gospodarskiego i 675 próbek osadów ściekowych.

Material roślinny

Badania materiału roślinnego prowadzone w stacjach chemiczno-rolniczych obejmują analizę:

- pasz gospodarskich,
- materiału roślinnego (w tym rośliny konsumpcyjne) do oceny składu chemicznego,
- części wskaźnikowych roślin dla potrzeb nawożenia dolistnego.

Badania obejmują szeroki zakres analityczny począwszy od zawartości makroelementów, poprzez azotany, azotyny, do metali ciężkich. Rocznie wykonuje się badania w ponad 9 tys. próbek.

W roku 2005 rozpoczęto wykonywanie badań płodów rolnych na potrzeby kontroli jakości w produkcji integrowanej. Łącznie wykonano 858 oznaczeń, głównie zawartości kadmu i ołowiu w 429 kontrolowanych próbkach. Wydano na tej podstawie 402 zaświadczenia o nie przekraczaniu dopuszczalnych zawartości metali ciężkich oraz 7 zaświadczeń z wynikiem negatywnym.

Badania monitoringowe

Stacje chemiczno-rolnicze zostały włączone w działania związane z wdrażaniem przepisów dyrektywy azotanowej. W roku 2004, wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej zaczęły obowiązywać rozporządzenia dyrektorów Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej zgodnie z wymogami Dyrektywy Rady 91/676/EWG dotyczącej ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego. Część zadań wynikających z tych przepisów realizuje Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza i okręgowe stacje chemiczno-rolnicze. W ramach tych zadań stacje chemiczno-rolnicze prowadzą monitoringi azotu mineralnego w glebach i fosfo-

ru oraz monitoring azotu azotanowego w wodach do głębokości 90 cm pod powierzchnią gleby. Podstawą obecnie realizowanych prac był rozpoczęty w 1997 r. na zlecenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (pod nadzorem metodycznym Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach) monitoring azotu mineralnego w glebach gruntów ornych. Monitoringiem objęte jest 5 tys. stałych punktów wytypowanych na terenie kraju, zlokalizowanych na gruntach ornych, z których pobierane są w dwóch terminach (wczesna wiosna, jesień) próbki gleb z trzech warstw (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm). W ciągu roku badania zawartości azotu wykonywane są w 3 tys. próbek glebowych.

Na obszarach szczególnie narażonych na odpływ azotu ze źródeł rolniczych dodatkowo prowadzone są badania gleb pod kątem opracowania planów nawożenia oraz bilansów azotu, a także szkolenia dla rolników oraz inne działania, np. ankietyzacja gospodarstw rolnych.

Opiniowanie planów nawożenia

Opiniowanie planów nawożenia odbywa się na podstawie przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu z dnia 26 lipca 2000 r. (Dz. U. nr 89, poz. 991 z późn. zm.). W 2005 r. zaopiniowano 238 planów nawożenia, z tego jeden negatywnie. Ponadto dla potrzeb producentów rolnych okręgowe stacje chemiczno-rolnicze opracowały 451 planów nawożenia.

Rozliczenia dotacji dla gospodarstw ekologicznych

Stacje chemiczno-rolnicze prowadzą działalność związaną z wypłatą dotacji dla gospodarstw rolniczych produkujących lub podejmujących produkcję metodami ekologicznymi. Do 2004 r. dotacja wypłacana za pośrednictwem stacji obejmowała kwoty zarówno za produkcję, jak i kontrolę. Obecnie wypłacana dotacja dotyczy jedynie działalności kontrolnej prowadzonej przez jednostki certyfikujące. W 2005 r. liczba wniosków o wypłatę dotacji wyniosła 6 706 na łączną kwotę 3 555 200 zł.

Monitoring cen nawozów mineralnych

Okręgowe stacje chemiczno-rolnicze prowadzą monitoring cen nawozów mineralnych na potrzeby Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Dane te stanowią element oceny sytuacji na rynku środków do produkcji rolniczej.

Działalność upowszechnieniowa

Wyniki badań dotyczące stopnia zakwaszenia i zasobności gleb w składniki pokarmowe publikowane są w lokalnych opracowaniach. W ramach współpracy z Wojewódzkimi Inspektoratami Ochrony Środowiska przekazywane są do publikacji wyniki badań o stanie środowiska. W 2005 r. stacje chemiczno-rolnicze opublikowały 756

różnego rodzaju raportów, opracowań, artykułów o zasięgu lokalnym, ogólnopolskim i międzynarodowym w nakładach przekraczających 300 tys. egzemplarzy.

Współpraca z innymi instytucjami

- Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza prowadzi współpracę, między innymi, z:
- Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytutem Badawczym w Puławach (Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia oraz Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów);
 - Instytutem Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach oraz z innymi instytutami resortowymi;
 - towarzystwami naukowymi, w tym z Polskim Towarzystwem Nawozowym, Polskim Towarzystwem Gleboznawczym, Polskim Towarzystwem Magnezologicznym;
 - uczelniami i szkołami rolniczymi w całej Polsce;
 - producentami nawozów;
 - Inspekcją Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych;
 - Inspekcją Ochrony Roślin i Nasiennictwa;
 - Inspekcją Ochrony Środowiska;
 - Ośrodkami Doradztwa Rolniczego;
 - Agencją Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa;
 - Urzędami Wojewódzkimi;
 - samorządami lokalnymi, głównie z gminami.

W 2005 r. opracowany został „Kodeks etyki pracownika stacji chemiczno-rolniczej”, który jest elementem wymogów stawianych jednostkom sektora finansów publicznych. Wymiar tego kodeksu jest jednak szerszy z uwagi na formalne określenie polityki zarządzania. W świetle Kodeksu „...polityką Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej i Okręgowych Stacji Chemiczno-Rolniczych jest służenie rolnictwu poprzez dostarczanie niezbędnych informacji i wiedzy o stanie środowiska rolniczego, a pracownicy Stacji zobowiązani są do wykonywania powierzonych zadań z zachowaniem najwyższych standardów, w ramach obowiązującego prawa. Prowadzona działalność usługowa w zakresie zadań wykonywanych dla potrzeb rolnictwa, przy współpracy z innymi jednostkami, powinna spełniać oczekiwania każdego klienta poprzez dostarczanie rzetelnych, wiarygodnych i użytecznych wyników”.

Adres do korespondencji:

dr hab. Wojciech Lipiński
Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza
ul. Żółkiewskiego 17
05-075 Warszawa-Wesoła
www.schr.gov.pl

Rafał Pudelko

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

METODY WIZUALIZACJI WYNIKÓW BADAŃ ODCZYNU I ZASOBNOŚCI GLEB NA DUŻYCH POLACH UPRAWNYCH*

Wstęp

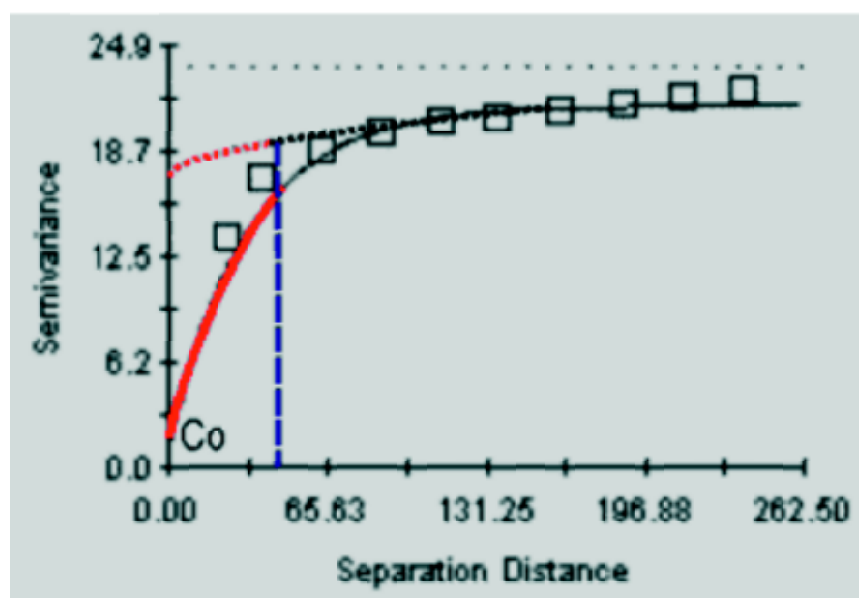
Badania odczynu i zasobności gleb mogą być wykonywane różnymi metodami. Dobór metody powinien być dostosowany do oczekiwanej dokładności mapy oraz rozpoznanej zmienności przestrzennej pola. W pracy opisano metody wizualizacji map odczynu i zasobności gleb wykonanych metodą interpolacji wybranej właściwości ze zbioru próbek pobieranych w regularnej siatce pomiarowej, równomiernie rozmieszczonej na całym badanym polu. Celem pracy jest zwrócenie uwagi na konieczność dostosowania metod pomiarowych do rzeczywistej zmienności przestrzennej badanego zjawiska oraz oczekiwanej dokładności mapy. Zbyt mała liczba próbek lub nadmierna automatyzacja procesu wizualizowania danych może prowadzić do błędnej oceny zasobności pola uprawnego w składniki pokarmowe.

Uzyskanie ciągłego obrazu zmienności próbkowanych cech wymaga interpolacji danych. Interpolacje wykonywane są na zbiorach punktów, które posiadają atrybuty położenia (współrzędne geograficzne opisujące lokalizację punktu) oraz atrybuty charakteryzujące badaną cechę. Rezultatem interpolacji jest model zjawiska, który można postrzegać jako zgeneralizowaną formę rzeczywistej sytuacji, zapisaną w postaci cyfrowej. Po jej opracowaniu kartograficznym można otrzymać mapę lub też wykorzystać model do dalszych analiz (7, 8).

Interpolacja obrazu ciągłego badanego zjawiska polega na szacowaniu jego wartości w dowolnym punkcie jego występowania. Metody interpolacji można podzielić na deterministyczne (np. IDW, splajn) i stochastyczne (np. kriging); (6). Metody deterministyczne pozwalają interpolować na podstawie wartości najbliższych punktów (próbek) za pomocą matematycznego wzoru charakterystycznego dla danej metody. Metody stochastyczne uwzględniają w swoim algorytmie również rozkład statystyczny i wariancję (stacjonarność) całego zbioru danych. Z tego względu metody te uważane są za bardziej zaawansowane, są one również bardziej rygorystyczne pod względem

* Opracowanie wykonano w ramach zadania nr 1.5 w programie wieloletnim IUNG PIB.

wstępnego opracowania danych. Podstawową metodą analizy stacjonarności danych jest metoda semiwariogramu. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowy obraz semiwariancji próby, dzięki któremu możliwe jest rozpoznanie zmienności lokalnej i strukturalnej (3). Parametry semiwariogramu oraz test statystycznego rozkładu danych decydują o możliwości zastosowania interpolacji metodami stochastycznymi. Pionowa przerywana niebieska linia na rysunku 1 zaznacza efektywny zasięg funkcji semiwariogramu. Linia czerwona ciągła funkcji odpowiada za duży wpływ punktów sąsiednich i powoduje, że zmienność wartości modelu będzie duża, a generalizacja mała. Im wartość C_0 będzie większa (wykres funkcji bardziej płaski, dążący do linii czerwonej przerywanej) tym większa generalizacja modelu.



