

Kazimierz Kęsik

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

ZASTOSOWANIE METODY MEHLICH 3 W SYSTEMIE DORADZTWA NAWOZOWEGO*

Słowa kluczowe: testy glebowe, test Mehlich 3, system doradztwa nawozowego

Wstęp

Oficjalnie przyjęty w Polsce system doradztwa nawozowego opiera się na bilansowaniu składników pokarmowych P, K i Mg. To oznacza, że ilość składników wnoszonych w nawozach równoważy potrzeby nawożenia, które są wyznaczone jako pobranie z plonami skorygowane stosownie do zasobności gleby w te składniki (17, 21). W związku z tym bardzo ważna jest, obok prawidłowego oszacowania przyszłego plonu rośliny uprawnej, poprawna ocena zasobności gleby. Aktualnie stosowane w Polsce metody (Egnera-Riehma dla P i K oraz Schachtschabela dla Mg) zostały zaadoptowane z niemieckiego doradztwa nawozowego w okresie powojennym i wprowadzone do praktyki rolniczej wraz z gotowymi liczbami granicznymi ustalonymi dla trzech klas zasobności. W latach 70. rozszerzono zakres liczb granicznych i opracowano dla tych metod Polskie Normy (18, 19, 20). Od tego czasu obowiązuje w polskim doradztwie nawozowym pięć klas zasobności w fosfor, potas i magnez: bardzo niska, niska, średnia, wysoka i bardzo wysoka (tab. 2). Dawki fosforu, potasu i magnezu różnicowane są w zależności od klasy zasobności. Początkowo (lata 70. ubiegłego wieku) przyjmowano zasadę, że dawki składników stosowane łącznie w nawozach mineralnych i naturalnych (szczególnie fosforu i potasu) powinny być wyższe od ilości pobieranych z plonami dla klas zasobności: niskiej i średniej (2, 3, 4). Zrównoważony bilans składników był przewidziany dopiero na poziomie zasobności wysokiej. System doradztwa nawozowego przewidywał wówczas maksymalizację plonu oraz stopniową poprawę zasobności gleb, szczególnie w przypadku gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości składników. W końcu XX i na początku XXI wieku tendencje rynkowe oraz trendy środowiskowe w rolnictwie spowodowały istotną

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.2 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

zmianę w podejściu do gospodarki nawozowej w Polsce. Jako obowiązujące uznano tendencje ogólnościatowe dotyczące rolnictwa zrównoważonego. Sprowadzały się one do wymogu nawożenia zgodnie z bilansem składników pokarmowych. Dążenie do zwiększania zasobności gleby stało się zadaniem drugorzędnym, a średnia zawartość składników w glebie została uznana za optymalną ze względów środowiskowych i produkcyjnych (7, 8, 9, 10). Założenia te zostały ujęte w oficjalnie przyjętym systemie doradztwa nawozowego Naw-Sald (7, 8, 9, 22) w formie odpowiedniego algorytmu, a także w postaci zaleceń tabelarycznych (10). Zasadę oszczędnego gospodarowania składnikami pokarmowymi przyjmuje się szczególnie rygorystycznie w stosunku do fosforu pochodzącego z nawozów naturalnych, jak i mineralnych. Fosfor, obok azotu, stanowi bowiem główną przyczynę zjawiska eutrofizacji wód otwartych, gdy poziom jego zawartości przekroczy dopuszczalne normy. Problem fosforu wymaga szczególnej uwagi, ponieważ nie wszyscy rolnicy, jak wskazują na to badania ankietowe, uwzględniają w systemie nawożenia ilość składnika pochodzącego z nawozów naturalnych (13). W związku z tym, szczególnie ważne jest monitorowanie zawartości tego składnika na polach produkcyjnych, gdzie stosuje się nawozy naturalne.

