doi: 10.26114/sir.iung.2006.01.02

R A P O R T Y P I B

ZESZYT 1 2006

Rafał Pudełko

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.

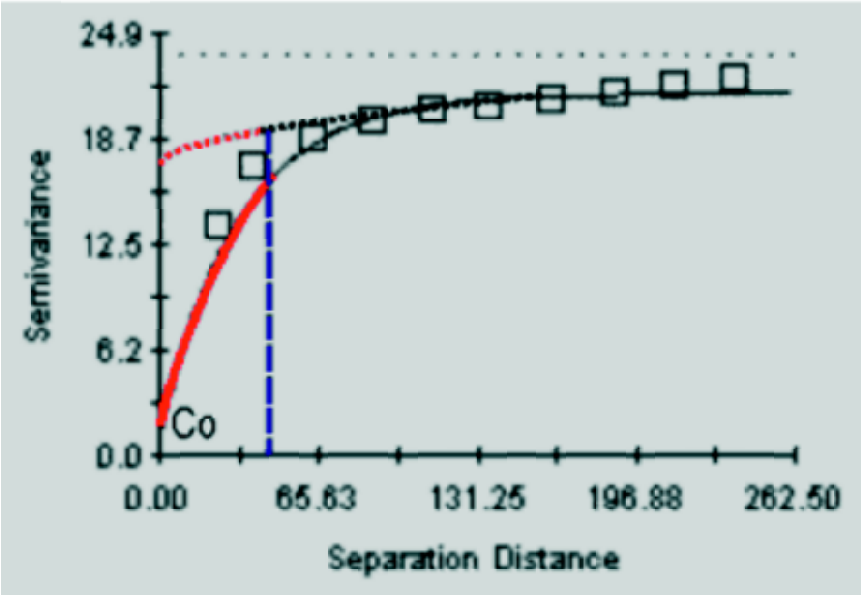
Uzyskanie ciągłego obrazu zmienności próbkowanych cech wymaga interpolacji danych. Interpolacje wykonywane są na zbiorach punktów, które posiadają atrybuty położenia (współrzędne geograficzne opisujące lokalizację punktu) oraz atrybuty charakteryzujące badaną cechę. Rezultatem interpolacji jest model 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.

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory Pro www.pdffactory.pl/

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 Co 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: Pudełko 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

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory Pro www.pdffactory.pl/

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 podzieli na:

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

Wyniki i dyskusja

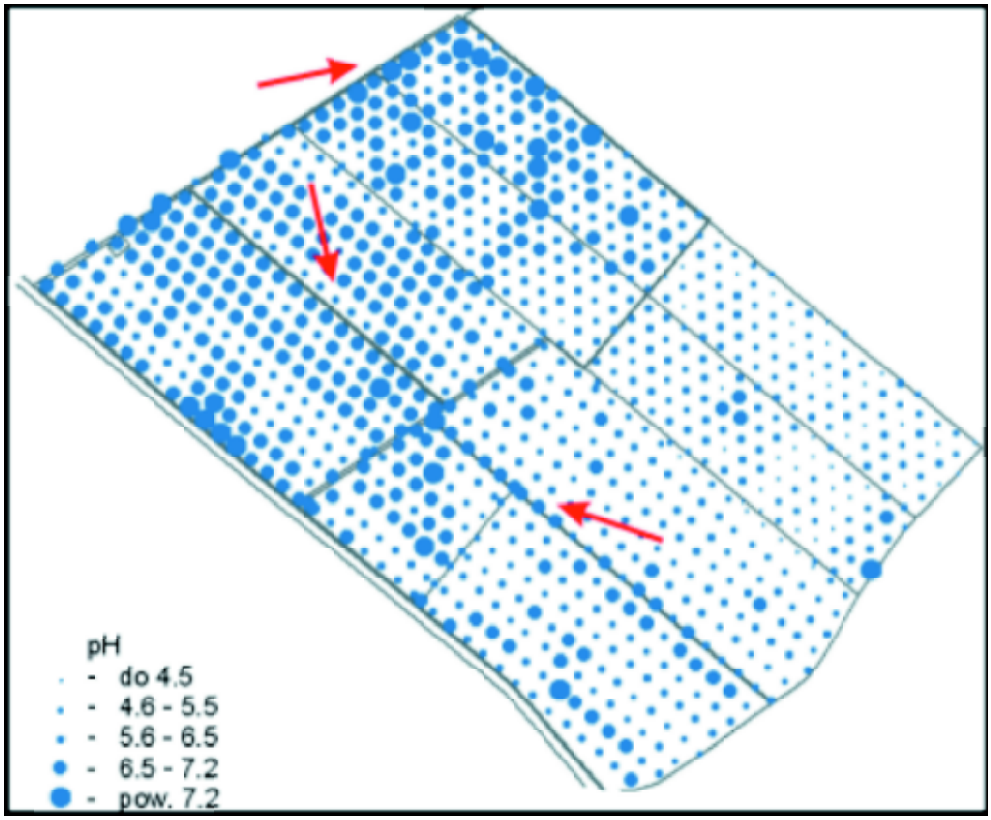
Dla ilustracji możliwości zastosowania metod wizualizacji wykorzystano materiały pochodzące z badań zmienności przestrzennej właściwości gleb, które są prowadzone w Stacji Doświadczalnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa PIB w Baborówku (woj. wielkopolskie). Stacja ta prowadzi wielkoobszarowe 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