Rys.1. Elementy efektywne funkcji semiwariogramu wpływające na obraz interpolowanego modelu. Przykład z badań zmienności właściwości chemicznych gleby na polach SD IUNG PIB w Baborówku. Źródło: Pudelko R., 2005 (6).

Jednoznaczny wybór najlepszej metody interpolacji próbek, w których oznaczono odczyn i zasobność gleby w składniki pokarmowe (jak też innego rodzaju danych) nie jest możliwy. W każdym przypadku należy dobrać metodę i jej parametry, kierując się jakością i reprezentatywnością próbek. Prawidłowo wykonana interpolacja oraz wizualizacja jej efektu w postaci mapy pozwala na indywidualną ocenę zasobności pola uprawnego w składniki pokarmowe, wyznaczenie obszarów wrażliwych (np. przenawożonych) oraz wskazanie miejsc, w których na występowanie różnic w zasobności gleby wpływają czynniki nie związane z uprawą i nawożeniem (np. rzeźba terenu). Pełne wykorzystanie map odczynu i zasobności gleb możliwe jest jedynie w systemie

rolnictwa precyzyjnego. Mapy tego typu są najważniejszym źródłem informacji, na podstawie którego sporządza się mapy dawek nawozów.

Etapy prac prowadzących do wizualizacji wyników próbobrania można podzielić na:

- statystyczne i przestrzenne rozpoznanie rozkładu wartości próby,
- wykonanie wstępnych interpolacji różnymi metodami na losowo wybranych podzbiórach i/lub całej próbie dla różnych rozdzielczości mapy,
- wybór optymalnego modelu dostosowanego do jakości danych i założonej dokładności.

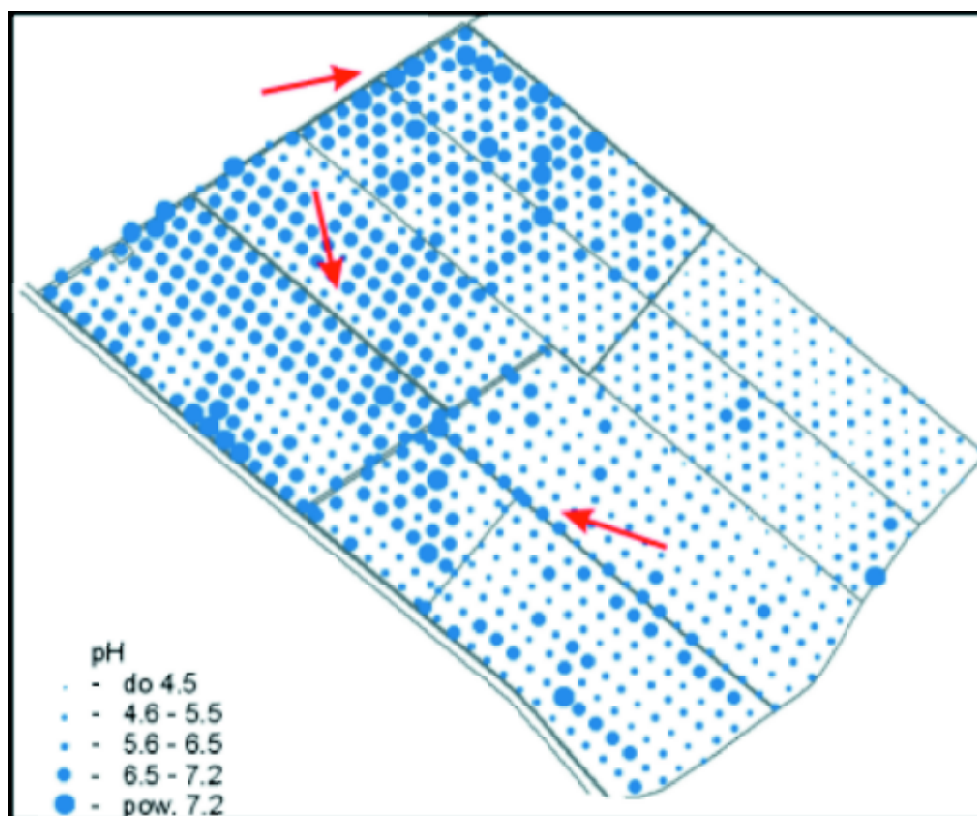
Wyniki i dyskusja

Dla ilustracji możliwości zastosowania metod wizualizacji wykorzystano materiały pochodzące z badań zmienności przestrzennej właściwości gleb, które są prowadzone w Stacji Doświadczalnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa PIB w Baborówku (woj. wielkopolskie). Stacja ta prowadzi wielkoobszarowe doświadczenia łanowe z zastosowaniem metodyki i techniki rolnictwa precyzyjnego (4, 5). Pola doświadczalne Stacji zajmują powierzchnię 53,6 ha, na której stosowana jest optymalna agrotechnika z uwzględnieniem zaleceń IUNG dla technologii produkcji przyjętych w rolnictwie integrowanym.

Założenie siatki pomiarowej powinno być poprzedzone wykonaniem wstępnej analizy zmienności przestrzennej zasobności pola. Analiza ta może bazować na szczegółowej mapie glebowo-rolniczej i/lub na wstępnym pobraniu próbek w reprezentatywnych dla pola transektach. Zmienność przestrzenna zasobności pola w składniki pokarmowe może być spowodowana wieloma czynnikami. Najbardziej znaczące to: zmienność właściwości fizycznych gleby, rzeźba terenu oraz sposób wykonywania zabiegów agrotechnicznych (2, 6).

Pierwszy etap wizualizacji (przestrzenne rozpoznanie zmienności) ilustruje przykład (rys. 2), na którym przedstawiono zróżnicowanie pH gleby dla zbioru próbek. Widoczne są pewne prawidłowości zróżnicowania układające się według kierunków geograficznych. Strzałki pokazują rzędy, w których pH przyjmuje wartości o przedział wyższe lub niższe niż w rzędach sąsiednich. Na zjawisko to decydujący wpływ może mieć sposób uprawy (lokalizacja przy granicy pola lub wzdłuż ścieżek technologicznych).

Analizy wykonane w pierwszym etapie pozwalają na ocenę zmienności przestrzennej zasobności pola oraz są wskazówką dla właściwego doboru metod interpolujących mapy odczynu i zasobności gleby. Rysunki 3-5 ilustrują potrzebę oceny zbioru danych (etap 1) i doboru odpowiedniego algorytmu interpolującego (etap 2). Rysunek 3 obrazuje wpływ doboru metody, za pomocą której wykreślona zostaje mapa. Metoda interpolacji powinna być dobrana na podstawie geostatystycznie znaczącej ilości próbobrań, a stopień generalizacji obrazu powinien bazować na rozpoznanej wariancji przestrzennej. W przeciwnym razie istnieje prawdopodobieństwo otrzymania mapy charakteryzującej się małym stopniem generalizacji badanego zjawiska, który najczęściej

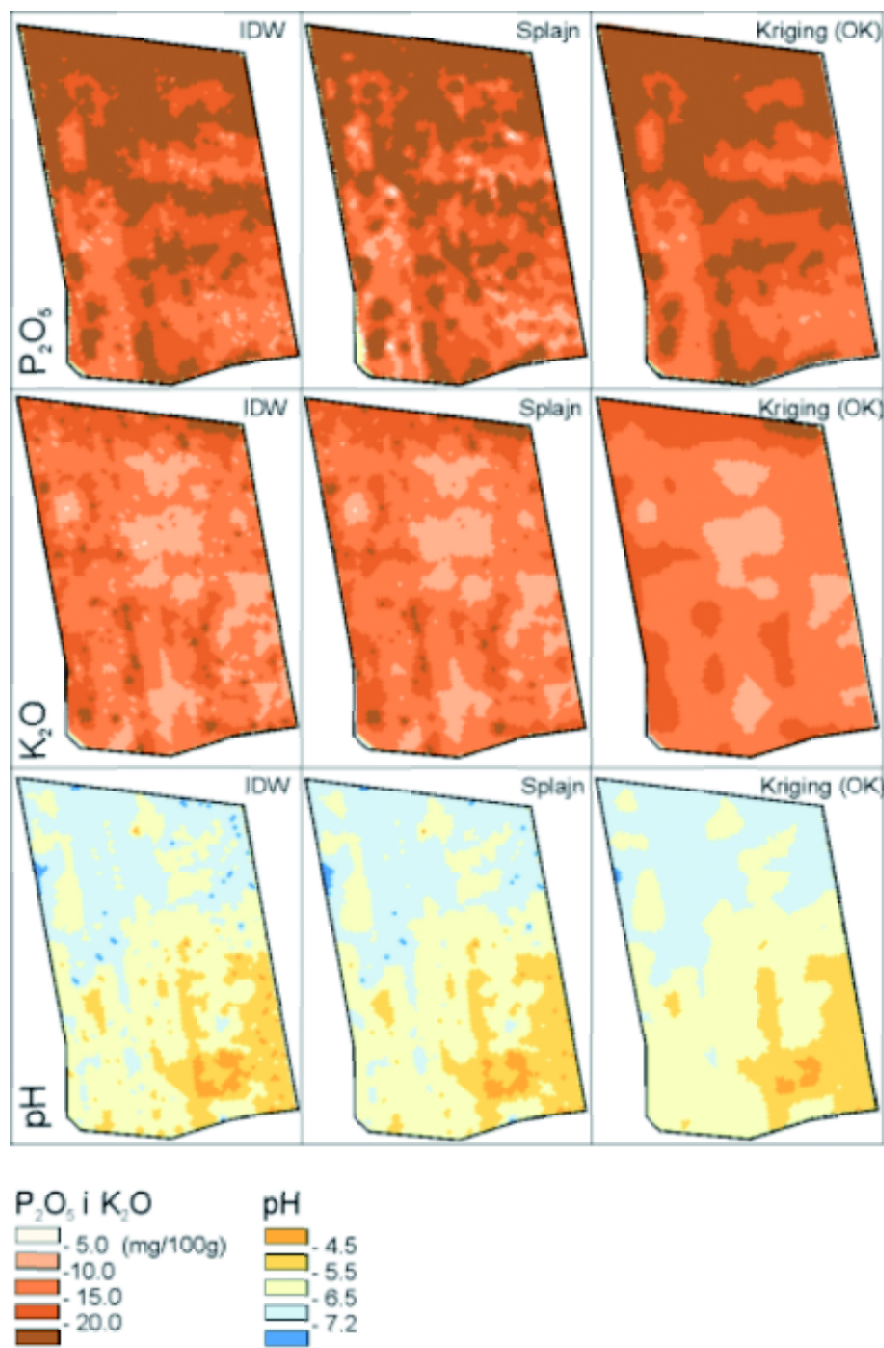


Rys. 2. Zróżnicowanie pH gleby w zbiorze próbek

Źródło: Pudelko R., 2005 (6)

prowadzi do występowaniem artefaktów, np. efekt „bawolich oczu” generowany przez metodę IDW. Interpolowane błędy generują i potęgują błędy mapy dawek, co w konsekwencji prowadzi do podjęcia niewłaściwych zabiegów agrotechnicznych. Jeżeli mapa dawki nawozu wykreślona zostanie na bazie mapy zasobności gleby charakteryzującej się małą generalizacją i dużą rozdzielczością (mały rozmiar podstawowej komórki interpolowanego modelu) to nie uwzględni ona inercji mechanizmu różnicującego oraz nie będzie generować wystarczającej precyzji wysiewu nawozu. Dlatego ważnym aspektem konstrukcji map właściwości gleby jest uwzględnienie parametrów technicznych maszyn korzystających z map dawek.