W latach 2005-2008 dokonano porównania systemu doradztwa nawozowego stosowanego w Polsce z analogicznymi systemami stosowanymi w państwach grupy MOEL. Program NawSald został uznany za co najmniej równorzędny z innymi poddanymi analizie, oficjalnymi systemami zaleceń nawozowych stosowanymi w jedenastu krajach regionu Europy Środkowo-Wschodniej (5). Zwrócono jednak wówczas uwagę na potrzebę stosowania w krajach regionu porównywalnych metod analityki glebowej. Dotychczas stosowane metody, szczególnie metoda Egnera-Riehma nastęrcza wielu trudności analitycznych z racji specyfiki stosowanych odczynników. Wykorzystywany w tej procedurze mleczan wapnia łatwo podlega rozkładowi mikrobiologicznemu, poza tym jest to odczynnik wytwarzany w Polsce praktycznie tylko na potrzeby służby agrochemicznej i z powodu małej skali produkcji jej koszty są wysokie.

Celowość wprowadzenia metody Mehlich 3 do systemu doradztwa nawozowego

W ostatnich latach obserwuje się zwiększone zapotrzebowanie na analizy glebowe wynikające z licznych kontroli stanu agrochemicznego pól produkcyjnych w gospodarstwach związanych z realizacją różnych elementów WPR, a także z dążenia rolników do racjonalizacji gospodarki nawozowej w celu ograniczenia kosztów nawożenia. Zachętą do szerszego korzystania z oferty laboratoriów agrochemicznych wydaje się obniżenie kosztów usług analitycznych. W 2014 r. wdrożono w laboratoriach okręgowych stacji chemiczno-rolniczych nową metodę (Mehlich 3) oznaczania zawartości przyswajalnych form składników pokarmowych (P, K, Mg) w glebie. Ekstrakcja składników z gleby odbywa się z wykorzystaniem roztworu buforowego o pH 2,5, składającego się z pięciu składników: 0,2M CH_3COOH , 0,25M NH_4NO_3 ,

0,015M NH_4F , 0,013M HNO_3 , 0,001M EDTA (16). Metoda ta umożliwia równoczesną ekstrakcję wielu składników pokarmowych z gleby przy pomocy jednego roztworu z zachowaniem jednolitych warunków. Pozwala to na znaczne uproszczenie procedury analitycznej i obniżenie jej kosztów. Równocześnie następuje znaczące przyspieszenie oznaczania zawartości składników pokarmowych. Walory wdrożonej metody na tle dotychczas stosowanych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Ocena postępowania analitycznego dla porównywanych testów

Potrzebne środki i procedury	Egner-Riehm DL		Schachtschabel	Mehlich 3
	P	K	Mg	P, K, Mg, Ca (S i mikroelementy)
Liczba saszek	1		1	1
Roztwór ekstrakcyjny (ml)	150		50	25
Ilość gleby (g)	3		5	2,5
Czas ekstrakcji (min)	90		1440*	5
Koszt odczynników (%)	100			80
Koszt pracy (%)	100			60
Zużycie wody (%)	100			17
Zużycie energii (%)	100			5
Sposób oznaczania P	kolorymetria	x	x	kolorymetria, ICP
Sposób oznaczania K	x	fotometria płomieniowa	x	fotometria płomieniowa, ICP
Sposób oznaczania Mg	x	x	ASA	ASA, ICP

* metoda statyczna;

Źródło: Lipiński, 2015 (6)

Zawartości składników oznaczone omawianymi metodami są traktowane jako formy ruchome, potencjalnie dostępne dla roślin. Aby metoda mogła być zastosowana do celów doradztwa nawozowego konieczne jest przeprowadzenie jej kalibracji (wyznaczenie liczb granicznych) w warunkach doświadczeń polowych. Zazwyczaj wymaga to wieloletnich badań z różnymi gatunkami roślin, prowadzonych w zróżnicowanych warunkach glebowych. Jak już zasygnalizowano we wprowadzeniu, liczby graniczne obowiązujące w Polsce dla aktualnie stosowanych metod zostały przyjęte w oparciu o badania niemieckie, przy czym ich prawidłowość została potwierdzona na podstawie serii wieloletnich badań polowych. Obecnie powtórzenie takich badań dla metody Mehlich 3 nie wydaje się być uzasadnione ekonomicznie. Na podstawie badań rozpoznawczych wykonanych w IUNG-PIB, metodami statystycznymi porównano