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory Pro www.pdffactory.pl/

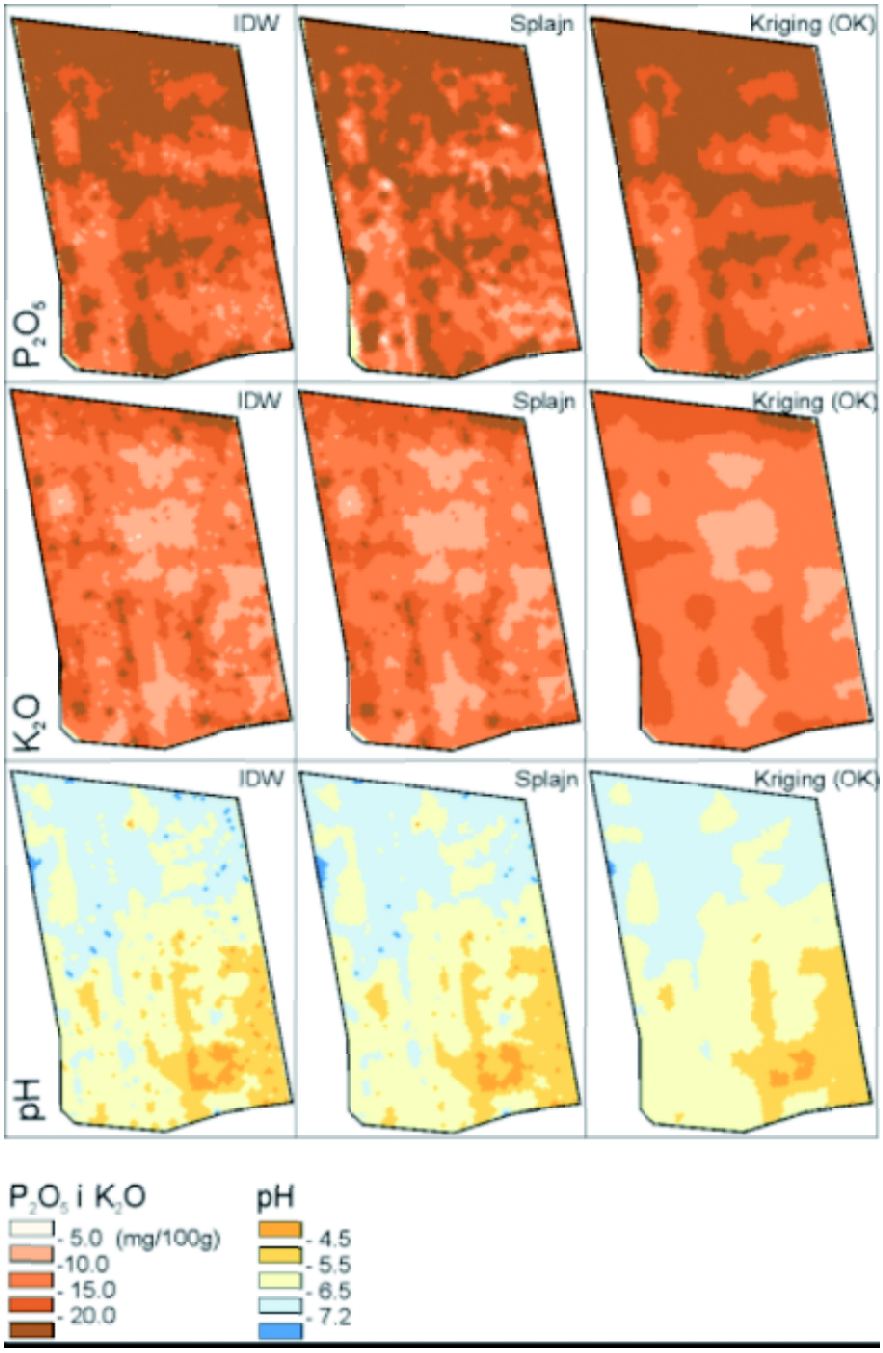


Rys. 2. Zróżnicowanie pH gleby w zbiorze próbek
Źródło: Pudełko R., 2005 (6)

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 krigingu zwykłego. Na korzyść tej metody przemawia fakt, ze stopień generalizacji jest wynikiem analizy