Porównanie map otrzymanych metodami deterministycznymi, widocznych na rysunku 3, wykazuje, że w przypadku danych pobieranych w regularnej siatce metoda splajny w większym stopniu generalizuje obraz zmienności niż metoda IDW. W każdym przypadku mapy najbardziej zgeneralizowane otrzymano stosując metodę kriginu zwykłego. Na korzyść tej metody przemawia fakt, że stopień generalizacji jest wynikiem analizy geostatystycznej (dopasowania przebiegu funkcji do wariancji pró-

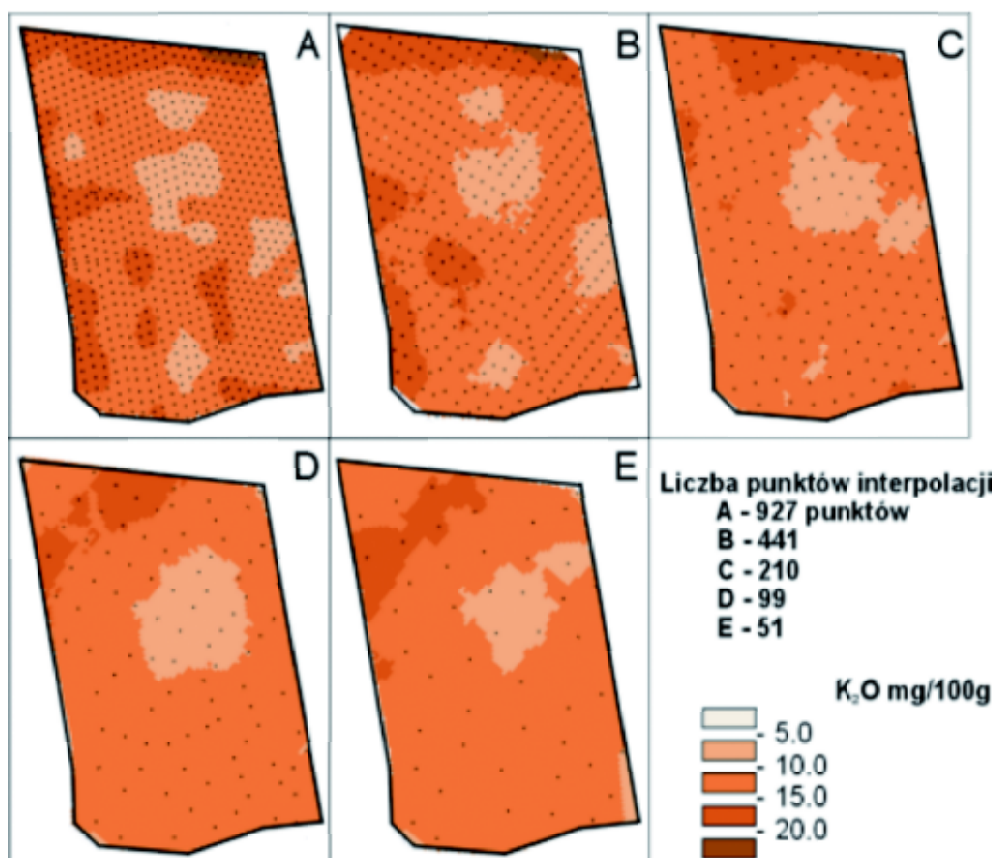


Rys. 3. Mapy zasobności gleby w fosfor i potas oraz mapy odczynu interpolowane za pomocą trzech różnych metod (IDW, splajn i kriging zwykły - OK)

Źródło: Pudelko R., 2005 (6)

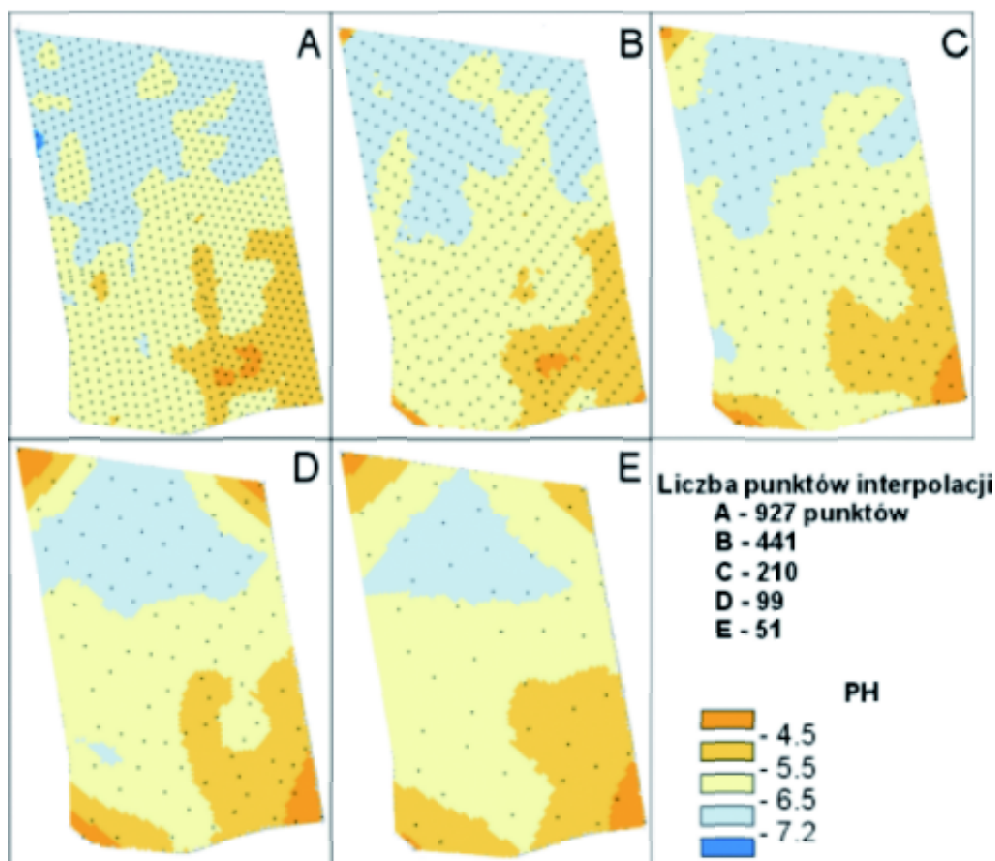
bek), a nie intuicji osoby dobierającej parametry interpolującego algorytmu, co ma miejsce w przypadku metod deterministycznych.

Rysunkach 4 i 5 przedstawiono, jak zmienia się obraz mapy zawartości K_2O w glebie i odczynu gleby w zależności od liczby próbek. W obu przypadkach daje się zauważyć dużą zmianę kształtów wydzielonych klas. Redukcja ilości obserwacji prowadzi do przestrzennego uśredniania wartości na coraz to większych powierzchniach. Efekt ten powoduje wygenerowanie mapy, która nie odpowiada rzeczywistej sytuacji (porównanie mapy A i E na obu rysunkach). W przypadku dużej zmienności przestrzennej pola wykonanie szczegółowej mapy wymaga dużej ilości próbek, co czyni tę metodę nieatrakcyjną z punktu widzenia ekonomicznego a tym samym zniechęca do stosowania metod rolnictwa precyzyjnego opartych na tym sposobie pozyskiwania danych. Przykłady pokazane na rysunkach 4 i 5 udowadniają, że nie jest możliwe wykreślenie wiarygodnej mapy bazującej na z góry przyjętej siatce pomiarowej (np. 1



Rys. 4. Wpływ liczebności próbek na mapę zawartości K_2O w glebie

Źródło: Pudelko R., 2005 (6)



Rys. 5. Wpływ liczebności próbek na mapę odczynu gleby
 Źródło: Pudelko R., 2005 (6)

próbka na ha). Z tego powodu w przypadku braku możliwości pobrania i laboratoryjnego oznaczenia wystarczającej liczby próbek lepszą metodą jest analiza jednej uśrednionej próby będącej wynikiem zmieszania statystycznie znaczącej ilości pobranych losowo próbek.

Przedstawione przykłady wskazują na występowanie dużego zróżnicowania zasobności gleby i odczynu na polach SD w Baborówku. Zróżnicowanie to występuje pomimo celowego wyrównywania właściwości pola, które utrudnione jest przez charakterystyczną dla Wielkopolski mozaikowatość gleb. Właściwość ta dobrze jest widoczna na zdjęciach lotniczych (rys. 6). W decydujący sposób wpływa na możliwość efektywnego zastosowania metod precyzyjnych, które wymagają wiarygodnych i dokładnych map dawek nawozów bazujących na mapach zasobności gleby. Ze względów praktycznych sporządzanie tych map na podstawie próbobrania nie może mieć uzasadnienia ekonomicznego. Przedstawione przykłady dowodzą konieczności zastosowania innych metod pomiarowych. W ostatnich latach metodami alternatywnymi

są rozwijane naziemne teledetekcyjne metody automatycznego rozpoznania właściwości chemicznych i fizycznych gleby (1). Ich zaletą jest szybkość i gęstość próbkowania. Metody teledetekcyjne pozwalają na prowadzenie pomiarów „przy okazji” wykonywania zabiegów agrotechnicznych, a nawet istnieje możliwość zastosowania ich do różnicowania aplikacji nawozów lub środków ochrony roślin w czasie rzeczywistym (czasie pracy siewnika lub opryskiwacza). Prace nad wdrożeniem naziemnych metod teledetekcyjnych dla zróżnicowania nawożenia azotem prowadzone są obecnie w Zakładzie Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG - PIB w ramach projektu nr 2P06R 041 27. Oceniane są również metody teledetekcji lotniczej dla rozpoznania relacji między właściwościami fizycznymi gleby a stanem wegetacji roślin oraz wdrażane naziemne metody szacowania indeksów wegetacji (w czasie rzeczywistym) dla zróżnicowania nawożenia azotem w trybie on-line. W obu przypadkach wizualizacja uzyskanych danych w postaci mapy jest ważnym czynnikiem analitycznym.



Rys. 6. Zróżnicowanie ładu roślin uprawnych (rzepak, pszenica ozima i jęczmień jary) jako wynik mozaikowości gleby. Zdjęcie pól uprawnych SD IUNG - PIB w Baborówku, 2005 r.
Źródło: Materiały własne

Podsumowanie

Wizualizacja wyników badań odczynu i zasobności gleb w składniki pokarmowe na dużych polach uprawnych powinna spełniać warunki opracowania kartograficznego, w którym:

- uwzględniono generalizację treści mapy,
- dostosowano generalizację do skali opracowania,
- dostosowano generalizację do rzeczywistej zmienności przestrzennej badanej cechy.

Analiza zmienności przestrzennej pola uprawnego determinuje także liczbę próbek koniecznych dla wykreślenia mapy. Prowadzone badania wykazują, że tradycyjne metody pozyskiwania danych oparte na pobieraniu próbek gleby i laboratoryjnym oznaczaniu jej właściwości nie są efektywnym źródłem danych w przypadku precyzyjnego kartowania odczynu i zasobności gleby na dużych polach uprawnych.