wyniki oznaczeń uzyskanych za pomocą znanych metod: Egnera-Riehma i Schtschabela z wynikami oznaczeń uzyskanych metodą Mehlich 3 wykonanych dla tego samego zbioru 700 próbek glebowych. Stwierdzono, że wysokie wartości współczynników korelacji pozwolą na przeliczenie znanych liczb granicznych dla wymienionych wyżej metod na wartości ustalone wg metody Mehlich 3 metodami analizy regresji (12). W dalszych wspólnych badaniach IUNG-PIB i OSChR wyznaczono równania regresji dla wyników oznaczeń dla blisko 5000 próbek glebowych pobranych w całym kraju. Stwierdzono silny związek pomiędzy wynikami uzyskanymi przy pomocy aktualnie stosowanych metod i nową metodą, pozwalający na dokonywanie wzmiankowanych przeliczeń (6, 14, 15).

Tabela 2

Współczynniki równań regresji wielomianowej i determinacji dla porównywanych metod w obrębie wydzielonych klas odczynu i kategorii agronomicznych gleb

Składnik	Wydzielone klasy i kategorie gleb	Równania regresji i zmienne	R ² (%)	p
Fosfor	klasy odczynu gleb (pH)	X – mg P ₂ O ₅ /100 g gleby (wg Egnera-Riehma) Y – mg/P 100 g gleby (wg Mehlich 3)		
	<4,5	lnY = 1,195 lnX - 0,316	82,47	<0,001
	4,5-5,5	lnY = 1,064 lnX - 0,119	71,56	<0,001
	5,5-6,5	lnY = 0,959 lnX - 0,158	61,54	<0,001
	>6,5	lnY = 0,945 lnX - 0,538	65,40	<0,001
Potas	kategorie agronomiczne gleb	X – mg K ₂ O /100 g gleby (wg Egnera-Riehma) Y – mg K /100 g gleby (wg Mehlich 3)		
	b. lekkie	Y = 0,870X + 1,019	80,7	<0,001
	lekkie	Y = 0,924X + 0,624	84,1	<0,001
	średnie	Y = 0,815X + 3,735	74,0	<0,001
	ciężkie	Y = 0,963X + 2,943	84,1	<0,001
Magnez	kategorie agronomiczne gleb	X – mg Mg /100 g gleby (wg Schachtschabela) Y – mg Mg /100 g gleby (wg Mehlich 3)		
	b. lekkie	Y = 1,460X - 0,783	70,0	<0,001
	lekkie	Y = 1,093X + 0,0207X ² - 0,000491X ³ + 0,818	67,1	<0,001
	średnie	Y = 1,454X + 0,421	65,1	<0,001
	ciężkie	Y = 1,227 + 1,949	71,5	<0,001

Źródło: Kęsik i in., 2011 (14)

W odniesieniu do fosforu współczynniki determinacji R^2 przekraczały 60%, dla magnezu i potasu były wyższe odpowiednio od 65% i 70%. Wyliczone na podstawie równań regresji (tab. 2) wartości liczb granicznych pozwalają na wycenę klas zasobności gleby i stwarzają tym samym możliwość wykorzystania ich do ustalania dawek fosforu, potasu i magnezu pod rośliny uprawne w odniesieniu do gleb mineralnych w Polsce.

Techniczne uwarunkowania zastosowania metody Mehlich 3 w systemie doradztwa nawozowego

W aktualnie obowiązującym w Polsce systemie zaleceń nawozowych (Naw-Sald i inne) wykorzystuje się przyjęte do powszechnego stosowania tabele liczb granicznych (tab. 3) z wyznaczonymi klasami zasobności gleby.