geostatystycznej (dopasowania przebiegu funkcji do wariancji pró-

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory Pro www.pdffactory.pl/

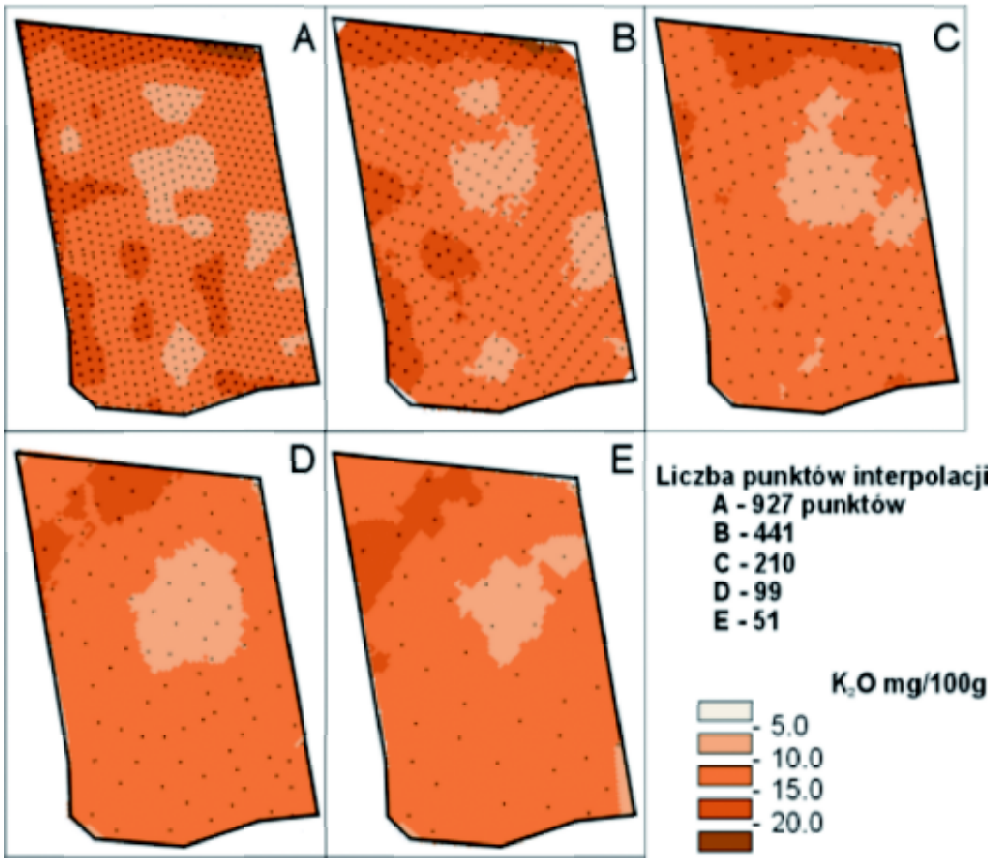


Rys. 3. Mapy zasobności gleby w fosor i potas oraz mapy odczynu interpolowane za pomocą trzech różnych metod (IDW, splajn i kriging zwykły - OK)
Źródło: Pudełko R., 2005 (6)

