

Tamara Jadczyzyn, Urszula Bronowicka-Mielniczuk

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

**ZUŻYCIE NAWOZÓW MINERALNYCH I WŁAŚCIWOŚCI
AGROCHEMICZNE GLEB W POLSCE PO AKCESJI
DO UNII EUROPEJSKIEJ***

Słowa kluczowe: zużycie nawozów, nawozy mineralne, odczyn gleby, zasobność gleby

Wstęp

Akcesja Polski do Unii Europejskiej (UE) zapoczątkowała nowy etap transformacji w rolnictwie związany z wdrożeniem Wspólnej Polityki Rolnej (WPR). Jej założeniem jest zrównoważony rozwój rolnictwa dla zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego ludności. Napływ środków pomocowych w ramach wspólnotowej polityki rolnej, w postaci dopłat bezpośrednich (tzw. I filar) i środków strukturalnych (II filar) przyczynił się do poprawy sytuacji ekonomicznej gospodarstw w Polsce. Z dopłat bezpośrednich korzystały niemal wszystkie gospodarstwa rolne (blisko 1480 tys. w 2005 r.) (Chmieliński i Czubak 2024). Środki pochodzące z I filara nie są dedykowane konkretnym celom i sposób ich zagospodarowania jest decyzją beneficjentów. Badania wskazują, że w 70% były wydatkowane na zakup środków obrotowych (nawozów, środków ochrony roślin, pasz itd.). Wspierając modernizację i restrukturyzację rolnictwa oraz obszarów wiejskich w ramach Planu Rozwoju Obszarów Wiejskich i Sektorowego Programu Operacyjnego (lata 2004–2006), stymulowano także działania w zakresie ochrony środowiska i bioróżnorodności (Musiał 2002, Beba i in. 2006). W kolejnych perspektywach PROW rosło znaczenie zagadnień związanych z ograniczeniem negatywnego oddziaływania rolnictwa na środowisko przyrodnicze (Beba i in. 2016, Chmieliński i Czubak 2024, Matyka i in. 2024, Wrzaszcz

*Opracowanie wykonano w ramach zadania 5.0 pt. „Ewaluacja PROW 2014-2020, PS WPR i wsparcie analityczne z zakresu Wspólnej Polityki Rolnej” z dotacji budżetowej przeznaczonych na realizację zadań MRiRW w 2024 r.

2023). Realizacji celów środowiskowych służyły środki finansowe z puli funduszy strukturalnych (II filar), m.in. program rolnośrodowiskowy realizowany w okresach 2004–2006 i 2007–2013 (DzU z 2013 r. poz. 361), a w latach 2014–2020 rolno-środowiskowo-klimatyczny (Wigier i Wrzaszcz 2024, Wrzaszcz 2024). W kolejnych perspektywach finansowych PROW na cele środowiskowe przeznaczono ok. 17–19% środków (Chmieliński i Czubak 2024). Kluczowym działaniem w programach rolnośrodowiskowych była optymalizacja gospodarowania składnikami nawozowymi w oparciu o plan nawożenia. Ich celem było ograniczenie strat biogenów z rolnictwa do środowiska. Na potrzeby realizacji założeń programu rolnośrodowiskowego w zakresie nawożenia w IUNG-PIB opracowano program komputerowy o nazwie Plano RS. Ten szeroko wykorzystywany przez producentów i doradców rolnych program umożliwiał obliczenie dawki nawozów azotowych, fosforowych, potasowych i magnezowych oraz wapna nawozowego, optymalnych w warunkach indywidualnego pola produkcyjnego na podstawie bilansu składników pokarmowych z uwzględnieniem aktualnej zasobności gleby oraz jej odczynu. Rekomendacje programu były opracowywane w taki sposób, by ograniczenie zużycia nawozów nie powodowało pogorszenia stanu agrochemicznego gleby.

Celem opracowania jest ocena zmian w stosowaniu nawozów mineralnych oraz stanu agrochemicznego gleb w Polsce w okresie poakcesyjnym 2004–2022.

Materiały i metodyka

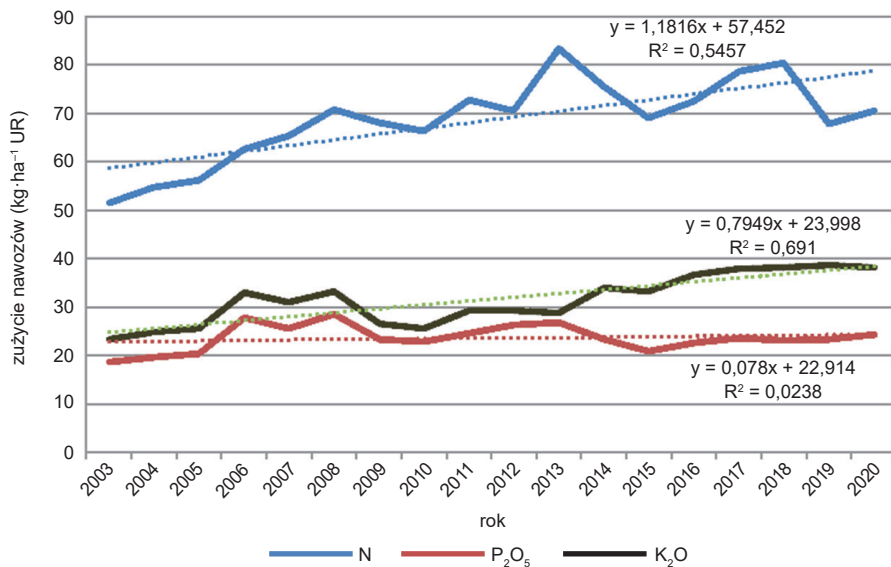
W analizie wykorzystano dane statystyczne publikowane przez Główny Urząd Statystyczny dotyczące zużycia nawozów mineralnych azotowych, fosforowych, potasowych i wapna nawozowego w latach 2004–2020 oraz dane o odczynie gleby i potrzebach wapnowania, zasobności w fosfor, potas i magnez. W celu zbadania zależności pomiędzy średnim poziomem nawożenia w kolejnych latach dla poszczególnych województw obliczono współczynniki korelacji Pearsona oraz wykonano wykresy rozrzutu, na które naniesiono proste regresji. Do syntezy wyników dotyczących średniego zużycia nawozów wykorzystano metody wielowymiarowej analizy danych. W tym celu przeprowadzono analizę składowych głównych (PCA). Uzyskane wyniki uzupełniono analizą skupień (CA). Klasteryzacja została przeprowadzona przy użyciu techniki *k*-średnich a jej wyniki naniesiono na wykresy wykonane dla PCA. Obiekty (województwa) zgrupowane razem na wykresie i zaklasyfikowane do tego samego klastra reprezentują obszary o podobnych wzorcach dla uwzględnionych cech.

Zużycie nawozów NPK

Na początku nowego stulecia zużycie nawozów mineralnych NPK w kraju wynosiło ok. 80 kg na 1 ha użytków rolnych. W analizowanym okresie 2004–2020 w skali kraju wystąpił statystycznie istotny wzrost zużycia NPK i w końcu drugiej dekady stosowano o ok. 45% więcej nawozów niż w ostatnich latach przed akcesją

Polski do UE. Do wzrostu zużycia nawozów przyczynił się dopływ środków finansowych do gospodarstw rolnych po akcesji Polski do UE (Piworowicz 2015, Pajewski 2014). Największe zmiany dotyczyły zużycia nawozów azotowych i potasowych (rys. 1). Zużycie fosforu pozostało praktycznie na niezmiennym poziomie. Nie wielkiej poprawie uległy niekorzystne proporcje pomiędzy trzema najważniejszymi składnikami pokarmowymi. Na początku analizowanego okresu stosunek $N:P_2O_5:K_2O$ wynosił 1:0,35:0,43, a w roku 2020 1:0,35:0,54. Zmniejszyła się zatem dysproporcja pomiędzy zużyciem potasu i dwu pozostałych makroskładników. Pomimo tego aktualny stosunek najważniejszych składników pokarmowych odbiega jeszcze znacznie od optymalnego. Zapotrzebowanie roślin uprawnych na potas jest bowiem zbliżone, a w przypadku roślin potasolubnych nawet większe od wymagań w stosunku do azotu. Według Grzebisza (2011) relacje makroskładników $N:P_2O_5:K_2O$ w plonie zbóż wynoszą jak 1:0,30:0,75, a w przypadku buraka cukrowego odpowiednio 1:0,3:1,75. Nadal zatem potas pozostaje składnikiem deficytowym w produkcji roślinnej, natomiast poziom nawożenia fosforem można uznać za zadowalający w skali całego kraju, co potwierdza zrównoważony bilans składnika wyznaczony metodą OECD (Jurga i Kopiński 2016).