Literatura

1. Adamchuk V. I., Hummel J. W., Morgan M. T., Upadhyaya S. K.: On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2004, **44(1)**: 71-91.
2. Faber A., Jadczyzyn T., Kubsik K., Pudełko R.: Przestrzenna i czasowa zmienność właściwości chemicznych gleb pola doświadczalnego w SD Baborówko. *Biul. Inf. IUNG*, 2003, zesz. spec., 20-24.
3. Gołaszewski J.: Analiza zmienności przestrzennej w doświadczeniach polowych. *Fragm. Agron.*, 2000, **4**: 4-14.
4. Jadczyzyn T., Faber A., Pudełko R.: Możliwości i ograniczenia w praktycznym stosowaniu zasad precyzyjnego nawożenia. *Wiś Jutra*, 2004, **10**: 7-10.
5. Jadczyzyn T., Faber A., Pudełko R.: Precyzyjne nawożenie roślin uprawnych. *IUNG Puławy*, 2004, *Mat. szkol.*, **90**: 115-126.
6. Pudełko R.: Interpolacja modeli właściwości agrochemicznych gleby. *Nawozy i Nawożenie*, 2005, **4**: 83.
7. Pudełko R.: Wpływ przestrzennego rozkładu danych na jakość modelu zawartości K₂O w glebie. *Materiały 33 Seminarium Zastosowań Matematyki AR Wrocław, Kobyla Góra*, 2003, 41-47.
8. Pudełko R., Jadczyzyn T., Kubsik K.: System Informacji Geograficznej dla Stacji Doświadczalnej w Baborówku. *Biul. Inf. IUNG*, 2003, zesz. spec., 20-24.

Adres do korespondencji:

dr Rafał Pudelko
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG - PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (081) 886 34 21 w. 236
e-mail: rpudelko@iung.pulawy.pl

Eike Stefan Dobers¹

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

RECOGNITION OF SOIL HETEROGENEITY
AS A BASE FOR THE STRATEGY OF SOIL SAMPLING

(Rozpoznanie zmienności przestrzennej gleby dla wyboru strategii
pobierania próbek)

Introduction

Soil sampling is an important procedure to get information about the soil fertility status of agricultural fields to improve management operations and protect the environment from degradation or nutrient overload. Especially when these fields are large, different soil fertility situations may occur in reasonable spatial extents. The different soil fertility situations may be due to varying management operations, land use or ownership in the past, or a consequence of natural soil heterogeneity, or a combination of both. Soil fertility in production agriculture is mainly described by properties of soil nutrient status and soil reaction (pH value) of the topsoil, in relation to the soil texture assessment.

If plausible and reliable patterns in soil nutrient status occur and are of reasonable size, management operations could possibly be adjusted to them. Many farmers already do this by simply dividing the field according to the results of soil sampling, by treating specific areas with more care, or leaving out areas with high nutrient status from regular application. New technologies like site specific agriculture using DGPS² for localising the tractor on the field and computers controlling the fertilizer spreader may further facilitate this management approach in the future.

¹ The research was carried out while I was joining the PROLAND project from August 2004 till July 2005, in cooperation with dr. Tomasz Stuczyński and prof. dr. Mariusz Fotyma, both working at the IUNG, Puławy. One field on the farm of Mr. Święcicki's farm in Baborówko served as study area. The farm manager also supported the project financially by having the samples drawn and analysed in a commercial laboratory according to our plans, what is gratefully acknowledged. Further financial support by PROLAND project is gratefully acknowledged, also.

² DGPS is the acronym for differential global positioning system; 24 satellites in the earth's orbit are sending signals which a GPS receiver can receive and decode at nearly any place of the world. From signals of at least 3 satellites, a position can be calculated. However, the precision of the coordinates increases with number of satellites and their distribution at the sky. To further improve the localisation to reliable sub-meter precision, an independent differential signal is required.

However, to use the results of soil sampling and analysis, this sampling has to be based on an initial sampling strategy, that represents the spatial distribution of influencing factors for soil nutrient status. If areas, which are very different with respect to e.g. management history or soil quality, are mixed in one sample, the information obtained by analysing this sample is very difficult to interpret. Only if a sound approach of soil sampling is applied, the analysed values can be sensefully and reliably used for further management decisions.

Therefore, this paper will outline a theoretically based approach for improving the present system for decision about the initial locations for soil sampling. For this reason, soil fertility is understood as nutrient status and soil reaction of the top soil. I leave out further considerations regarding nutrient status of deeper soil horizons or water storage capacity in the rooting area. However, if factors important for the latter properties are known, the theoretical outline can be extended to this wider perception of soil fertility also.

This paper uses data from a field study, which was carried out on 80 ha with mainly sandy soils in Baborówko, near Poznań.

Present situation of soil sampling

At present, under Polish conditions soil samples on agricultural fields are taken in a more or less regular pattern, walking the field in the shape of a 'Z', 'W' or lying 'N', depending on the specific situation. If the field is larger than 4 ha, it is divided in smaller sub-areas, with the aim of having one soil sample for an area of at maximum 4 ha. The samples are then taken to a laboratory and analysed for soil texture, nutrient status and soil reaction. The results are assigned to the respective sub-areas of the field and used for documentation or further decisions. Although the spatial extent represented by one sample should not be larger than 4 ha, there is no regulation regarding the shape of the sub-area or the layout for walking to take samples on the field (Fig. 1).

The requirement to walk in certain patterns for actually taking the sample, as mentioned in the previous section, aims at getting a sample, that is representing the average situation. On the other hand, by requiring small sub-areas for large fields, it is obvious, that not the average situation of the whole field is the aim, but rather a spatially more refined result.

Because of this sampling approach, till now no explicit account is given for already known soil variability within a field. For nearly the whole Polish territory soil maps at a scale of 1 : 5 000 exist, showing soil suitability (kompleks), soil type (typ) and texture properties up to 1.5 m depth (pod11 - pod14). For the study area, a conventional sampling scheme would mix soil material from different soils in one bulk sample and therefore give a biased result (Fig. 2).

Looking on the results of different years, 4 of 17 sub-areas (i.e. 24% of the field) had changing texture results for different years. This is probably due to the way of soil

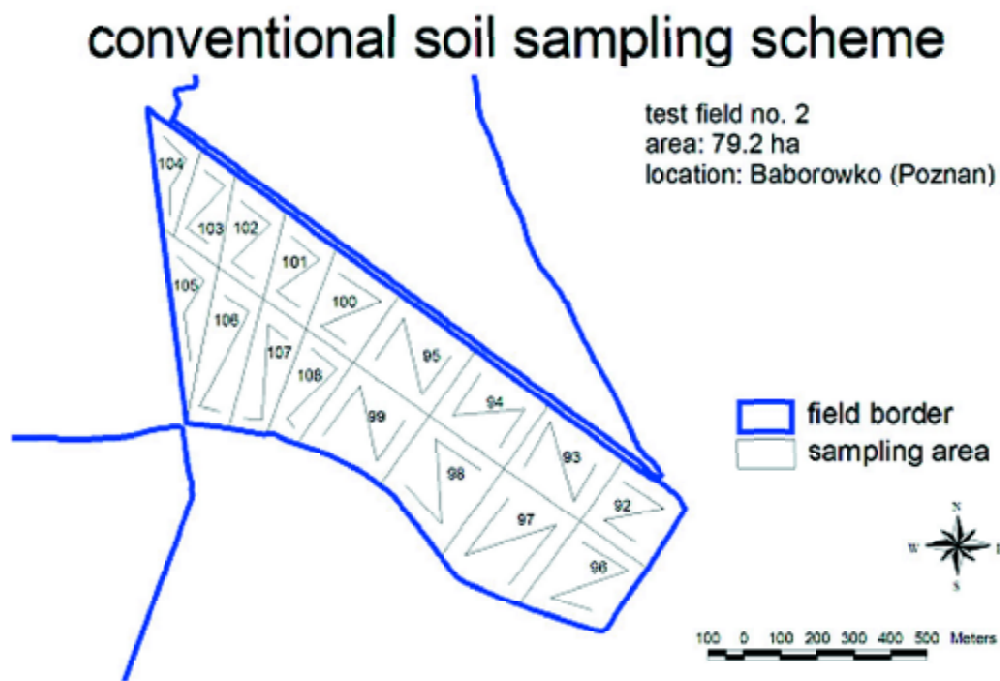


Fig. 1. Layout of standard soil sampling scheme for a 80 ha field near Baborówko, showing field borders, borders of subareas and possible walking transects for sampling (20-40 samples are taken on one transect and bulked)

sampling. As the walking transects are not defined spatially, every sampling period another transect might be walked. Resulting from this, other parts of the sub-area are sampled, and therefore the actual results are not comparable in the sense of changes of soil fertility status from period to period. Soil texture is an important parameter for arriving at the actual fertilising recommendation. Therefore, the sub-areas are treated differently from period to period because of sampling insufficiencies. Fig. 3 shows the Polish soil texture information for the study field, and the four sub-areas with changing results (red). Only one of the four cells shows reasonable variation regarding soil texture, therefore the reason for the changing results for the other three cells can not be answered by using this information. The figure shows additionally, that other sub-areas have reasonable differences in soil textures as well, and therefore represent different soil qualities, mixed within one sample.

Summing up this short overview of the recent situation of agricultural soil sampling and the results from our study field, the procedure applied at the moment is characterized by two uncertainties: (1) we do not know exactly, where a sample is drawn within each sub-area, and (2) we just can hope to get the main soil type within each

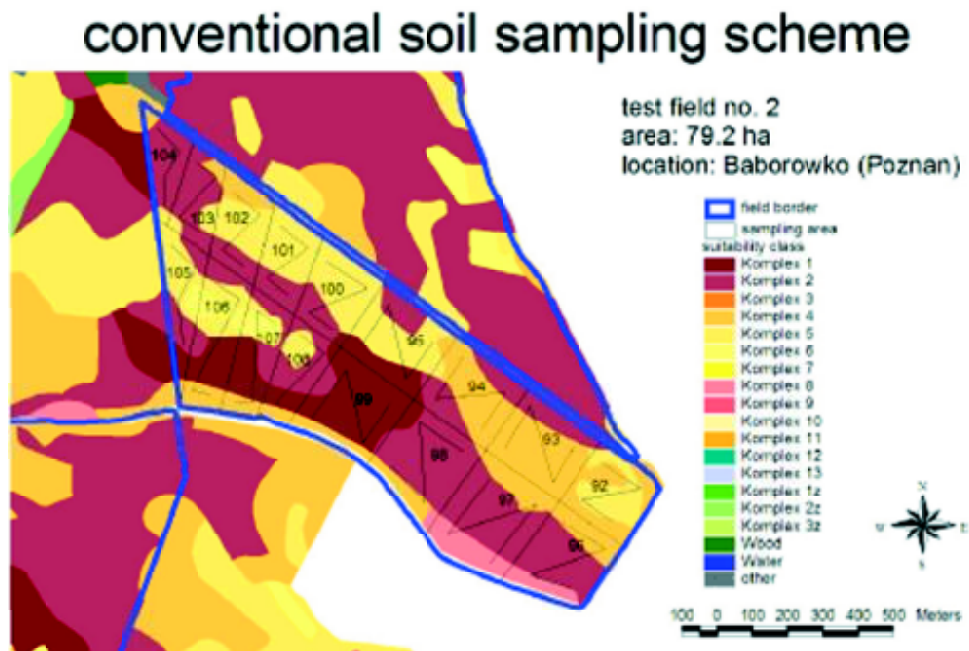


Fig. 2. Layout of standard soil sampling scheme for a 80 ha field near Baborówko, showing field borders, borders of subareas, possible walking transects for sampling, and soil suitability classes according to Polish soil map information

sub-area. However, it is highly questionable, whether an 'average' approach for categorical data like soil type or texture classes is reasonable at all.