Tabela 3

Obowiązujące liczby graniczne przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu

Kategoria agronomiczna gleby	Klasy zasobności gleb				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
Zawartość fosforu przyswajalnego wg Egnera-Riehma DL – P_2O_5 mg·100g ⁻¹ gleby					
Wszystkie kategorie	<5,0	5,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	>20,0
Zawartość potasu przyswajalnego wg Egnera-Riehma DL – K_2O mg·100g ⁻¹ gleby					
bardzo lekka	<2,5	2,6-7,5	7,6-12,5	12,6-17,5	>17,5
lekka	<5,0	5,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	>20
średnia	<7,5	7,6-12,5	12,6-20,0	20,1-25,0	>25
ciężka	<10,0	10,1-15,0	15,1-25,0	25,1-30,0	>30
Zawartość magnezu przyswajalnego wg Schachtschabela – Mg mg·100g ⁻¹ gleby					
bardzo lekka	<1,0	1,1-2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	>6,0
lekka	<2,0	2,1-3,0	3,1-5,0	5,1-7,0	>7,0
średnia	<3,0	3,1-5,0	5,1-7,0	7,1-9,0	>9,0
ciężka	<4,0	4,1-6,0	6,1-10,0	10,0-14,0	>14

Źródło: opracowano na podstawie Zaleceń Nawozowych (21)

Stosuje się je do wyceny zasobności gleby po wykonaniu analizy chemicznej w pobranej próbce gleby. W odniesieniu do potasu i magnezu przy wycenie zasobności gleby uwzględnia się dodatkowo podział gleb na kategorie agronomiczne (tab. 4).

Tabela 4

Obowiązujące kategorie agronomiczne gleb (wg PTG)

Kategoria agronomiczna	Grupa granulometryczna – skrót	% frakcji <0,02 mm
bardzo lekkie	piasek luźny – pl piasek luźny pylasty – plp piasek słabo gliniasty – ps piasek słabo gliniasty pylasty – psp	0-10
lekkie	piasek gliniasty lekki – pgl piasek gliniasty lekki pylasty – pglp piasek gliniasty mocny – pgm piasek gliniasty mocny pylasty – pgmp pył piaszczysty – plp pył zwykły – plz	10-20
średnie	glina lekka – gl glina lekka pylasta – glp pył gliniasty – plg	21-35
ciężkie	glina średnia – gs glina średnia pylasta – gsp glina ciężka – gc glina ciężka pylasta – gcp pył ilasty – pli ił – i ił pylasty – ip	>35

Źródło: Zalecenia nawozowe (21)

W tym celu obok oznaczenia zasobności w składniki pokarmowe niezbędna jest także analiza składu granulometrycznego tych gleb. Ocena zawartości przyswajalnych form fosforu oznaczonych metodą Egnera-Riehma jest jednakowa dla wszystkich gleb mineralnych i nie uwzględniania innych parametrów glebowych (tab. 3). Uzyskane wyniki badań gleby z OSChR są zawsze podane w formie klas zasobności (wycenę zasobności wykonuje wówczas stacja chemiczno-rolnicza), na życzenie klienta podawane są również wartości liczbowe wyników w mg P_2O_5 lub K_2O w 100 g gleby oraz w mg Mg w 100 g gleby. Wprowadzanie wyników do programu komputerowego doradztwa nawozowego jest alternatywne, można stosować zarówno dane liczbowe, jak i klasy zasobności. Program przyjmuje obie formy wyników. Zalecenia tabelaryczne przewidują wykorzystanie klas zasobności gleby tylko do skorygowania dawek składników pokarmowych.

Aktualnie zalecany program NawSald został w 2016 r. uzupełniony o dodatkową możliwość wyznaczania dawek fosforu, potasu i magnezu na podstawie wyników analizy gleby wykonanych metodą Mehlich 3. W programie przewidziano dodatkową planszę pozwalającą na wprowadzanie wyników uzyskanych tą metodą.