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory Pro www.pdffactory.pl/

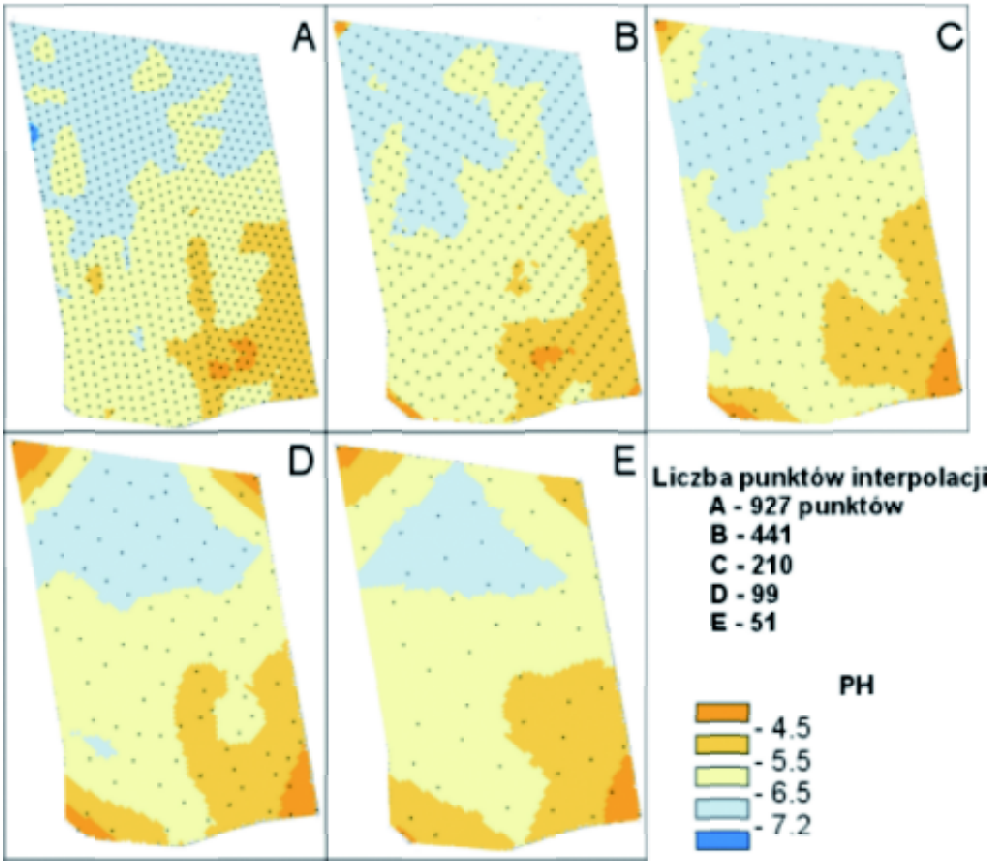
bek), a nie intuicji osoby dobierającej parametry interpolującego algorytmu, co ma miejsce w przypadku metod deterministycznych.

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: Pudełko R., 2005 (6)

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory Pro www.pdffactory.pl/



Rys. 5. Wpływ liczebności próbek na mapę odczynu gleby
Źródło: Pudełko 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

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory Pro www.pdffactory.pl/

są rozwijane naziemne teledetekcyjne metody automatycznego rozpoznania właściwości chemicznych i fizycznych gleby (1). Ich zaletą jest szybkość i gęstość próbkowania. Metody teledetekcyjne pozwalają na prowadzanie 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 łanu roślin uprawnych (rzepak, pszenica ozima i jęczmień jary) jako wynik mozaikowatości gleby. Zdjęcie pól uprawnych SD IUNG - PIB w Baborówku, 2005 r.
Źródło: Materiały własne

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory Pro www.pdffactory.pl/

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., Jadczyszyn 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. Jadczyszyn T., Faber A., Pudełko R.: Możliwości i ograniczenia w praktycznym stosowaniu zasad precyzyjnego nawożenia. Wieś Jutra, 2004, **10:** 7-10.
5. Jadczyszyn 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., Jadczyszyn T., Kubsik K.: System Informacji Geograficznej dla Stacji Doświadczalnej w Baborówku. Biul. Inf. IUNG, 2003, zesz. spec., 20-24.

Adres do korespondencji:

dr Rafał Pudełko
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

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory Pro www.pdffactory.pl/

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory Pro www.pdffactory.pl/