Tendencje w zużyciu nawozów pomiędzy poszczególnymi województwami były zróżnicowane (rys. 2).

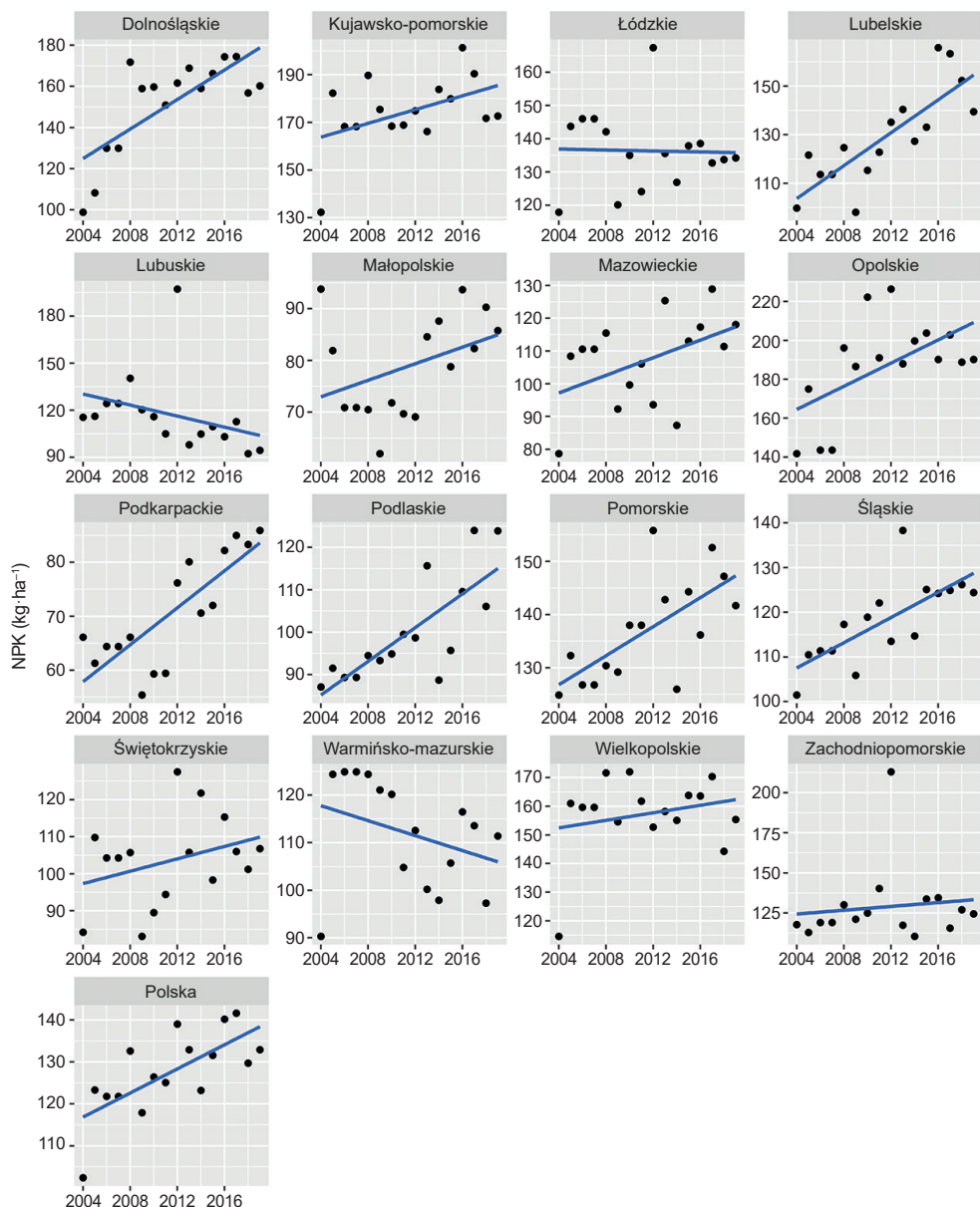


Rys. 1. Zużycie nawozów mineralnych w czystym składniku

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb

Statystycznie istotny wzrost zużycia NPK obserwowano w województwach: dolnośląskim, lubelskim, małopolskim, podkarpackim, podlaskim, pomorskim i śląskim.

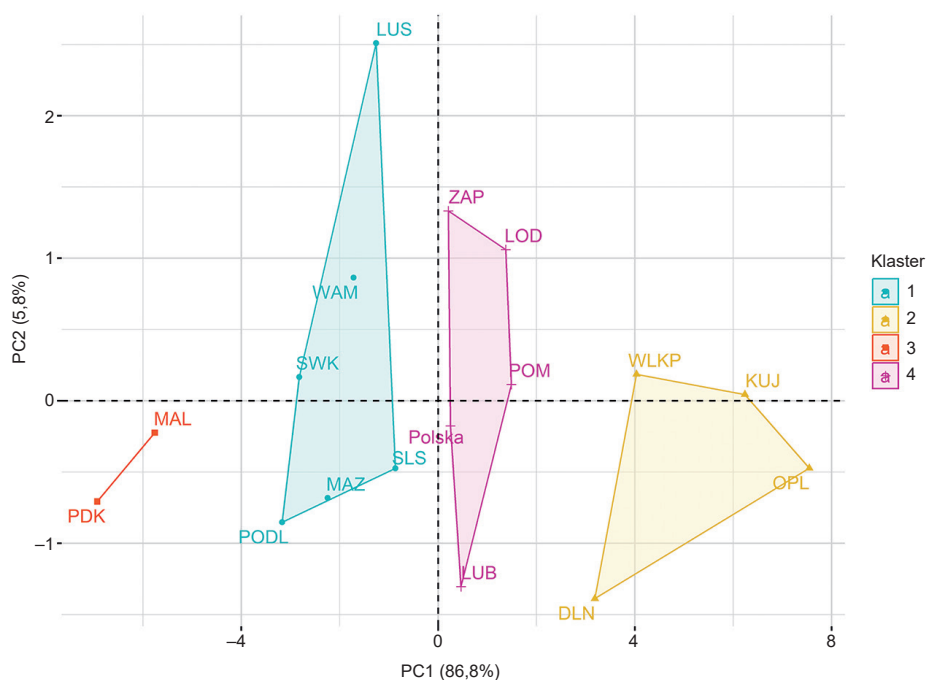
W województwie warmińsko-mazurskim wystąpił istotny spadek zużycia nawozów, a w pozostałych województwach zmiany nie były statystycznie udowodnione.



Rys. 2. Zużycie nawozów mineralnych według województw

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb

Zużycie NPK w poszczególnych województwach wahało się od $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $187 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a średnio w kraju wynosiło $128 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Najwięcej nawozów (powyżej $150 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$) stosowano w województwach zgrupowanych w klastrze 2 (rys. 3): dolnośląskim, opolskim, kujawsko-pomorskim i wielkopolskim, a najmniej (poniżej $79 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$) w małopolskim i podkarpackim (klastr 3). Mniejsze od średnich w kraju dawki NPK ($100\text{--}118 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) stosowano w województwach klastra 1, a zbliżone do średnich w kraju lub nieco większe ($128\text{--}137 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$) w województwach: lubelskim, łódzkim, pomorskim i zachodniopomorskim (klastr 4).