Podawane przez OSChR wyniki analiz są przedstawiane w mg P, K i Mg w 1 kg gleby lub w klasach zasobności. Zasady wykorzystania liczb granicznych potasu i magnezu wyznaczonych metodą Mehlich 3 (tab. 5) w programie doradczym są analogiczne do aktualnie stosowanych metod. Program uwzględnia kategorie agronomiczne gleby przy wycenie klasy zasobności tych składników.

Tabela 5

Liczy graniczne zawartości form przyswajalnych P, K, Mg
wyznaczone dla metody Mehlich 3

Odczyn/Kategoria agronomiczna gleby	Klasy zasobności gleb				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
Zawartość fosforu przyswajalnego – P mg·kg ⁻¹ gleby					
bardzo kwaśny (pH<4,5) ¹	<50	50-110	111-186	187-262	>262
kwaśny (pH 4,6-5,5)	<49	49-103	104-158	159-215	>215
lekko kwaśny (pH 5,6-6,5)	<47	47-99	100-152	153-207	>207
obojętny (pH 6,6-7,2)	<27	27-54	55-75	76-99	>99
zasadowy (pH>7,2)	<27	27-54	55-75	76-99	>99
Zawartość potasu przyswajalnego – K mg·kg ⁻¹ gleby					
bardzo lekka	<32	32-75	75-119	120-162	>162
lekka	<52	52-99	100-145	146-191	>191
średnia	<98	98-139	140-200	201-241	>241
ciężka	<126	126-174	175-270	270-318	>318
Zawartość magnezu przyswajalnego – Mg mg·kg ⁻¹ gleby					
bardzo lekka	<7	7-21	22-51	52-80	>80
lekka	<31	31-43	44-67	68-93	>93
średnia	<48	48-77	78-106	107-135	>135
ciężka	<69	70-93	94-142	143-191	>191

¹ w nawiasach przedstawiono przedziały pH w 1n KCl (21)

Źródło: Instrukcja wdrożeniowa (14)

W odniesieniu do fosforu wprowadzona została natomiast istotna zmiana, tzn. do oceny zasobności zastosowano dodatkowy parametr, tj. odczyn gleb (tab. 5). Liczby graniczne (klasy zasobności w fosfor), a także zalecane dawki fosforu zmieniają się w tym przypadku zależnie od zawartości P w glebie i od przedziału pH gleby w 1N KCl. W przypadku stosowania metody Egnera-Riehma klasy zasobności fosforu zależały jedynie od zawartości fosforu w glebie.

Inne zastosowania metody Mehlich 3

Autorzy amerykańscy cytowani przez Jurgę (11) wykorzystują oznaczenia fosforu wg metody Mehlich 3 do wstępnej oceny zagrożeń środowiskowych spowodowanych nadmiarem tego składnika w glebie przy pomocy tzw. „pensylwańskiego indeksu fosforowego” dla pól uprawnych i mikrozewni. Przyjmują, że zawartości poniżej 200 mg P/kg gleby wg metody Mehlich 3 można uważać za bezpieczne środowiskowo. Zawartości wyższe są już nieuzasadnione z punktu widzenia środowiskowego, ponieważ zwiększają ryzyko strat tego składnika drogą zmywów powierzchniowych do wód. Na glebach o zawartości powyżej 200 mg P/kg gleby rzadko też obserwuje się przyrosty plonów roślin uprawnych pod wpływem dodatkowych porcji nawozów fosforowych, w związku z czym graniczną zawartość 200 mg P/kg gleby wg metody Mehlich 3 uznano za wygodny wskaźnik wstępnej oceny ryzyka związanego z nadmiarem fosforu w glebie. W Polsce zastosowanie tego wskaźnika do oceny skali zagrożeń stratami fosforanów do wód otwartych nie jest jeszcze możliwe z uwagi na mały zakres analiz wykonanych tą metodą. Nie jest natomiast znana z literatury analogiczna graniczna zawartość dla metody Egnera-Riehma. Dlatego celowym wydaje się tymczasowe przeliczenie wspomnianej granicznej wartości fosforu przyjętej dla metody Mehlich 3 na zawartości P wg metody Egnera-Riehma z zastosowaniem równań regresji wykorzystanych do obliczenia klas zasobności (tab. 2).