Representativity

Because the purpose of soil sampling is to reflect or represent the specific situation on the field, the aspect of representativity is affected. When analysing the problem of representativity in relation to soil sampling of agricultural fields, it is helpful to theoretically differentiate between two of its components, the spatial component and the contextual component.

The spatial component answers the question „WHERE SHOULD WE TAKE THE SAMPLE?“, and it takes responsibility for optimising the sampling in that way, that at 'every' location of the field a sample is taken. Because this is practically impossible, walking the field in a certain pattern while sampling should assure to get a spatially balanced sample, which is not affected by 'hot spots' or otherwise biased. The spatial component of representativity is assuring to have a reproducible average value for the sampled area.

The contextual part of representativity is not concerned with the spatial layout. The contextual part answers the question „WHAT SOIL SHOULD WE SAMPLE?“,

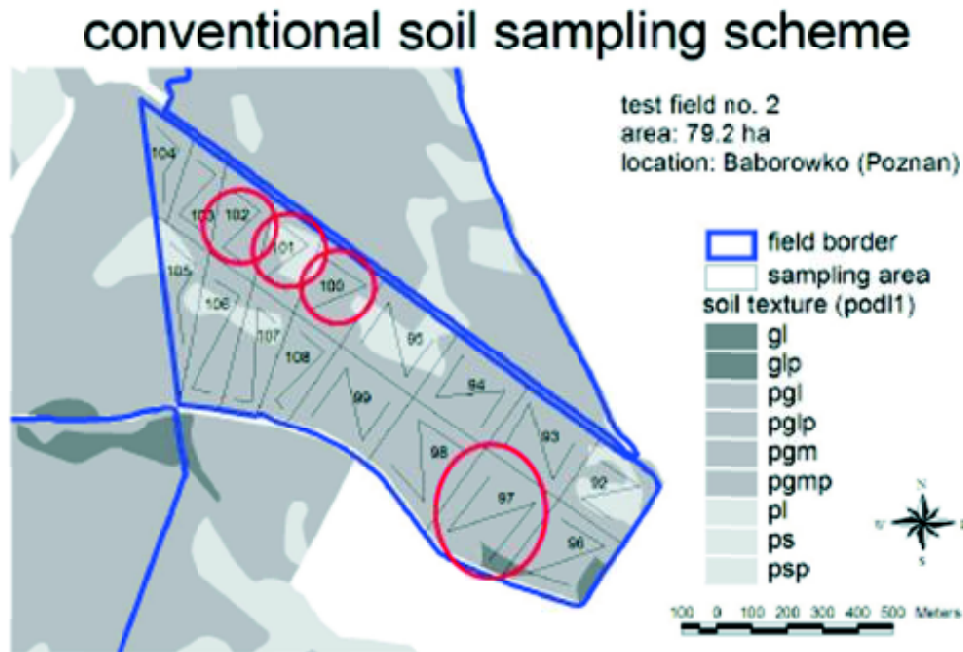


Fig. 3. Layout of standard soil sampling scheme for a 80 ha field near Baborówko, showing field borders, borders of subareas, possible walking transects for sampling, and soil texture classes according to Polish soil map information

and by this it assures that all relevant soil properties are sampled according to their spatial extent in the area. Therefore, the contextual component is assuring to have a sensible average value for the sampled area.

Integrating location and heterogeneity

The first above mentioned problem of uncertainty can be solved by using DGPS technology. If a DGPS receiver is used while sampling on the field, the exact walking transect is recorded and can be saved in a database, related to the specific farm. So, in every following sampling season for this field, the walking lines can be then loaded from the computer to a DGPS-device and used for navigating the sampling on the field. By doing so, every sampling period uses the same area of the field for creating a sample, which is analysed in the laboratory and used for further decision making on the farm. However, the inherent soil variability within one sample, and therefore the 'mixed' character of the sample – the second uncertainty mentioned above – is not avoided by this method.

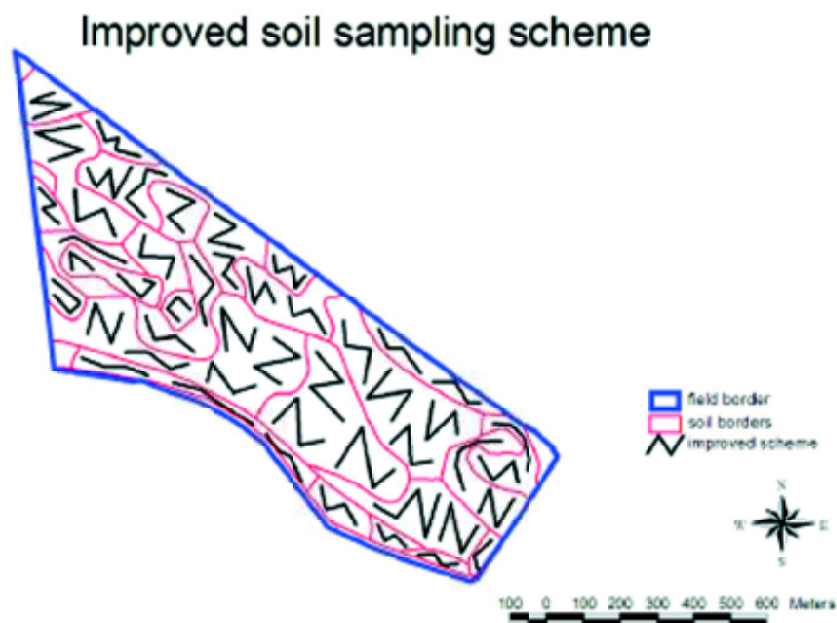


Fig. 4. Layout of improved soil sampling scheme for a 80 ha field near Baborówko, showing field borders, borders of soil polygons, and possible walking transects for sampling, applying a buffering operation of 15 m around all polygon borders (see text for details on the procedure; note that the number of samples is much higher than needed in routine sampling because of the research project)

To address this second aspect of optimised soil sampling, the Polish soil maps at a scale of 1 : 5 000 can be used to design a more specific sampling layout for the walking transects. Soil maps can be scanned and imported into a geographic information system (GIS)³. Using functions in the GIS, the soil boundary lines can be used to create better walking transects. First of all, the transects should be established in that way they do not cross any polygon border, because two different situations of soil quality would be mixed in one sample. Secondly, the polygon border lines can be used to create 'no go'-areas (buffer zones), regions of the field that should not be sampled, because they are close to the polygon borders. As every map has inherent uncertainties, the exact location of polygon boundary drawn on a map can vary within a scale dependent range. To my experience for soil maps in Poland at this scale, the buffer zones should be 15-20 to each side of the polygon border. The remaining area can be used to draw the sampling transects manually. The transects are then exported to a

³ Geographic information systems are storing and managing spatial data like soil maps, field borders, topography, aerial photos or satellite images; using different layers of information offers many possibilities to analyse problems within a spatial context and get support for decision making.

portable DGPS receiver and can be used to navigate the sampling on the field. This procedure allows for much better certainty about the actually sampled soil type, using all knowledge, that is already available. Therefore, the mixing of two different texture types in one soil sample can be avoided to a large extent.

Number of soil samples

The former part of this paper dealt with the spatial optimisation of soil sampling. However, one might ask, how many samples are to be drawn with the proposed new method. In this part I want to propose a simple procedure for determining the necessary number of samples. These samples are then drawn manually into the map as outlined previously. I want to stress, that this proposition should be treated carefully, because only limited knowledge of standard soil variability could be included. Further research is necessary to improve the formula and make it applicable to a wider range of situations.

First of all, the number of samples depend on three different aspects: (1) the level of soil heterogeneity, (2) the legislation in the country, and (3) on the specific field history or the management concept, the farmer wants to apply. My proposition ad-

Layout for design of soil sampling scheme



Fig. 5. Layout of improved soil sampling scheme for a 75 ha field near Baborówko, showing field borders, borders of soil polygons, and possible walking transects for sampling, applying a buffering operation of 15 m around all polygon borders and first and second rule for determining the numbers of samples in each polygon (see text for details on the procedure)

dresses only the first two aspects. The third aspect is too specific for each farm to be treated in a general way like in this paper.

Using the knowledge from the area near Poznań, the **first rule** for determining the number of samples is to take sample in every polygon, which is larger than one hectar. So at this stage, analysing the soil map with a GIS the operator can easily determine, which polygons of the field have to be sampled with at least one sample. This rule is taking into account the level of soil heterogeneity on the specific field.

The **second rule** says, that we should divide the polygon area of all polygons larger than four hectars by 4, and round the values to integers. This second number helps to determine, how many samples should be taken within each polygon. The value will be zero for polygons smaller than 2 hectars, and equal to or larger than 1 for the rest. As we have already given one sample to each polygon larger than one hectar by the first rule, we have to subtract 1 from the result of the second rule. This second number is now the final result for each polygon at this step. The second rule is specific for the respective legal situation in the country.

If the farmer knows about specific problems in an area of the field or wants to have more samples to be drawn, than this knowledge has to be included separately and specifically for the situation (**third rule**).

Adding all three results gives the total number of samples for the whole field, and as well the number of samples for each specific polygon on the field. The following example will illustrate the idea of applying the first and second rule.

Assume, a field of 75 ha in the same region as our study field shall be sampled for soil analysis. The standard method would perform the operation $75 : 4 = 18,75$, and therefore 19 samples should be taken from the field. However, the standard procedure does not give any idea concerning the location of the samples or the layout of the walking transects. Applying the proposed two rules leads the following way: the soil map analysis shows, that there are a total number of 22 polygons on the field and 13 of these are larger than 1 ha. Therefore, the first rule recommends to sample each of the 13 polygons at least once. Applying the second rule gives an extra of 9 samples because of some larger polygons in the field, that should have at least two samples one from rule one and a second from this rule. By this, we end up with 22 samples for the field, and a recommendation for the number of sampling transects within each polygon. The result for this field is shown in Fig. 5.

Although this number of samples might seem unfavourable, because 16% more samples mean increased costs for sampling and analysis, it should not be forgotten, that the standard sampling approach for the study field resulted in at least 24% uncertain results for the two compared years, what might be interpreted as 'useless' data. Keeping this result in mind, 16% increased sampling effort might worth to be accomplished, as the data has a higher level of certainty about really reflecting the situation on the field.

The proposed rules should be handled with care, especially regarding the first rule. More research is needed to analyse, whether there are landscape specific threshold

values to determine the minimum polygon size to be included into soil sampling. As well, future research should concentrate on finding solutions and algorithms, that help determine the number of samples for specific agricultural management systems like e.g. site specific farming ('precision agriculture').

Conclusion

This paper describes the present situation of agricultural soil sampling in Poland and proposes some improvements for more reliable results. The idea is illustrated using data from a study field in Baborówko, near Poznań.

The present situation of soil sampling is insufficient and ineffective and may result in a high percentage of uncertain information. For the study field of 80 ha, 24% of the soil texture results between two sampling periods differed significantly.