Rys. 3. Grupowanie województw według zużycia NPK

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb

Zużycie nawozów azotowych

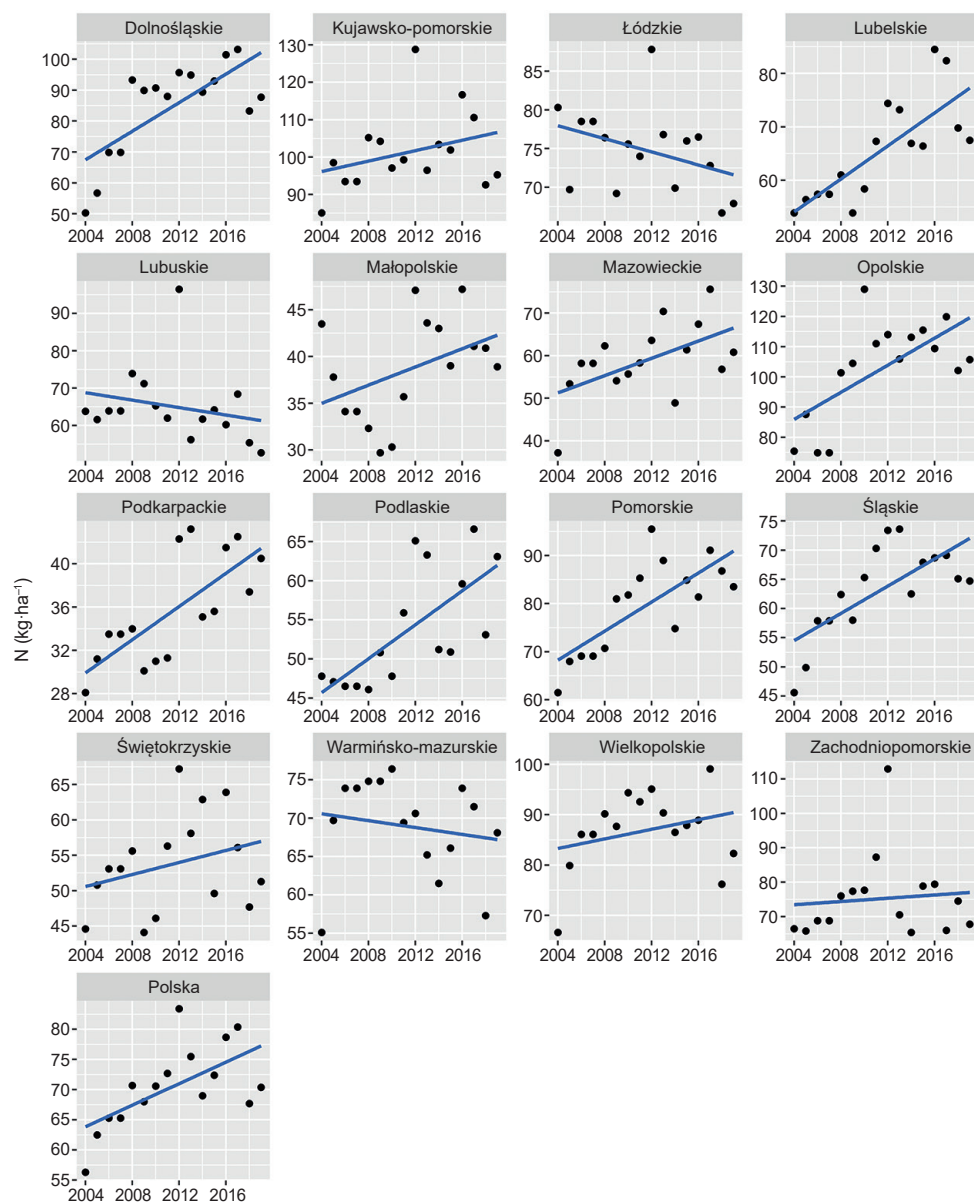
W latach 2004–2020 nastąpił wzrost zużycia nawozów azotowych od $56 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Średni przyrost zużycia nawozów na przestrzeni całego analizowanego okresu wynosił ok. $1,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie. Największe tempo wzrostu zużycia azotu obserwowano do roku 2013, a w kolejnych latach wahało się w granicach $70\text{--}80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 1). Zahamowanie trendu wzrostowego mogło być związane z wdrażaniem różnorodnych ograniczeń w stosowaniu azotu będących konsekwencją wdrażania tzw. dyrektywy azotanowej (Dyrektywa 91/676/EWG) oraz innych dyrektyw zmierzających do ochrony i poprawy jakości środowiska, jak: ramowa dyrektywa wodna (Dyrektywa 2000/60/WE), dyrektywa morska (Dyrektywa 2008/56/WE) czy zobowiązań wynikających z Bałtyckiego Planu Działania przyjętego przez HELCOM (Komisja Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku) (Baltic Sea Action Plan 2011). Przykładem realizowanych działań jest upowszechnienie Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej, przeprowadzenie w roku 2015 ogólnopolskiej akcji pt. „Stop Stratom Biogenów”, w ramach której do każdego gospodarstwa rolnego w Polsce dostarczono ulotkę informującą o znaczeniu tego problemu i sposobach zapobiegania stratom składników (azotu i fosforu) (Efektywnie gospodaruj... 2022).

Z pewnością nie bez znaczenia był także wzrost cen nawozów mineralnych i pogorszenie ich relacji do cen płodów rolnych.

Poziom nawożenia N oraz trend zmian w latach były zróżnicowane pomiędzy województwami (rys. 4). Istotny wzrost obserwowano w województwach: dolnośląskim, lubelskim, mazowieckim, opolskim, podkarpackim, podlaskim, pomorskim i śląskim. W pozostałych województwach wahania w zużyciu nawozów nie były statystycznie istotne.

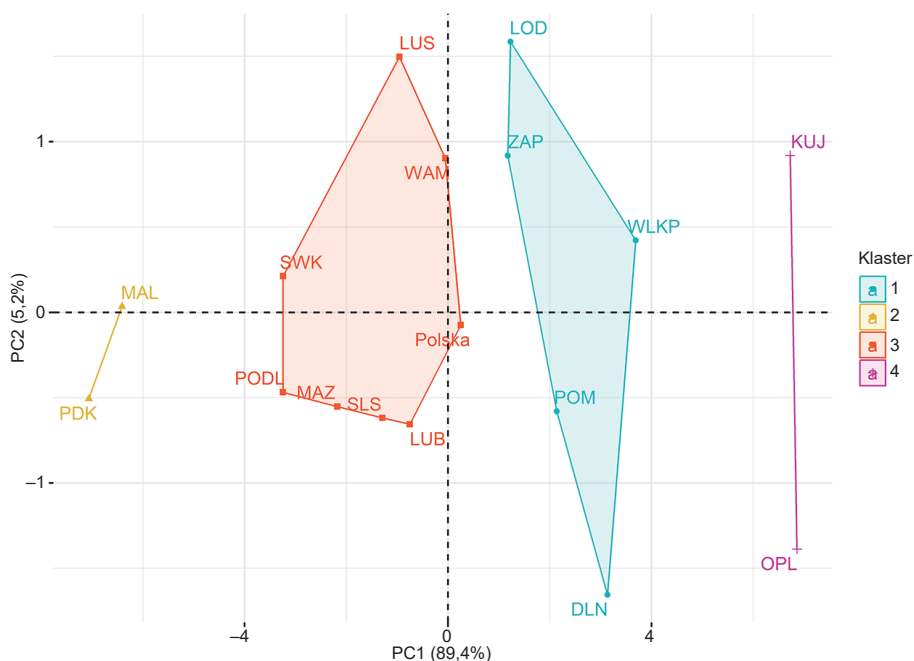
Średnia dawka azotu w kraju w analizowanym okresie wynosiła $71 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wyróżniono 4 klastry województw o zróżnicowanym poziomie nawożenia (rys. 5). Najwięcej azotu w nawozach mineralnych stosowano w województwach klastra 4: kujawsko-pomorskim i opolskim (odpowiednio: 101 i $103 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), a najmniej w województwach klastra 2: małopolskim i podkarpackim (odpowiednio: 39 i $36 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$).

W województwach zgrupowanych w klastrze 1 stosowano większe od średniej krajowej dawki azotu ($75\text{--}87 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), a w województwach klastra 3 dawki nawozów były mniejsze od średniej ($54\text{--}69 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) dla kraju.



Rys. 4. Zużycie nawozów azotowych według województw

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb



Rys. 5. Grupowanie województw według zużycia nawozów azotowych

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb

Zużycie nawozów fosforowych i zasobność gleb w fosfor

Zużycie nawozów fosforowych średnio w Polsce zmieniło się bardzo nieznacznie, tj. z 20 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ w 2004 r. do 24 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ w 2020 r., przy tym charakteryzowało się niewielkim zróżnicowaniem pomiędzy województwami. W większości województw można zauważyć tendencję spadkową (rys. 6), a jedynie w województwie lubelskim zaznaczyła się tendencja wzrostowa. Jednak nie miały one charakteru zależności statystycznie istotnej.

Zawartość przyswajalnego fosforu w glebie w analizowanym okresie praktycznie nie uległa zmianie (tab. 1). Gleby o bardzo niskiej lub niskiej zawartości składnika stanowiły 30–32% badanej populacji próbek i było to mniej w porównaniu z wynikami badań za okres 2000–2004, kiedy udział gleb najuboższych wynosił 38% (Lipiński 2005). Średnią zawartością fosforu charakteryzowało się 26–27% próbek. Dominowały gleby o wysokiej lub bardzo wysokiej zawartości składnika, które stanowiły 40–41%. Wynik ten był znacznie mniejszy niż uzyskany w badaniach monitoringowych prowadzonych w sieci gospodarstw kontrolnych w latach 2008 i 2012, w których udział próbek w przedziale zawartości wysokiej i bardzo wysokiej razem wynosił 55–57% (Jadczyszyn 2015). Gleby o średniej zawartości, najbardziej pożądanej ze względów produkcyjnych, stanowiły 26–27%.