W odniesieniu do metody Mehlich 3, niezależnie od wzmiankowanej granicznej zawartości fosforu, możliwe jest wyznaczenie bardziej precyzyjnego wskaźnika oceniającego zagrożenia środowiskowe związane z nadmiernym nagromadzeniem tego składnika w glebie. Równoczesne oznaczenie w wyciągu Mehlich 3 obok fosforu także zawartości żelaza i glinu, pozwala bowiem na wyznaczenie wskaźnika „P-sorption saturation” charakteryzującego stan fosforowy gleby w zakresie jej wysycenia fosforem (1). Wskaźnik „P-sorption saturation w skrócie – P_{sat} ” określa stopień wypełnienia zdolności sorpcyjnych gleby przez fosfor wyrażony w procentach. **W skrajnych przypadkach, gdy gleba jest nasycona fosforem, wskaźnik ten może przyjmować wartości wyższe niż 100%.** Wraz ze wzrostem wartości wskaźnika P_{sat} , zwiększa się ryzyko strat fosforu w wyniku przemieszczania się jego rozpuszczalnych form w głąb profilu gleby i do wód drenarskich. Przekroczenie poziomu 25% stopnia wysycenia gleb fosforem (niezależnie od kategorii agronomicznej i zakresu pH gleby) uznaje się w literaturze zachodniej za nieuzasadnione z punktu widzenia potrzeb nawożenia roślin, a także ze względu na rosnące ryzyko środowiskowe. Z dotychczasowych badań IUNG-PIB i OSChR (przebadano 8539 próbek gleby z obszaru całej Polski) w zakresie wskaźnika P_{sat} wynika, że jego przeciętna wartość dla warunków analizowanego zbioru próbek kształtuje się na poziomie 18,1% wysycenia gleb fosforem.

Z innych pozytywnych cech łącznego oznaczania zawartości składników pokarmowych w wyciągu Mehlich 3 należy uznać możliwość pomiaru koncentracji sumy

kationów rozumianych jako kationy wymienne, tzn.: wapnia, magnezu i potasu oraz możliwość ustalenia wzajemnych relacji tych składników (1). Oznaczenie K, Mg i Ca przeprowadzono w przytaczanym wyżej zbiorze próbek glebowych, a wyniki zostaną zestawione w niedalekiej przyszłości.

Podsumowanie

Wdrożenie metody Mehlich 3 w systemie doradztwa nawozowego nie przewiduje całkowitego zaprzestania stosowania dotychczas przyjętych metod badania gleby. Zwłaszcza w odniesieniu do badań monitoringowych prowadzonych wg tej samej metodyki przez wiele lat zastosowanie nowej metody nie wydaje się uzasadnione. Zastosowanie nowej metody w systemie doradztwa nawozowego należy traktować jako rozszerzenie oferty wykonywanych oznaczeń przez OSChR. Zastosowanie nowej metody analizy gleby nie powoduje jakichkolwiek problemów dla rolników. Natomiast uproszczenie procedury badawczej i zmniejszenie kosztów analitycznych może się przyczynić do szerszego korzystania rolników z usług laboratoriów agrochemicznych. Za stosowaniem nowej metody przemawia także możliwość uzyskania dodatkowych wskaźników agrochemicznych, szerzej charakteryzujących właściwości gleby. Może to wpłynąć także na poprawę oceny stanu agrochemicznego pola w ujęciu zmienności przestrzennej dzięki mniejszym kosztom analiz. Równie perspektywiczne wydaje się zastosowanie metody Mehlich 3 w odniesieniu do rolnictwa precyzyjnego, gdzie zapotrzebowanie na ilość wykonywanych oznaczeń jest znacząco większe w stosunku do rolnictwa klasycznego.