The paper describes possible improvements in two steps:

1. using DGPS devices when walking on the sampling transects within the four hectar sub-areas,
2. integrating information about soil variability using the Polish soil maps at a scale of 1 : 5 000 in a GIS to derive at better locations for the sampling transects on the field.

The total number of samples can be calculated using two rules, that incorporate knowledge about soil heterogeneity and legislation. A third rule can adjust to the field specific situation. The resulting number of total samples per field may be higher than for the standard approach, but the information gained will be more reliable. Further research is needed regarding landscape specific threshold values for soil heterogeneity, and general approaches for new farm management systems like e.g. site specific agriculture.

Streszczenie

ROZPOZNANIE ZMIENNOŚCI PRZESTRZENNEJ GLEBY DLA WYBORU STRATEGII POBIERANIA PRÓBEK

Celem badania gleb jest pozyskiwanie informacji niezbędnych do określenia potrzeb nawożenia i wapnowania pól uprawnych. Trafność opracowywanych na tej podstawie zaleceń nawozowych zależy w dużym stopniu od tego na ile wyniki badania próbek odzwierciedlają rzeczywisty stan zasobności gleby, a więc od reprezentatywności próbek glebowych pobieranych do analiz. Na dużych polach próbki gleby pobiera się na ogół dzieląc badaną powierzchnię na części o podobnej wielkości i regularnych kształtach, najczęściej zbliżonych do kwadratu. Z każdej części pobierana jest jedna próbka, którą uważa się za reprezentatywną. Badania prowadzone na polu o powierzchni około 80 ha w okolicach Poznania pokazują jednak, że pobór próbek taką metodą, która nie uwzględnia naturalnej zmienności przestrzennej gleby może zniekształcać rzeczywisty obraz stanu agrochemicznego gleb. Przeprowadzone dwukrot-

nie analizy składu granulometrycznego gleby z tego samego pola dla 24% powierzchni dały różne wyniki. Wiarygodność wyników analizy można poprawić poprzez zastosowanie urządzeń do pozycjonowania satelitarnego (dGPS) w procesie pobierania próbek. Ułatwiają one bardziej precyzyjne wyznaczanie miejsc poboru próbek, co ma szczególne znaczenie w badaniach monitoringowych, tj. powtarzanych w czasie. Drugim sposobem zwiększenia rzetelności pozyskiwanych danych jest wykorzystywanie istniejących zasobów informacji o glebie do zaprojektowania schematu poboru próbek. Dla obszaru całej Polski informacja taka jest dostępna w postaci map glebowych sporządzonych w dużej skali.

W pracy zaproponowano stworzenie Systemu Informacji Geograficznej na bazie analogowej mapy glebowej i jego wykorzystanie do projektowania schematu poboru próbek, uwzględniającego przestrzenną zmienność gleb. Przedstawiono również procedury umożliwiające określenie koniecznej liczby próbek, którą należy pobrać z pola o określonej powierzchni.

Adres do korespondencji:

dr Eike Stefan Dobers
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Plac Łódzki 3
10-957 Olsztyn (Poland)
stefan.dobers@uwm.edu.pl

Tamara Jadczyzyn

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

SPORZĄDZANIE PLANU NAWOŻENIA Z UWZGLĘDNIENIEM WYNIKÓW BADAŃ GLEBY*

Wstęp

Zakres działalności okręgowych stacji chemiczno-rolniczych określa ustawa o nawozach i nawożeniu (Dz. U. z 2000 r., nr 89, poz. 991) z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2004 r., nr 91, poz. 876 i Dz. U. z 2005 r., nr 249, poz. 2103). Do podstawowych zadań realizowanych przez oschr należy doradztwo nawozowe oraz opiniowanie planów nawożenia. Posiadanie zaopiniowanego przez oschr planu nawożenia jest obecnie obowiązkiem podmiotów prowadzących chów lub hodowlę zwierząt na dużą skalę, tj. powyżej:

- 40 000 stanowisk dla drobiu,
- 2 000 stanowisk dla świń o masie ponad 30 kg,
- 750 stanowisk dla macior.

Powstające w produkcji zwierzęcej nawozy naturalne muszą być co najmniej w 70% zagospodarowane na gruntach będących w posiadaniu danego podmiotu, a do 30% ilości tych nawozów podmiot może zbyć do bezpośredniego wykorzystania rolniczego. Nabywca nawozów również zobowiązany jest do sporządzenia planu nawożenia i uzyskania pozytywnej opinii oschr.

Ilość nawozów naturalnych wytwarzanych przy takiej skali produkcji jest duża i dla jej zagospodarowania zgodnego z obowiązującymi przepisami (dawka azotu w nawozach naturalnych nie może być większa niż $170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) potrzebna jest odpowiednio duża powierzchnia użytków rolnych. Stacje chemiczno-rolnicze stają zatem przed zadaniem sporządzania lub opiniowania planów nawożenia dla powierzchni tysiąca lub nawet więcej hektarów użytków.

Podstawą planowania nawożenia jest ocena odczynu (pH) i zasobności gleby w podstawowe składniki pokarmowe (PKMg). Próbki gleby do badań pobiera się zgodnie z Polską Normą PN-R-04031: „Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Pobieranie próbek”. Jedna próbka gleby może reprezentować obszar o powierzchni do 4 hektarów, wyrównanej pod względem glebowym i o zbliżonym ukształtowaniu terenu. Dla pla-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania nr 1.5 w programie wieloletnim IUNG PIB.

nowania nawożenia równie ważne jest, aby jedna próbka glebowa reprezentowała powierzchnię jednorodną pod względem agrotechnicznym (płodzmian, historia nawożenia). W przypadku znacznego zróżnicowania warunków naturalnych czy agrotechnicznych nawet na działce o powierzchni mniejszej niż 4 ha powinno się pobrać więcej niż jedną próbkę glebową. Wszystkie próbki muszą być odpowiednio oznakowane, a reprezentowane powierzchnie zaznaczone na odrzynie podkładu geodezyjnego lub na dokładnym szkicu.

Z gospodarstwa o powierzchni tysiąca ha do laboratorium trafi co najmniej 250 próbek glebowych. Wyniki analiz takiej liczby próbek należy uwzględnić przy planowaniu nawożenia. Czy oznacza to konieczność opracowania 250 zaleceń nawozowych? Aby odpowiedzieć na to pytanie trzeba poznać założenia systemu doradztwa nawozowego i czynniki powodujące zróżnicowanie dawek nawozów.

Podstawy doradztwa nawozowego dla roślin uprawy polowej

Nawożenie ma na celu zaspokojenie potrzeb pokarmowych roślin i utrzymywanie odpowiedniego poziomu zasobności gleby w składniki mineralne. Potrzebami pokarmowymi roślin określamy ilość składników jaką muszą pobrać rośliny dla wytworzenia określonego plonu biomasy. W doradztwie nawozowym pobranie NPK wyznacza się na podstawie prognozowanego plonu i ilości składników pobieranych przez rośliny na wytworzenie jednostki plonu (tab. 1). Na przykład na wytworzenie 6 ton ziarna rośliny pszenicy ozimej pobierają: 142 kg N, 26 kg P i 76 kg K.

Tabela 1

Pobranie składników pokarmowych w kg na 1 t plonu głównego z odpowiednią ilością plonu ubocznego

Roślina uprawna	Azot (N)	Fosfor (P)	Potas (K)
Pszenica ozima	23,7	4,3	12,6
Pszenica jara	25,1	4,5	13,6
Jęczmień jary	21,0	4,2	13,7
Żyto	21,6	4,4	18,0
Kukurydza na ziarno	28,4	5,4	23,3
Rzepak	44,5	9,6	33,3
Ziemniak	3,9	0,6	5,5
Burak cukrowy	4,0	0,7	5,4
Kukurydza na kiszonkę *	3,7	0,6	3,8
Koniczyna *	5,1	0,5	4,4
Lucerna*	6,1	0,6	4,7
Koniczyna z trawami*	4,8	0,5	4,7
Lucerna z trawami*	5,2	0,7	4,9
Trawy*	5,1	0,6	4,9

* pobranie na 1 t plonu zielonej masy

Źródło: Fotyma M., Jadczyzyn T., Pietruch Cz., 2001 (1)

Liczba gatunków roślin uprawnych oraz zmienność plonów w obrębie gatunków są zatem najważniejszymi przyczynami zróżnicowania dawek nawozów w gospodarstwie.

Potrzeby nawozowe

Nawożenie fosforem i potasem, obok zabezpieczenia potrzeb (wymagań) pokarmowych roślin, ma na celu także zachowanie optymalnej zasobności gleby. Potrzeby nawozowe można zdefiniować jako potrzeby pokarmowe roślin zmodyfikowane w zależności od aktualnej zawartości przyswajalnych form fosforu i potasu w glebie. W systemie doradztwa nawozowego wyznacza się je jako iloczyn prognozowanego pobrania składników przez rośliny i odpowiedniego współczynnika korekcyjnego dotyczącego zasobności gleby (tab. 2). Współczynnik ten ma wartość mniejszą od 1 na glebach o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości składników, co oznacza, że potrzeby nawozowe są w tym przypadku mniejsze od potrzeb pokarmowych roślin. Na glebach o niskiej lub bardzo niskiej zawartości składników współczynnik korekcyjny jest większy od 1. Na przykład potrzeby nawozowe pszenicy ozimej przy plonie ziarna $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w warunkach niskiej zasobności gleby w fosfor i potas wynoszą: 142 kg N, 33 kg P ($26 \text{ kg P} \cdot 1,25$) i 95 kg K ($76 \text{ kg K} \cdot 1,25$) na 1 ha. W tym przypadku potrzeby nawozowe są większe od potrzeb pokarmowych roślin ze względu na konieczność zwiększenia zasobności gleb. Na glebach średnio zasobnych dopływ składników powinien równoważyć pobranie z plonem, a zatem współczynnik korekcyjny jest równy 1, czyli potrzeby nawozowe są takie same, jak potrzeby pokarmowe roślin.

Zasobność gleby w składniki pokarmowe jest ważnym czynnikiem decydującym o zróżnicowaniu dawek nawozów fosforowych i potasowych.

Tabela 2

Wartości współczynników korekcyjnych w zależności od zasobności gleby w fosfor i potas

Zasobność	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka	Bardzo wysoka
Współczynnik	1,5	1,25	1,0	0,75	0,5

Źródło: Opracowanie własne zgodnie z Kodeksem Dobrej Praktyki Rolniczej (4)

Składniki dostępne z nawozów naturalnych

Istotnym źródłem dopływu składników pokarmowych roślin są nawozy naturalne. Całkowity dopływ składników z tego źródła oblicza się na podstawie wielkości dawki nawozu i zawartości (%) w nim NPK. Ilości składników bezpośrednio dostępnych dla roślin, które można odliczyć od planowanych dawek nawozów mineralnych określa się mnożąc całkowitą ilość składników w nawozach naturalnych przez odpowiedni równoważnik nawozowy azotu lub współczynniki wykorzystania P i K podane w tabeli 3.