Tabela 1

Udział (%) próbek gleby wg zawartości fosforu w Polsce

Lata badań	Zawartość fosforu				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
2001–2004	9	24	27	18	22
2019–2022	9	24	26	17	24

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSa

Tabela 2

Struktura zasobności w fosfor w latach 2019–2022 w województwach

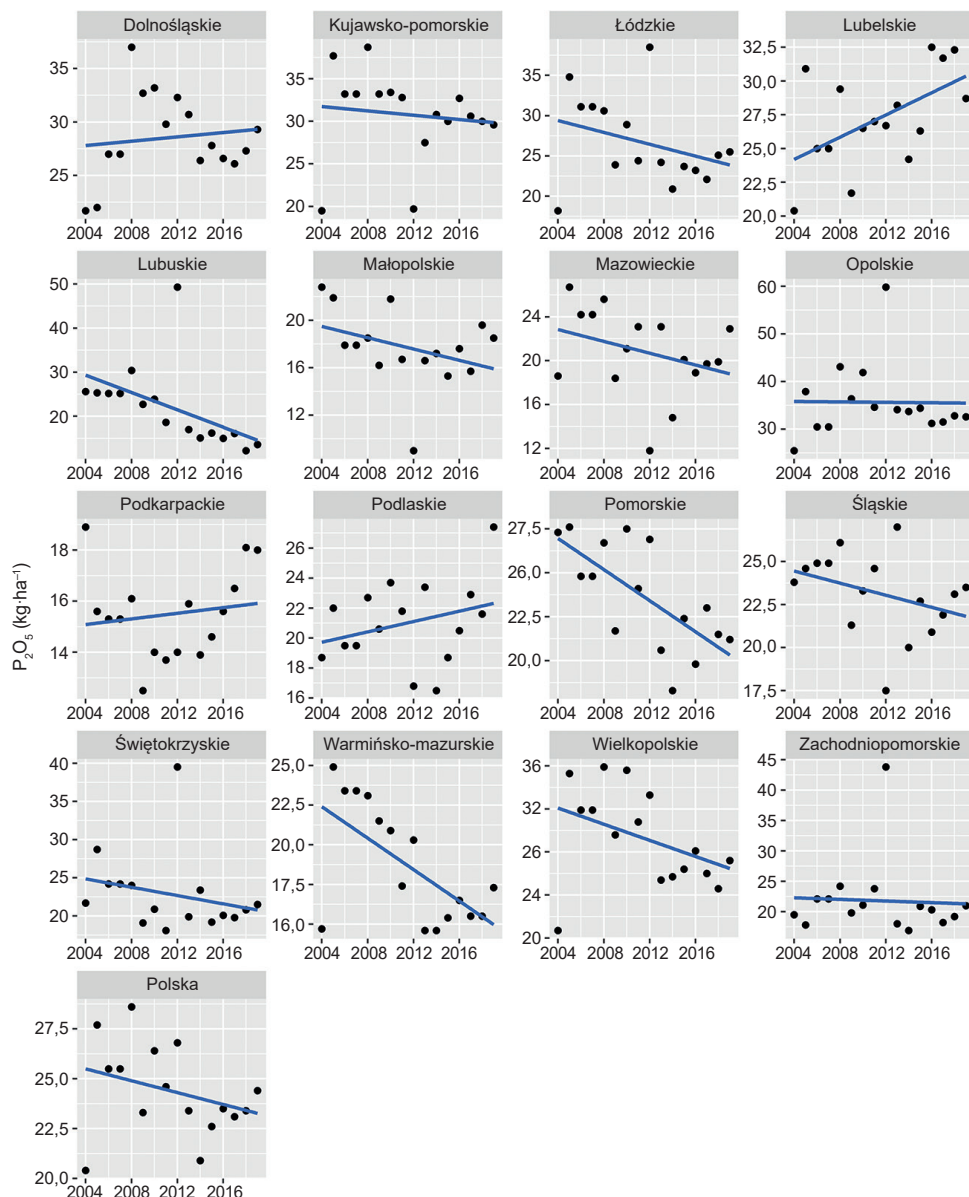
Województwo	Przedział zasobności				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
Dolnośląskie	12	25	24	16	23
Kujawsko-pomorskie	4	16	24	20	36
Lubelskie	9	28	27	17	19
Lubuskie	6	23	29	19	23
Łódzkie	7	26	27	17	23
Małopolskie	34	28	16	9	13
Mazowieckie	8	24	26	18	24
Opolskie	4	21	28	20	27
Podkarpackie	26	31	19	10	14
Podlaskie	16	28	24	15	17
Pomorskie	7	23	28	17	25
Śląskie	13	27	24	15	21
Świętokrzyskie	20	28	19	12	21
Warmińsko-mazurskie	9	25	27	18	21
Wielkopolskie	6	20	24	19	31
Zachodniopomorskie	6	26	31	19	18

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSa

Najbardziej ubogie w fosfor są gleby województw małopolskiego i podkarpackiego, odpowiednio: 62 i 57% próbek o bardzo niskiej i niskiej zawartości P_2O_5 . Najwięcej gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości odnotowano w województwach: kujawsko-pomorskim (56%), wielkopolskim (50%) i opolskim (47%). Podobne wyniki uzyskiwano we wcześniejszym okresie badań, tj. w latach 2010–2013 (Ochal 2015).

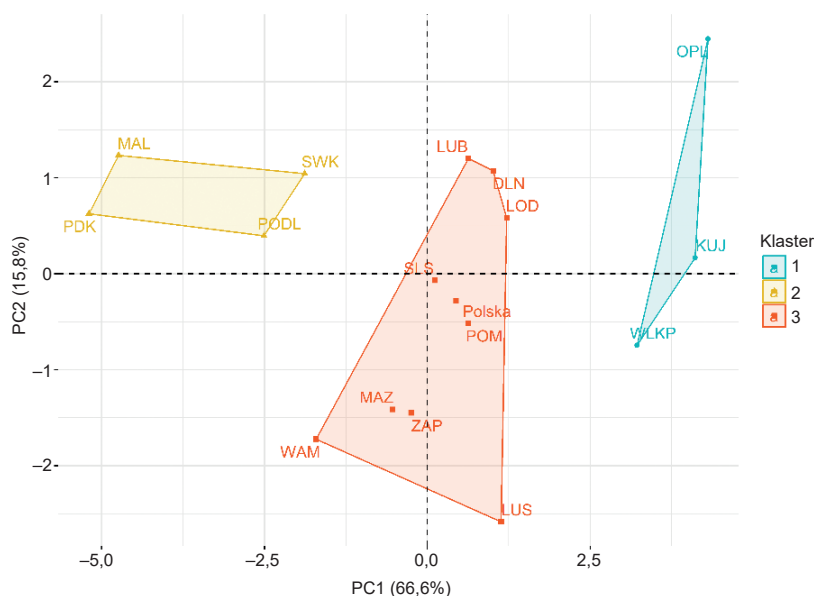
Analiza klastrow potwierdziła zależność pomiędzy poziomem nawożenia i zasobnością gleby w fosfor. Województwa pogrupowano według zużycia nawozów fosforowych i udziałem gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości P_2O_5 (rys. 7). Klaster 1 obejmuje województwa o wyższym od średniego dla kraju poziomie nawożenia fosforem ($29\text{--}36 \text{ kg } P_2O_5 \cdot \text{ha}^{-1}$) i jednocześnie mniejszym udziale gleb o niskiej i bardzo niskiej zawartości składnika (poniżej 26%). W województwach klastera 2

z mniejszym zużyciem nawozów (poniżej $22 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$) wiąże się większy udział próbek gleb ubogich w fosfor przyswajalny (44–62%). W klastrze 3 przy zbliżonym do przeciętnego w kraju zużyciu nawozów fosforowych ($19\text{--}27 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$) obserwuje się podobny do średniego w kraju udział gleb o bardzo niskiej lub niskiej zawartości P_2O_5 (30–40%).