Literatura

1. Carter M.R., Gregorich E.G.: Soil Sampling and Methods of Analysis. (2nd ed.) Canadian Society of Soil Science. USA, Boca Raton, 2008.
2. Foty ma M., Kę s i k K.: Optymalizacja nawożenia – zasady ustalania dawek fosforu. Nowe Rolnictwo, 1977, **6**: 8-10.
3. Foty ma M., Gosek S.: Optymalizacja nawożenia – Zasady ustalania dawek potasu. Nowe Rolnictwo, 1977, **7**: 21-25.
4. Foty ma M.: Wykorzystanie nowych liczb granicznych zawartości makroelementów w glebach. Nowe Rolnictwo, 1986, **6**: 1-4.
5. Foty ma M., Dobers S.: Soil testing methods and fertilizer recommendations in Central-Eastern European countries, Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2008, **30**: 1-109.
6. Foty ma M., Kę s i k K., Lipiński W., Filipiak K., Purchała L.: Testy glebowe jako podstawa doradztwa nawozowego. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2015, **42**: 9-25.
7. J a d c z y s z y n T.: Informatyka w doradztwie nawozowym. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2000, **4**: 49-60.
8. J a d c z y s z y n T.: Podstawy naukowe doradztwa nawozowego. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2000, **5**: 185-205.

9. Jadczyzyn T.: Planowanie nawożenia w gospodarstwie z wykorzystaniem programu NawSald. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2009, **16**: 9-18.
10. Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W.: Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych. Mat. szkol., nr 95, IUNG-PIB, Puławy, 2010.
11. Jurga B.: Indeks fosforowy jako narzędzie do szacowania ryzyka strat fosforu do wód. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2015, **42**: 91-112.
12. Kęsik K., Jadczyzyn T., Kocoń A., Janda B., Boreczek B., Pikuła D., Tujaka A., Podleśna A., Ochal P., Bochniarz A.: Wstępne wyniki badań nad wprowadzeniem w Polsce testu glebowego Mehlich 3. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2011, **45**: 129-150.
13. Kęsik K., Krasowicz S., Zarychta M.: Dawki NPK stosowane w praktyce rolniczej pod zboża ozime na tle zaleceń nawozowych. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2011, **44**: 51-98.
14. Kęsik K., Lipiński W., Jadczyzyn T., Boreczek B., Janda B., Sumorek-Gołąbek A., Kocoń A., Ochal P., Pikuła D., Bochniarz A.: Liczby graniczne oraz procedura badawcza oznaczania metodą Mehlich 3 ruchomych form fosforu, potasu i magnezu w glebach mineralnych. Instrukcja wdrożeniowa, nr 230, IUNG-PIB, Puławy, 2014.
15. Kęsik K., Jadczyzyn T., Lipiński W., Jurga B.: Adaptacja testu Mehlicha 3 do rutynowych oznaczeń zawartości fosforu, potasu i magnezu w glebie. Przemysł Chemiczny, 2015, **94/6**: 973-976.
16. Mehlich A.: Mehlich 3 soil extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. Commun. in Soil Science and Plant Analysis, 1984, **15**: 1409-1416.
17. Oferta IUNG-PIB (programy komputerowe). http://www.iung.pulawy.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=95#programy
18. PN-R-04022:1996/Az1:2002. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego potasu w glebach mineralnych.
19. PN-R-04023:1996. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych.
20. PN-R-04020:1994/Az1: 2004. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego magnezu.
21. Zalecenia Nawozowe. Część I. Liczby graniczne dla wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. IUNG, Puławy, 1990, Seria P (44): 1-26.
22. www.schr.gov.pl/p,160,doradztwo-nawozowe

Adres do korespondencji:

dr Kazimierz Kęsik
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 838
e-mail: kesik@iung.pulawy.pl