Tabela 3

Równoważniki nawozowe azotu i współczynniki wykorzystania P i K z nawozów naturalnych

Nawóz naturalny	W I roku po zastosowaniu			W II roku po zastosowaniu		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Obornik	0,3	0,4	0,8	0,1	0,3	0,1
Gnojowica	0,7-0,5*	0,7	0,8	0,1	0,1	0,1
Gnojówka	1,0	-	0,8	-	-	0,1

* wyższa wartość przy stosowaniu krótko przed siewem lub sadzeniem, niższa – przy stosowaniu pogłównym
Źródło: Maćkowiak Cz., 1999 (3)

Składniki dostępne z przyoranych produktów ubocznych

Dodatkowym źródłem składników pokarmowych dla roślin uprawnych są produkty uboczne (słoma, liście buraczane i in.) pozostawiane na polu po zbiorze rośliny przedplonowej. Ich ilość zależy od koncentracji składników w produktach ubocznych oraz wielkości ich plonu. Przy wyznaczaniu ilości składników dostępnych dla roślin następczych uwzględnia się także równoważniki nawozowe azotu oraz współczynniki wykorzystania P i K. W tabeli 4 przedstawiono przeciętne ilości składników pokarmowych dostępnych dla roślin następczych z przyoranych produktów ubocznych przedplonów. Ujemne wartości w przypadku słomy zbóż oznaczają, że jej przyoranie skutkuje zwiększeniem potrzeb nawozowych względem azotu. Dzieje się tak, ponieważ słoma jest źródłem energii dla rozwoju mikroorganizmów glebowych. Zawartość azotu w słomie jest niewystarczająca dla ich rozwoju, dlatego znaczne ilości azotu mikroorganizmy pobierają także z gleby. Azot związany w masie mikroorganizmów jest czasowo niedostępny dla roślin uprawnych, dlatego w stanowiskach z przyoraną słomą zachodzi potrzeba bardziej intensywnego nawożenia ozimin azotem.

Tabela 4

Ilości składników pokarmowych dostępnych dla roślin następczych w kg z 1 tony przyoranego produktu ubocznego

Produkt uboczny	Azot (N)	Fosfor (P)	Potas (K)	Relacja plon uboczny : plon główny
Słoma pszenicy	-5,0	0,3	8,0	1:1
Słoma jęczmienia	-5,0	0,4	9,6	0,9:1
Słoma żyta	-5,0	0,4	9,4	1,4:1
Słoma kukurydzy	-5,0	0,8	15,0	1:1
Słoma bobiku	2,7	0,6	13,8	1:1
Słoma grochu	3,4	0,7	14,1	1:1
Słoma łubinów	2,4	0,6	12,3	1:1
Słoma rzepaku	4,8	0,6	13,6	1,1:1
Liście buraka cukrowego	1,8	0,2	4,4	0,8:1

Źródło: Opracowanie własne

Dopływ składników mineralnych dla roślin następczych z przyoranych produktów ubocznych zależy od ich masy przypadającej na 1 ha powierzchni pola. Można ją oszacować na podstawie wielkości uzyskanego plonu produktu głównego i jego relacji do plonu ubocznego (plon uboczny : plon główny).

Inne źródła azotu

Źródłem azotu są również resztki poźniwne roślin motylkowatych. W glebie po zbiorze roślin motylkowatych pozostają znaczne ilości azotu w postaci resztek poźniwnych. Zakłada się, że jest to około 30% całkowitej ilości azotu nagromadzonego w nadziemnej biomacie roślin. Całkowity dopływ składnika z tego źródła oblicza się na podstawie pobrania azotu z uzyskanym plonem rośliny motylkowej (z uwzględnieniem pobrania jednostkowego, jak w tabeli 1). Równoważnik azotu pochodzącego z tego źródła przyjmuje się na poziomie 0,5; oznacza to, że 1 kg N w resztkach poźniwnych roślin motylkowatych równoważy działanie 0,5 kg składnika zastosowanego w nawozach mineralnych.

Opad atmosferyczny dostarcza do gleby przeciętnie około $19 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w ciągu roku. Uwzględniając długość okresu wegetacyjnego można przyjąć, że z tej ilości dla roślin dostępnych jest ok. $10 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Dawki nawozów mineralnych wyznacza się z różnicy pomiędzy potrzebami nawozowymi i ilością składników dostępnych dla roślin z innych źródeł.

Zróżnicowanie dawek nawozów w gospodarstwie

Ze względu na różnice w pobieraniu składników dla każdego gatunku rośliny uprawianej w gospodarstwie musi być opracowane zalecenie nawozowe. W obrębie jednego gatunku potrzeby nawozowe mogą być zróżnicowane w zależności od urodzajności gleb i poziomu uzyskiwanych plonów. Jeżeli w obrębie jednego pola uprawnego potrafimy wydzielić obszary o zróżnicowanym potencjale plonowania, to dla każdego z nich należy określić dawki nawozów uwzględniając odpowiedni poziom plonów. W obrębie dużych powierzchniowo pól przyczyną zmienności potrzeby ich nawożenia może być zróżnicowanie elementów agrotechniki. Na przykład z części pola zbiera się produkty uboczne, a na innej części przyoruje.

Przystępując do opracowania planu nawożenia w gospodarstwie należy ustalić czy na poszczególnych polach uprawnych występują czynniki różnicujące potrzeby nawozowe roślin. Jeżeli tak, to w obrębie pola jednej rośliny należy wydzielić powierzchnie jednorodne pod względem plonowania i stosowanych zabiegów agrotechnicznych. Jeśli powierzchnia jednorodna przekracza 4 ha, a zatem jest reprezentowana przez więcej niż jedną próbkę gleby, to w jej granicach dawki nawozów mogą być zróżnicowane dużą zmiennością (co najmniej o jeden przedział) zawartości składników w glebie.

Wskaźniki zawartości fosforu i potasu w glebie uwzględnia się w algorytmie obliczania dawek nawozów poprzez korektę pobrania składników przez rośliny. Zastoso-

wany w tym celu współczynnik korekcyjny jest zmienną dyskretną, której wartość zależy od przedziału zawartości składników. Ponieważ zasobność gleb wycenia się w skali 5-stopniowej, to współczynnik korekcyjny może przyjmować jedną z pięciu wartości (1,5; 1,25; 1,0; 0,75; 0,5). Zatem dla jednorodnego pod względem agrotechnicznym pola można wyznaczyć maksymalnie 5 poziomów nawożenia danym składnikiem.

Planowanie nawożenia i ocena planu nawożenia

Plany nawożenia mogą być opracowywane różnymi metodami, nie zawsze jest to sprecyzowane, podobnie jak i sposób lub kryteria oceny planów nawozowych. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach opracował odpowiednie do tych celów narzędzia. Są to komputerowe programy NawSald oraz Macrobil.

NawSald jest programem doradztwa nawozowego przeznaczonym do opracowywania planów nawożenia zgodnie z przedstawioną w tej pracy koncepcją. Za pomocą tego programu można obliczyć ilość nawozów naturalnych wytwarzanych w gospodarstwie na podstawie obsady poszczególnych gatunków zwierząt, a następnie obliczyć dawki nawozów z uwzględnieniem zasobności gleby, przewidywanych plonów oraz zagospodarowania nawozów naturalnych. Jest to program konwersacyjny, jednak może być wykorzystywany nawet w gospodarstwach o dużej powierzchni użytków rolnych. Przystępując do sporządzania planu nawożenia za jego pomocą należy odpowiednio przygotować i uporządkować niezbędne dane wejściowe, w tym:

- przeanalizować wyniki analiz gleby, aby stwierdzić ile przedziałów zasobności w poszczególne składniki pokarmowe występuje na obszarze konkretnego pola (nie więcej niż 5);
- odpowiedzieć sobie na pytanie, czy na tym polu występuje zmienność plonowania danego gatunku rośliny na tyle duża, aby różnicować dawki nawozów; jeśli tak, to należy wyznaczyć poziomy plonów do symulacji.

Maksymalna liczba symulacji jakie należy wykonać jest iloczynem liczby poziomów plonu i przedziałów zasobności gleby w składniki pokarmowe.

Do oceny planów nawozowych stacje chemiczno-rolnicze mogą wykorzystywać program komputerowy Macrobil. Służy on do badania bilansu składników pokarmowych w skali gospodarstwa oraz obliczania dodatkowych wskaźników poprawności gospodarowania składnikami mineralnymi w gospodarstwie.

Do podstawowych kryteriów, które należy uwzględnić przy ocenie planu nawożenia zalicza się:

1. zagospodarowanie nawozów naturalnych na użytkach własnych (co najmniej 70% z własnej produkcji);
2. dopływ azotu z nawozów naturalnych (nie więcej niż $170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ użytków rolnych);
3. zrównoważone salda poszczególnych składników pokarmowych.

Podsumowanie

Podstawą planowania nawożenia jest zasobność gleby w składniki pokarmowe. Z powodu dużej zmienności glebowej wynikają problemy z formułowaniem zaleceń nawozowych dla pól o dużych powierzchniach, których zasobność w składniki pokarmowe charakteryzowana jest wynikami badań kilkudziesięciu czy nawet kilkaset próbek glebowych. W pracy wykazano, że o zróżnicowaniu wielkości dawek azotu decyduje poziom plonów, a o zróżnicowaniu dawek P i K - również zasobność gleby w te składniki. Jeśli wyniki badań gleby wycenia się w skali 5-stopniowej, to dla każdego poziomu plonu, na jednorodnym pod względem agrotechniki polu, można wyznaczyć nie więcej niż 5 poziomów dawek P i K. Podejście takie znakomicie ogranicza liczbę wykonywanych symulacji, a zatem zmniejsza pracochłonność sporządzania planu nawożenia.

Literatura

1. Fotyma M., Jadczyzyn T., Pietruch C z.: A decision support system for sustainable nutrient management on farm level: MACROBIL. Nawozy i Nawożenie - Fertilizer and Fertilization, 2001, **2**: 7-26.
2. Jadczyzyn T.: Podstawy naukowe doradztwa nawozowego. Nawozy i nawożenie - Fertilizers and fertilization, 2000, **4**: 185-205.
3. Maćkowiak C z.: Przechowywanie i stosowanie nawozów organicznych zgodnie z wymaganiami UE i ochrony środowiska. WPODR Szepietowo, 1999.
4. Praca zbiorowa pod red. I. Duer, M. Fotymy i A. Madeja: Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. MRiRW - MŚ - FAPA, Warszawa, 2002.

Adres do korespondencji:

dr Tamara Jadczyzyn
IUNG - PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (0-81) 886-34-21
e-mail: tj@iung.pulawy.pl

Mariusz Fotyma, Janusz Igras

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

NARODOWY PROGRAM WAPNOWANIA GLEB W POLSCE
NA LATA 2007–2013*

Wstęp

W ramach dyskusji nad Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach zorganizował w dniach 1-2 czerwca 2006 roku ogólnopolską konferencję naukowo-techniczną w celu stworzenia Narodowego Programu Wapnowania Gleb. W konferencji uczestniczyli przedstawiciele służb rolnych, związków rolników, izb rolniczych, uczelni i instytutów rolniczych, organizacji samorządowych i producentów nawozów wapniowych. W toku dwudniowych obrad przedyskutowano całość problemów związanych z zastosowaniem nawozów wapniowych w gospodarce narodowej, przede wszystkim w produkcji rolnej, produkcji rybackiej, w uzdatnianiu osadów ściekowych i odpadów komunalnych oraz szeroko rozumianej ochronie środowiska przyrodniczego. Zebrani doszli do zgodnego wniosku, że waga tego zagadnienia uzasadnia powołanie Narodowego Programu Wapnowania Gleb finansowanego ze środków Unii Europejskiej, funduszy krajowych oraz środków własnych rolników będących głównymi beneficjentami programu. Program taki powinien stanowić integralną część Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013.