Rys. 6. Zużycie nawozów fosforowych według województw

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUSb



Rys. 7. Grupowanie województw według zużycia nawozów fosforowych i udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości P_2O_5

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb

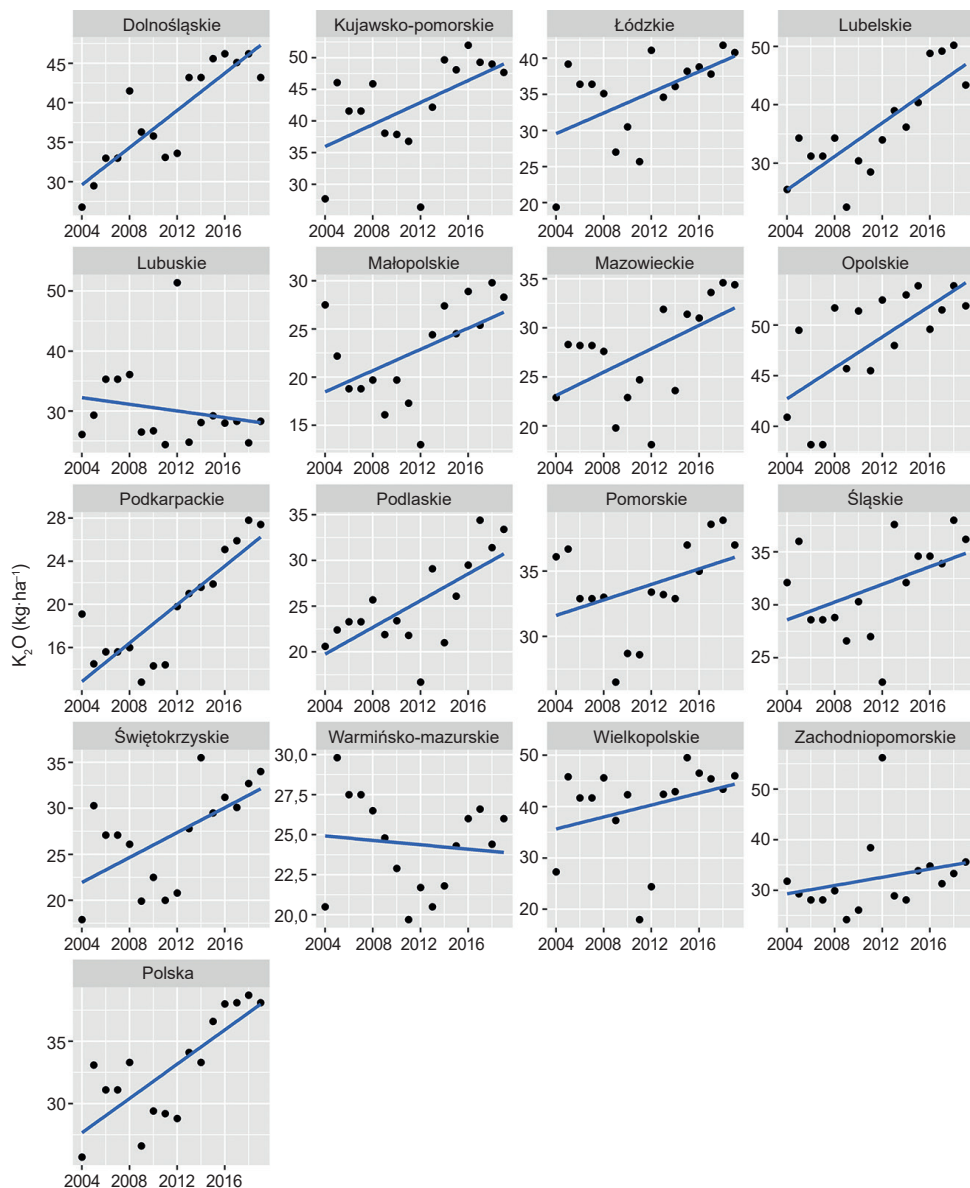
Zużycie nawozów potasowych i zasobność gleb w potas

W roku 2004 średnio w Polsce stosowano ok. $25 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ w postaci nawozów mineralnych. Na przestrzeni analizowanego okresu, tj. do 2020 r. obserwowano statystycznie istotny wzrost zużycia, w tempie ok. $0,8 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie (rys. 1), dzięki czemu w końcu drugiej dekady średnio w kraju zużycie sięgało $40 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Statystycznie istotny trend wzrostowy obserwowano w większości województw (z wyjątkiem pomorskiego, śląskiego i wielkopolskiego) (rys. 8). Tendencja malejąca zaznaczyła się w województwach lubuskim i warmińsko-mazurskim, ale nie była ona statystycznie istotna. Największym zużyciem nawozów potasowych wyróżniało się województwo opolskie ($49 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ średniorocznie), a najmniejszym ($19\text{--}28 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$) województwa: małopolskie, mazowieckie, podkarpackie, podlaskie, świętokrzyskie i warmińsko-mazurskie. Większym od średniego w kraju zużyciem nawozów ($36\text{--}42 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$) charakteryzowały się województwa: dolnośląskie, lubelskie, kujawsko-pomorskie i wielkopolskie. Dawki nawozów zbliżone do średniej krajowej ($30\text{--}35 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$) stosowano w województwach: lubuskim, łódzkim, pomorskim, śląskim i zachodniopomorskim.

W analizowanym okresie zauważa się poprawę zasobności gleb w potas. Udział gleb o zawartości bardzo niskiej i niskiej zmniejszył się o 8%, natomiast zwiększył się o 9% udział gleb o zawartości wysokiej i bardzo wysokiej (tab. 3). Podobne

tendencje wzrostowe obserwowano w badaniach monitoringowych w latach 2008 i 2012 (Jadczyzsyn 2015). W stosunku do lat 2000–2004 udział gleb bardzo ubogich w potas (zawartość bardzo niska i niska) zmniejszył się z 47% (Lipiński 2005) do 38%.



Rys. 8. Zużycie nawozów potasowych według województw

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb

Tabela 3

Udział (%) próbek gleby wg zawartości potasu w Polsce

Lata badań	Zawartość potasu				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
2001–2004	17	29	30	12	12
2019–2022	15	23	29	15	18

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSa

Aktualnie najwięcej gleb ubogich (zawartość niska i bardzo niska) w potas (powyżej 50%) obserwuje się w województwach: małopolskim, łódzkim, mazowieckim i podlaskim (tab. 4). Najbardziej zasobne są natomiast gleby województw: opolskiego, dolnośląskiego i warmińsko-mazurskiego, gdzie sumaryczny udział próbek o zawartości od średniej do bardzo wysokiej zbliża się do 80%.

Tabela 4

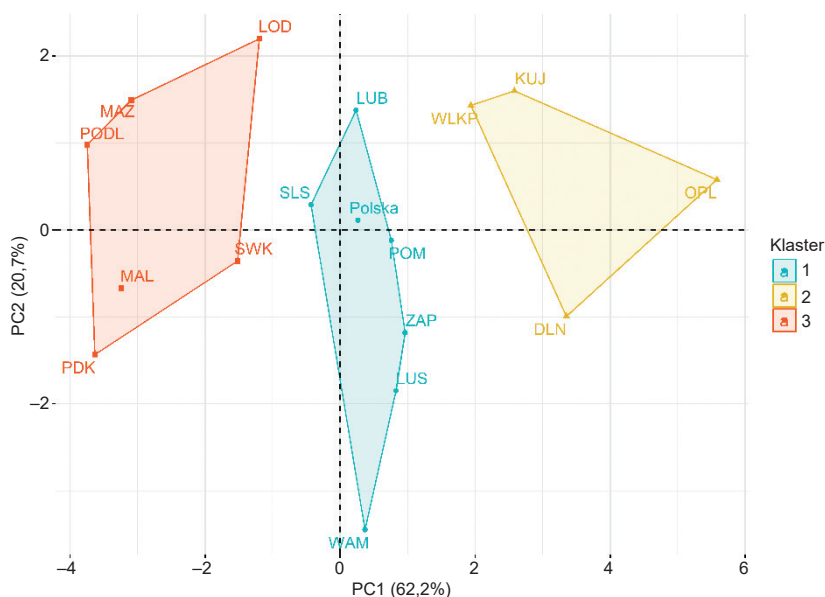
Udział (%) próbek gleby wg zawartości potasu w latach 2019–2022 w województwach

Województwo	Przedział zasobności				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
Dolnośląskie	7	15	35	18	25
Kujawsko-pomorskie	10	21	29	16	24
Lubelskie	18	27	29	12	14
Lubuskie	10	21	27	19	23
Łódzkie	21	35	25	10	9
Małopolskie	25	27	31	8	9
Mazowieckie	26	30	23	10	11
Opolskie	6	15	35	19	25
Podkarpackie	21	27	31	10	11
Podlaskie	31	29	22	9	9
Pomorskie	13	22	30	16	19
Śląskie	20	23	31	12	14
Świętokrzyskie	15	28	30	13	14
Warmińsko-mazurskie	7	16	30	20	27
Wielkopolskie	15	22	25	17	21
Zachodniopomorskie	8	21	32	19	20

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSa

Poprawa zasobności gleb była efektem większego zużycia nawozów, co potwierdza analiza skupień (rys. 9). Województwa klastra 1 charakteryzuje zbliżone do średniego w kraju zużycie nawozów ($30\text{--}36 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz średni udział gleb o bardzo

niskiej i niskiej zawartości przyswajalnego potasu. Mniejszy udział gleb ubogich stwierdza się w województwach klastra 2, w których dawki nawozów wynoszą od 39 do 48 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$, czyli przewyższają średnią krajową. Województwa zgrupowane w klastrze 3 charakteryzują się na ogół mniejszym zużyciem nawozów (poniżej 34 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$) i największym udziałem gleb ubogich w potas (powyżej 45%).