Potrzeba stworzenia programu wapnowania gleb w Polsce

Zgodnie z Krajowym Planem Strategicznym (projekt 03/2006 Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa, marzec 2006 r., str. 19) „znacznym utrudnieniem, które wymaga od rolników większego zaangażowania wiedzy, sił i środków, są niekorzystne warunki naturalne do prowadzenia produkcji rolnej, takie jak **duży udział gleb słabych i zakwaszonych**, niewielkie opady oraz krótki okres wegetacyjny. **Cechy te stanowią obiektywne bariery dla rozwoju sektora rolnego i obszarów wiejskich**”.

Znaczna część gleb Polski, niezależnie od sposobu ich użytkowania jest silnie zakwaszona. Zajmujące największą powierzchnię gleby gruntów ornych w ponad 50%

* Opracowanie wykonano w ramach zadania nr 1.7 w programie wieloletnim IUNG PIB.

wykazują odczyn bardzo kwaśny i kwaśny i stan ten nie ulega zmianie od wielu lat, a nawet dziesięcioleci. Silnie zakwaszone są również gleby pod użytkami zielonymi, lasami oraz stawami i jeziorami, na których prowadzi się gospodarkę rybacką. Zakwaszenie gleb wyróżnia nasz kraj niekorzystnie wśród krajów ościennych o podobnych warunkach glebowych i klimatycznych, a w skali wszystkich krajów Unii Europejskiej zajmujemy pod tym względem niechlubne pierwsze miejsce. Stan zakwaszenia ogranicza produktywność gleb i utrudnia, a w wielu przypadkach uniemożliwia spełnianie ich funkcji ekologicznych i uzyskiwanie wysokojakościowych surowców do produkcji bezpiecznej dla zdrowia żywności. Odczyn gleb stanowi jeden z podstawowych wskaźników ich zagrożenia procesami degradacji i wskaźnik ten został uwzględniony przy opracowywaniu mapy stanu gleb świata prezentowanej na Szczycie Ekologicznym w 1992 roku w Rio de Janeiro. Na podstawie tego jednego wskaźnika prawie cały obszar Polski został uznany za zagrożony degradacją gleb, co w potocznej opinii przekładało się na uznanie naszych gleb za skażone i mało przydatne dla uzyskiwania wysokiej jakości płodów rolnych. Prostowanie tej opinii zajęło wiele lat i pociągnęło za sobą między innymi konieczność przeprowadzenia bardzo kosztownych badań zanieczyszczenia gleb Polski metalami ciężkimi i siarką.

Zakwaszenie gleb wynika zarówno z przyczyn naturalnych (procesu glebotwórczego), jak i antropogenicznych (kwaśne opady pochodzące z przemysłu i motoryzacji, zakwaszające działanie nawozów mineralnych) w przeważającej mierze ma charakter niezależny i niezawiniony przez użytkownika gleb, rolnika, leśnika czy rybaka. Do 2004 r. koszty zabiegu wapnowania gleb były w części solidarnie ponoszone przez resztę społeczeństwa w formie dotacji budżetowej. Z momentem przystąpienia Polski do UE dotacje zostały całkowicie zniesione i cały koszt wapnowania obciąża użytkownika gleb. Jest to sytuacja społecznie niesprawiedliwa, gdyż gleby stanowią dobro ogólnonarodowe, a produkowane na niej surowce rolne służą zaspokajaniu podstawowych zapotrzebowań wszystkich obywateli na żywność i inne produkty pochodzenia rolniczego. Minimalne zapotrzebowanie rolnictwa, leśnictwa i rybactwa na nawozy wapniowe wynosi 20 milionów ton CaO i powinno być zrealizowane w przeciągu około 6 lat, gdyż proces zakwaszania gleb ma charakter ciągły i zabieg wapnowania musi być w takim odstępnie czasowym ponawiany. Przeciętny koszt zastosowania 1 tony CaO wynosi około 200 zł, na co składają się koszty zakupu nawozów oraz koszt ich transportu i rozsiewu. Realizacja programu wapnowania, wymaga zatem nakładów w wysokości około 4 miliardów złotych, to znaczy przewyższającej sumę środków, które trafiły do rolnictwa z funduszy unijnych i krajowych w latach 2004–2006. Porównanie to, jakkolwiek ułomne, uzmysławia skalę problemu i stanowi dowód na to, że rolnictwo ze środków własnych nie jest absolutnie w stanie uporać się z nim bez wsparcia zewnętrznego.

Narodowy Program Wapnowania Gleb powinien się składać z części krajowej, współfinansowanej ze środków UE oraz części regionalnej, współfinansowanej ze środków krajowych.

Krajowy Program Wapnowania Gleb

Program krajowy powinien obejmować zwapnowanie wszystkich gleb zagrożonych degradacją z uwagi na bardzo kwaśny odczyn. Wyznacznikiem tego stanu zagrożenia jest odczyn gleby – pH poniżej wartości 4,8, sygnalizujący występowanie w glebie glinu wymiennego powodującego degradację gleby i uniemożliwiającego uzyskiwanie dużych plonów roślin o dobrej jakości. Gleb takich w użytkowaniu płużnym (gleby orne), pod użytkami zielonymi i pod młodnikami leśnymi oraz w produkcji rybactwej, jest w Polsce około 4,5 miliona ha. Na zwapnowanie tych gleb trzeba przeznaczyć co najmniej 12 milionów ton CaO, co oznacza konieczność wydatkowania około 2,5 miliarda złotych. Dokumentacja stanu zakwaszenia gleb w Polsce jest bardzo dobra dzięki działalności okręgowych stacji chemiczno-rolniczych, a w przypadkach koniecznych może być łatwo i tanio uzupełniona badaniami tychże stacji. W praktyce każdy rolnik może otrzymać certyfikat stwierdzający udział gleb w przedziałach odczynu z wydzieleniem powierzchni gleb zagrożonych degradacją (pH poniżej 4,8) i naliczeniem koniecznych dla zwapnowania tych gleb ilości nawozów wapniowych. Koszt zakupu i rozsiewu tej ilości nawozów powinien być refundowany z unijnego funduszu zapobiegania degradacji gleb. **Krajowy program wapnowania gleb musi być zapisany jako oddzielne działanie w programie rozwoju obszarów wiejskich na lata 2007–2013.**

Regionalne Programy Wapnowania Gleb

Niezależnie od programu krajowego należy stworzyć ramy prawno-organizacyjne do tworzenia regionalnych programów wapnowania gleb. Celem tych programów byłoby wsparcie tak zwanego zachowawczego wapnowania gleb doprowadzonych do odczynu pH 4,8, a więc nie zagrożonych bezpośrednio procesem degradacji. Programy takie powinny być współfinansowane ze środków krajowych, a w szczególności ze środków funduszu ochrony środowiska oraz środków własnych gmin. Inicjatorami tworzenia programów regionalnych mogą być izby rolnicze, związki rolników oraz urzędy marszałkowskie, a same programy powinny przewidywać kompleksowe wapnowanie gleb na większych, wydzielonych obszarach, np. całych wsi lub ich części. Udział rolników w kosztach tych programów musi być znaczący, a wapnowanie zachowawcze powinno stanowić obowiązkowy element w programach rolno-środowiskowych: pakiet rolnictwo ekologiczne, pakiet rolnictwo zrównoważone, pakiet ochrony gleb i wód pakiet łąki i pastwiska ekstensywne, a także na obszarach o nie sprzyjających warunkach gospodarowania (ONW) i w rejonach zagrożonych zanieczyszczeniem azotanami z produkcji rolnej. **Regionalne programy wapnowania gleb powinny być zapisane w regionalnych programach rozwoju obszarów wiejskich.**

Wspólne stanowisko środowisk zainteresowanych stworzeniem „Narodowego Programu Wapnowania Gleb w Polsce” powinno zostać uwzględnione przy konstruowaniu Krajowego Planu Strategicznego Rozwoju Obszarów Wiejskich, jako jeden z prio-

rytetów. Odkwaszenie gleb w Polsce wpisuje się bowiem znakomicie w zasadę spójności (wyrównywanie różnic w poziomie rozwoju pomiędzy regionami Europy), a argumentów związanych z dysproporcją pomiędzy poziomem zakwaszenia gleb w Polsce i innych krajach europejskich dostarczają badania naukowe.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Mariusz Fotyma
IUNG-PIB Puławy
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (081) 886 34 21 w. 230
fot@iung.pulawy.pl

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej IUNG - PIB „**RAPORTY PIB**” publikowane są recenzowane prace z zakresu agronomii i kształtowania środowiska rolniczego, wykonane w ramach zadań programu wieloletniego pn. „Kształtowanie środowiska rolniczego Polski oraz zrównoważony rozwój produkcji rolniczej”. W zeszytach problemowych wydawanych w ramach tej serii mogą być zamieszczane również prace autorów spoza IUNG - PIB, które merytorycznie mieszczą się w tematyce zadań programu wieloletniego.

Wydruk tekstu do recenzji:

czcionka 12 p., z odstępem 1,5-wierszowym.

Przygotowanie do druku:

- tekst i tabele w programie Word, wersja 6.0 lub wyższa
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: wstęp, wyniki i dyskusja bądź omówienie wyników, podsumowanie, literatura

tekst

- czcionka – 11 p. (spis pozycji literatury – 9 p.)
- wcięcie akapitowe – 0,5 cm

tabele

- podział na wiersze i kolumny (z funkcji tworzenia tabel)
- szerokość dokładnie 12,5 cm (tabele w pionie) lub 18,5 cm (tabele w poziomie)
- czcionka 9 p., pojedyncze odstępy międzywierszowe
- umieszczone w oddzielnych plikach
- pod tabelą przypis ze wskazaniem źródła danych

rysunki

- czarno-białe
- wykresy w programie Word lub Excel
- wymiary w zakresie 12,5 cm × 18,5 cm
- dołączony wydruk w odpowiednich wymiarach, bardzo dobrej jakości, na białym papierze lub na folii
- w podpisach czcionka 9 p.
- na dyskietce w oddzielnych plikach
- pod rysunkiem przypis ze wskazaniem źródła danych

jednostki miary

- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. t · ha⁻¹)

literatura

- spis literatury w układzie alfabetycznym wg nazwisk autorów, w kolejności: nazwisko (pismo rozstrzelone), pierwsza litera imienia, tytuł pracy, miejsce publikacji: tytuł wydawnictwa (wg ogólnie przyjętych skrótów tytułów czasopism), rok, numer (pismo pogrubione), strony
- cytowanie w tekście – jako numer pozycji ze spisu literatury (w nawiasach okrągłych) lub dodatkowo z nazwiskiem autora (pismo rozstrzelone).

Pracę do recenzji należy składać w 2 egzemplarzach. Po recenzji oryginalny egzemplarz recenzowany i ostateczną wersję pracy, uwzględniającą uwagi recenzenta i redaktora, składać do Redakcji w 1 egzemplarzu i na dyskietce (lub przesłać e-mailem) na adres:

Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: imarcinkowska@iung.pulawy.pl