Rys. 9. Grupowanie województw według zużycia nawozów potasowych i udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości K_2O

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb

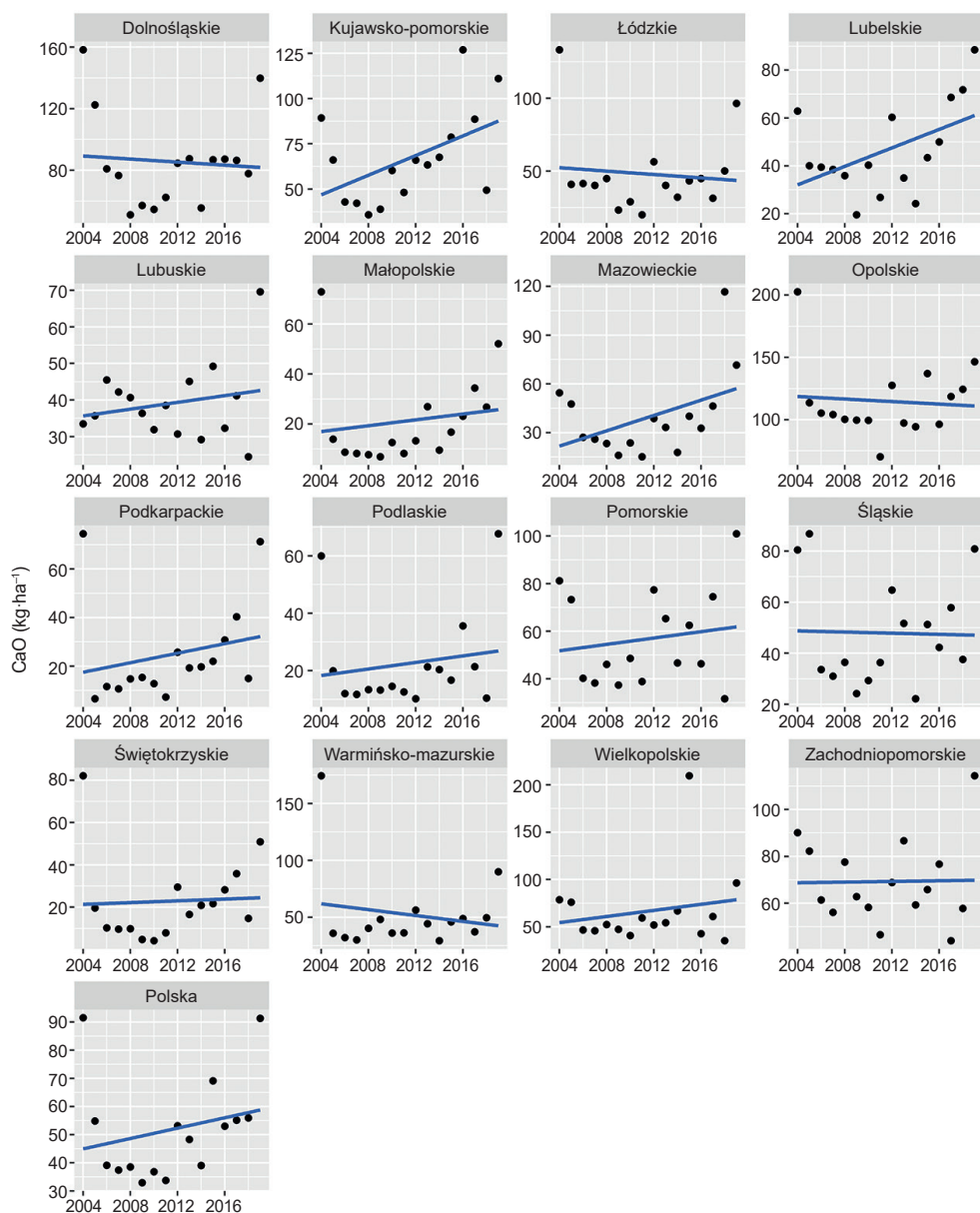
Potrzeby wapnowania i zasobność gleb w magnez oraz zużycie wapna nawozowego

Na początku analizowanego okresu zużycie wapna nawozowego spadło do nieotowanego wcześniej poziomu. Już w okresie transformacji gospodarczej w latach 90. dawki wapna obniżyły się z ok. 150 kg $CaO \cdot ha^{-1}$ do blisko 90 kg $CaO \cdot ha^{-1}$. W pierwszych latach po akcesji zaznaczył się dalszy gwałtowny spadek, do poziomu zaledwie 33 kg $CaO \cdot ha^{-1}$ (rys. 1) w 2009 r. Jego przyczyną było zaniechanie dotacji do zakupu wapna nawozowego. Od roku 2013 zauważa się stopniowy wzrost zużycia wapna związany z uruchomieniem programu wsparcia zakupu środków wapnujących przez niektóre wojewódzkie fundusze ochrony środowiska i gospodarki wodnej. W 2020 r. dawka CaO na 1 ha UR wynosiła 90 kg i zbliżała się do poziomu sprzed akcesji. Poprawę sytuacji w tym zakresie przyniosło uruchomienie w 2019 r. „Ogól-

nopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie” realizowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska na obszarze całego kraju (Ogólnopolski program...).

Średnio w kraju dawka wapna w latach 2004–2020 wynosiła $52 \text{ kg CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$ na rok, co stanowi niewielki ułamek w stosunku do potrzeb wynikających z odczynu gleb (Ochal i Smreczak 2020). Największym zużyciem środków wapnujących na tle kraju w analizowanym okresie wyróżniało się województwo opolskie ($115 \text{ kg CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$). Najmniejsze dawki wapna nawozowego ($21\text{--}25 \text{ kg CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$) stosowano w województwach: małopolskim, podlaskim, podkarpackim i świętokrzyskim. Dawki mniejsze od średniej ($39\text{--}52 \text{ kg CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$) stosowano w województwach: lubelskim, lubuskim, łódzkim, mazowieckim, śląskim i warmińsko-mazurskim. W województwach: dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, pomorskim, wielkopolskim i zachodniopomorskim stosowano dawki większe od średnich w kraju ($57\text{--}86 \text{ kg CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$). Na przestrzeni analizowanego okresu nastąpił istotny wzrost zużycia wapna w skali całego kraju, ale zauważa się zróżnicowanie pomiędzy województwami oraz pomiędzy latami w ramach województw (rys. 10). Statystycznie istotny wzrost obserwowano w województwach: kujawsko-pomorskim, lubelskim, małopolskim, mazowieckim, podkarpackim, świętokrzyskim i warmińsko-mazurskim. W pozostałych województwach nie obserwowano istotnych trendów w zużyciu wapna.

Okręgowe stacje chemiczno-rolnicze w latach 2001–2004 wykonały analizy ponad 1,6 mln próbek gleby na zlecenie producentów rolnych, a w latach 2019–2022 blisko 2 mln próbek. Ocenę odczynu gleb prowadzono według 5-stopniowej skali przyjętej w badaniach agrochemicznych. W okresie tuż przed akcesją ok. 50% stanowiły próbki gleby o odczynie bardzo kwaśnym lub kwaśnym (tab. 5). Probki gleb o odczynie korzystnym dla wzrostu i rozwoju roślin (lekko kwaśnym lub obojętnym) stanowiły łącznie 42%. W końcu analizowanego okresu zauważa się poprawę struktury odczynu badanych gleb. Udział gleb najbardziej zakwaszonych zmniejszył się do 43% (z 51%), a sumaryczny udział gleb o odczynie lekko kwaśnym i obojętnym uległ zwiększeniu do 49% (z 42%). Podobne wyniki uzyskano w badaniach monitoringowych prowadzonych przez Krajową Stację Chemiczno-Rolniczą we współpracy z IUNG-PIB w sieci gospodarstw kontrolnych (niespełna 4 tys. punktów poboru próbek) w cyklach badawczych 2008, 2012 i 2016 r. (Rutkowska 2028). Większy udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych (łącznie 57,2%) wykazały badania próbek pobranych w ponad 50 tys. punktów w latach 2012–2015 dla celów oceny efektów WPR (Ochal i Smreczak 2020).



Rys. 10. Zużycie wapna nawozowego w województwach w latach 2004–2020

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb

Tabela 7

Udział (%) próbek gleby wg odczynu w Polsce

Lata badań	Odczyn				
	bardzo kwaśny (pH do 4,5)	kwaśny (pH 4,6–5,5)	lekko kwaśny (pH 5,6–6,5)	obojętny (pH 6,6–7,2)	zasadowy (pH od 7,3)
2001–2004	21	30	28	14	7
2019–2022	17	26	31	18	8

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSa

Wskutek poprawy odczynu zmniejszyły się także potrzeby wapnowania, które określa się z uwzględnieniem kategorii agronomicznej gleby. W latach 2001–2004 udział próbek o dużych potrzebach wapnowania (konieczne i potrzebne) wynosił 46% (tab. 6). Próbki o małych potrzebach wapnowania (wskazane i ograniczone) stanowiły 30%, a w 24% gleby nie wymagały stosowania wapna. W końcu analizowanego okresu zauważa się zmniejszenie udziału gleb wymagających wapnowania o 8% i zwiększenie udziału próbek gleb, których wapnowanie jest zbędne.

Tabela 6

Udział (%) próbek gleby wg potrzeb wapnowania w Polsce

Lata badań	Potrzeby wapnowania				
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
2001–2004	29	17	16	14	24
2019–2022	22	14	16	16	32

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSa

Powyższe wyniki nie odzwierciedlają negatywnych skutków zmniejszenia zużycia nawozów po akcesji do UE, ponieważ gospodarstwa ograniczające nakłady środków produkcji najczęściej nie wykonują badań gleby.

Aktualnie w kraju ok. 32% analizowanych próbek gleby lokuje się w przedziale potrzeb wapnowania konieczne i potrzebne (tab. 7). Najlepsza sytuacja pod tym względem występuje w województwach kujawsko-pomorskim i opolskim (poniżej 25%) (rys. 12), a najgorsza w województwach: podlaskim, małopolskim i podkarpackim (odpowiednio: 50%, 64% i 65%). W pozostałych województwach udział gleb, których wapnowanie jest konieczne lub potrzebne wynosi od 27 do 47%.

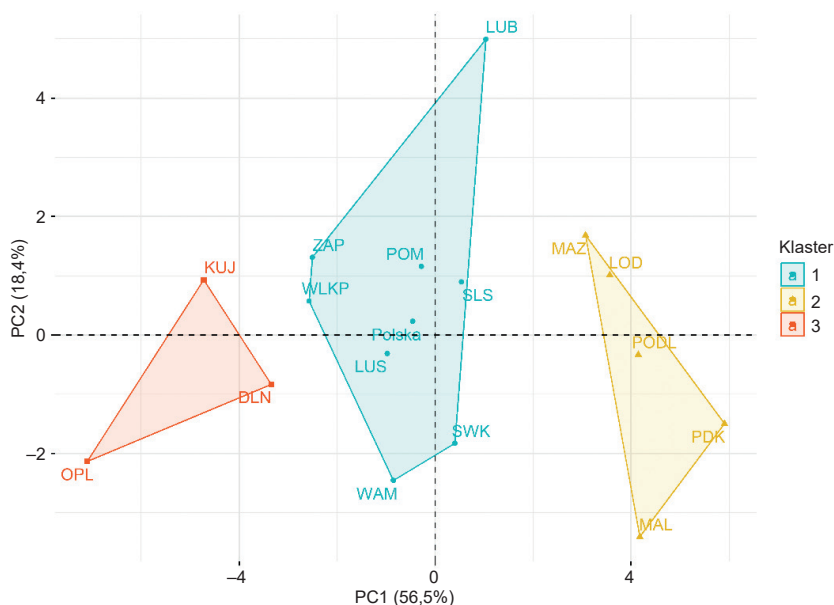
Tabela 7

Struktura potrzeb wapnowania w latach 2019–2022 w województwach

Województwo	Przedział potrzeb wapnowania				
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
Dolnośląskie	17	13	20	23	27
Kujawsko-pomorskie	13	9	12	15	51
Lubelskie	29	14	13	13	31
Lubuskie	15	13	16	18	38
Łódzkie	29	18	17	14	22
Małopolskie	50	14	12	9	15
Mazowieckie	31	16	15	13	25
Opolskie	11	13	23	28	25
Podkarpackie	51	14	12	10	13
Podlaskie	33	17	15	12	23
Pomorskie	15	15	19	19	32
Śląskie	26	15	18	18	23
Świętokrzyskie	24	11	11	11	43
Warmińsko-mazurskie	15	13	16	20	36
Wielkopolskie	17	11	15	15	42
Zachodniopomorskie	14	13	17	19	37

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSa

Analiza skupień potwierdza, że struktura potrzeb wapnowania gleb jest zależna od stosowanych dawek wapna nawozowego (rys. 11). W klastrze 1 zgrupowano województwa, w których stosuje się przeciętne dawki środków wapnujących i udział gleb o dużych potrzebach wapnowania (konieczne i potrzebne) jest zbliżony do średniego w kraju. W województwach o mniejszym zużyciu wapna udział próbek gleby o dużych potrzebach wapnowania jest większy od średniego w kraju (klaster 2). Natomiast w województwach z największym zużyciem wapna nawozowego udział gleb o dużych potrzebach wapnowania jest mniejszy od przeciętnego w kraju (klaster 3).



Rys. 11. Grupowanie województw według zużycia wapna nawozowego i aktualnych potrzeb wapnowania gleb

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb

Dane o zużyciu nawozów magnezowych nie są publikowane, niemniej dominującym źródłem tego składnika jest wapno nawozowe. Dlatego zmiany zasobności gleb w magnez są w dużej mierze wynikiem działań związanych z ich odkwaszaniem. Gleby o niskiej i bardzo niskiej zawartości magnezu w latach 2001–2004 stanowiły 36% (tab. 8). W analizowanym okresie zauważa się zmniejszenie (o 9%) udziału gleb o niskiej i bardzo niskiej zawartości magnezu oraz wzrost (o 10%) udziału gleb w przedziale zawartości wysokiej i bardzo wysokiej. Gleby o średniej zawartości składnika stanowią 28–29%.

Tabela 8

Udział (%) próbek gleby według zawartości magnezu w Polsce

Lata badań	Zawartość magnezu				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
2001–2004	15	21	29	17	18
2019–2022	11	16	28	21	24

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSa

Tabela 9

Udział (%) próbek gleby według zawartości magnezu w latach 2019–2022 w województwach

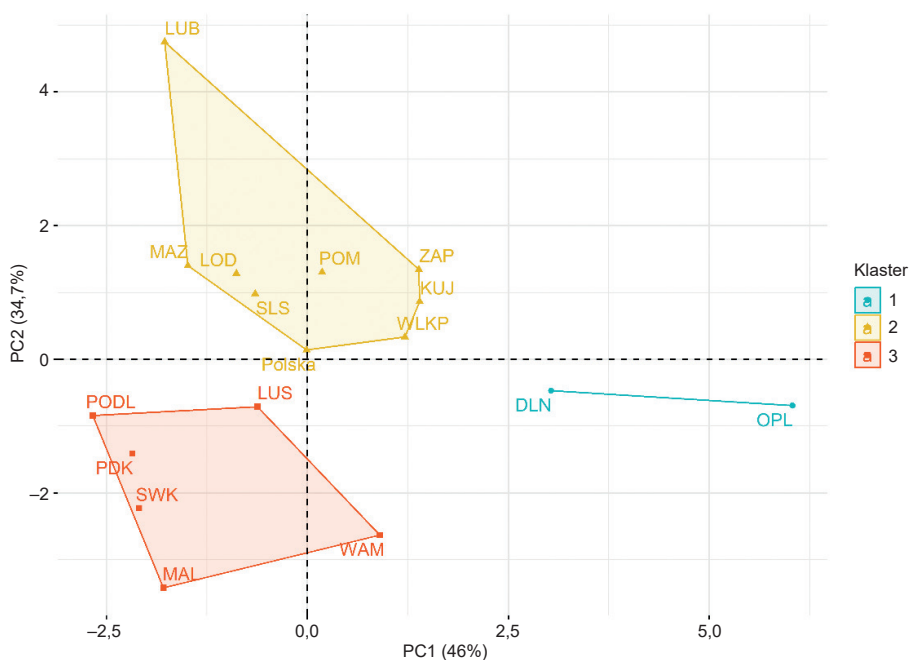
Województwo	Przedział zasobności				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
Dolnośląskie	8	16	29	22	25
Kujawsko-pomorskie	5	15	29	24	27
Lubelskie	20	23	25	16	16
Lubuskie	7	14	28	23	28
Łódzkie	15	18	27	19	21
Małopolskie	8	12	27	19	34
Mazowieckie	13	20	28	18	21
Opolskie	5	12	30	26	27
Podkarpackie	11	15	25	16	33
Podlaskie	16	17	25	18	24
Pomorskie	11	17	27	20	25
Śląskie	14	18	28	18	22
Świętokrzyskie	8	18	23	18	33
Warmińsko-mazurskie	4	10	26	26	34
Wielkopolskie	12	16	29	21	22
Zachodniopomorskie	9	17	32	22	20

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSa

Wśród analizowanych parametrów agrochemicznych zasobność w magnez jest cechą najmniej zróżnicowaną pomiędzy województwami. Powyżej 40% gleb o zawartości niskiej i bardzo niskiej notowano w województwie lubelskim, a najmniej w województwach warmińsko-mazurskim i opolskim (odpowiednio: 14% i 17%).

Analiza skupień potwierdza związek pomiędzy zużyciem wapna nawozowego i zasobnością gleb w magnez (rys. 12).

W województwach klastra 1 (dolnośląskie i opolskie) obserwuje się duże na tle kraju zużycie wapna nawozowego oraz mniejszy udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości magnezu. W klastrach 2 i 3 zużycie nawozów wapniowych było zbliżone do średniego w kraju lub nieco mniejsze, ale różniły się one udziałem gleb o niskiej i bardzo niskiej zawartości magnezu. W klastrze 2 był on zbliżony do średniego w kraju lub większy. W województwach klastra 3 udział gleb ubogich w magnez był mniejszy niż średni dla kraju. W przypadku województw: podkarpackiego, świętokrzyskiego i małopolskiego jest to zapewne uwarunkowane składem mineralogicznym skały macierzystej pochodzenia wapniowcowego (małopolskie, podkarpackie, świętokrzyskie). W pozostałych województwach dodatkowym czynnikiem wpływającym korzystnie na glebowe zasoby magnezu są nawozy naturalne, których zużycie należy do najwyższych w skali kraju.



Rys. 12. Grupowanie województw wg zużycia wapna nawozowego i udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości magnezu

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUSb

Podsumowanie

Instrumenty Wspólnej Polityki Rolnej wyraźnie oddziałują na gospodarkę nawozową w Polsce. Negatywnym skutkiem było ograniczenie zużycia wapna nawozowego. Z uwagi na duży udział gleb wymagających wapnowania konieczne jest utrzymanie finansowego wsparcia zabiegów wapnowania przy pomocy dostępnych narzędzi WPR.

Wzrost zużycia nawozów mineralnych jest ograniczany wskutek wdrożenia dyrektyw ograniczających emisje azotu z rolnictwa do środowiska przyrodniczego oraz prośrodowiskowych narzędzi WPR.

Korzystnym zjawiskiem jest zwiększenie zużycia nawozów potasowych oraz poprawa zasobności gleb w ten składnik. Niemniej stosowane dawki nawozów są nadal niezadowolające w stosunku do poziomu nawożenia azotem.

Niekorzystna struktura zasobności gleb w fosfor (duży udział gleb ubogich i jeszcze większy gleb bardzo zasobnych) wskazuje na potrzebę racjonalizacji zarządzania tym składnikiem. Poziom zużycia nawozów fosforowych można uznać za wystarczający, ale konieczna jest lepsza ich relokacja (ukierunkowanie na gleby o niskiej zawartości składnika).

Literatura

1. Beba P., Pocztą W., Kiriyluk-Dryjska E.: Ewolucja kierunków wsparcia wsi i rolnictwa w Polsce środkami wspólnej Polityki Rolnej o charakterze strukturalnym. Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu. Roczniki Naukowe, T. XVIII, 2016, **5**: 9-16.
2. Chmieliński P., Czubał W.: Ewolucja oddziaływania Wspólnej Polityki Rolnej na przemiany wsi i rolnictwa w Polsce. W: Polska wieś i polskie rolnictwo – 20 lat w Unii Europejskiej. Wyd. IRWIR PAN, 2024, ss. 13-31. DOI 10.53098/978-83-89900-78-4_2
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.
4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/56/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. ustanawiająca ramy działań Wspólnoty w dziedzinie polityki środowiska morskiego.
5. Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego.
6. Ekoschematy obszarowe PS WPR 2023-2027. Broszura informacyjna MRiRW, Warszawa 2023.
7. Grzebiś W.: Technologie nawożenia roślin uprawnych – fizjologia plonowania. Wyd. PWRiL, 2011, t.1 ss. 414 i t. 2 ss. 279.
8. GUSa: Ochrona środowiska. Warszawa 2005–2023.
9. GUSb: Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym. Warszawa 2004–2020 r. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/rolnictwo/srodki-produkcji-w-rolnictwie-w-roku-gospodarczym-20192020,6,17.html>
10. Jadczyzn T.: Chemiczne wskaźniki żyzności gleb Polski w świetle badań monitoringowych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2015, **45(19)**: 173-184.
11. Jurga B., Kopyński J.: Bilanse azotu i fosforu jako wskaźniki oddziaływania rolnictwa na środowisko. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2016, **47(1)**: 125-138.
12. Lipiński W.: Zasobność gleb Polski w fosfor przyswajalny. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2005, **2(23)**: 49-54.
13. Matyka M., Krasowicz S., Kopyński J., Madej A.: Zmiany w produkcji rolniczej na tle uwarunkowań przyrodniczych i polityki Unii Europejskiej. W: Polska wieś i polskie rolnictwa - 20 lat w Unii Europejskiej. Wyd. IRWIR PAN, 2024, ss. 251-270. DOI 10.53098/978-83-89900-78-4_13.
14. Musiał K.: Wspieranie ochrony środowiska i przyrody w ramach trzech projekcji WPR w latach 2004–2020. Wiadomości Zootechniczne, R. LX (2022), **3-4**: 57-70.
15. Ochł P.: Aktualny stan i zmiany żyzności gleb w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2015, **45(19)**: 9-25
16. Ochł P., Smreczak B.: Zakwaszenie gleb i aktualne zagadnienia wapnowania. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2020, **63(17)**: 9-19.
17. Pajewski T.: Programy rolnośrodowiskowe jako forma wspierania ochrony środowiska na terenach wiejskich. Zeszyty Naukowe SGGW. Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej, 2014, **107**: 69-80.
18. Piwowski J.: Wspólna Polityka Rolna i jej wpływ na rozwój rolnictwa w Polsce. UWM, Olsztyn 2015, ss. 26.
19. Rutkowska A.: Ocena przestrzennego zróżnicowania odczynu gleb w Polsce w latach 2008–2016. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2018, **56(10)**: 9-20.
20. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 13 marca 2013 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu przyznawania pomocy finansowej w ramach działania „Program rolnośrodowiskowy” objętego Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013 (DzU z 2013 r. poz. 361, z późn. zm.).

21. Wigier M., Wrzaszcz W.: Polityka klimatyczna i środowiskowa Unii Europejskiej a rolnictwo. W: Środowiskowo-klimatyczne uwarunkowania rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich w Polsce w latach 2004–2030. Studia i monografie 201, W. Wrzaszcz, M. Wigier (red.). IERiGŻ, Warszawa 2024, ss. 61-85.
 22. Wrzaszcz W.: Zielona transformacja polityki rolnej w Unii Europejskiej. W: Zielone finanse, W. Burchard-Dziubińska, K. Prandecki (red.). v PAN, Komitet Prognoz „Polska 2000 plus”, 2023, ss. 81-112.
 23. Ogólnopolski program regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie; <https://www.gov.pl/web/nfosiaw/ogolnopolski-program-regeneracji-srodowiskowej-gleb-poprzez-ich-wapnowanie-2021>
 24. Baltic Sea Action Plan. Reaching Good Environmental Status for the Baltic Sea, 2011; <https://helcom.fi/baltic-sea-action-plan/>
 25. Efektywnie gospodaruj nawozami. KSChR, Warszawa 2022; <https://schr.gov.pl/art,13,efektywnie-gospodaruj-nawozami>
-

Adres do korespondencji:

dr Tamara Jadczyszyn
Zakład Nawożenia i Zarządzania Składnikami Pokarmowymi
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8,
24-100 Puławy
tel. 81 4786 832
e-mail: tj@iung.pulawy.pl

AUTOR	ORCID
Tamara Jadczyszyn	0000-0002-4755-6992
Urszula Bronowicka-Mielniczuk	0000-0002-5903-2061