

¹ Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: przemyslaw.tkaczyk@up.lublin.pl

² Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach,
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

PRZEMYSŁAW TKACZYK¹ , AGNIESZKA RUTKOWSKA² 

Zmiany odczynu i zasobności w składniki pokarmowe gleb uprawnych Lubelszczyzny

Changes in the pH and nutrient content of cultivated soils in the Lublin region

Streszczenie. Wyniki uzyskano na podstawie badań środowiskowych przeprowadzonych w roku 2012 i 2016. Na badanym obszarze wyznaczono 318 punktów pobierania próbek glebowych, z czego 249 wyznaczono na gruntach ornych, 69 na użytkach zielonych (45 na glebach bardzo lekkich, 103 na lekkich, 101 na średnich i 69 na ciężkich). W pobranych próbkach glebowych oznaczono skład granulometryczny metodą laserową, pH w 1 mol KCl dm⁻³, fosfor i potas przyswajalny metodą Egnera-Riehma (DL), magnez przyswajalny po ekstrakcji z gleby 0,0125 mol CaCl₂ dm⁻³. Uzyskane wyniki badań oceniono na podstawie liczb granicznych obowiązujących w Polsce. Stwierdzono, że w pięciu powiatach (biłgorajski, parczewski, rycki, świdnicki, tomaszowski) nastąpił wzrost udziału procentowego gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych w roku 2016 w porównaniu z rokiem 2012. W pozostałych powiatach udział ten zmniejszył się lub pozostał niezmienny. Pomimo odnotowanej poprawy odczynu gleby pomiędzy rokiem 2012 a 2016 udział gleb wymagających koniecznego lub potrzebnego wapnowania zmniejszył się o ponad 4 p.p., z 36% w roku 2012 do 31,9% w roku 2016. Jednocześnie udział gleb o ograniczonych potrzebach wapnowania lub braku jego konieczności był podobny w obu latach badań (50%). Zasobność gleby w przyswajalne formy badanych makroelementów (P, K, Mg) zmniejszyła się w roku 2016 w porównaniu z rokiem 2012. Wzrost udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej zasobności w roku 2016 był różny w zależności od pierwiastka i wynosił: 1 p.p. dla fosforu (wzrost z 27% w roku 2012 do 28% w roku 2016), 4,3 p.p. dla potasu (46,1% – 2012, 50,4% – 2016), 6,4 p.p. dla magnezu (54,9% – 2012, 61,3% – 2016). Wzrost udziału gleb o niskiej i bardzo niskiej zasobności w makroelementy (P, K, Mg) w roku 2016, w porównaniu z rokiem 2012, świadczy o konieczności wprowadzenia zrównoważonego nawożenia tymi składnikami, uwzględniającego zasobność gleby oraz potrzeby pokarmowe uprawianych roślin.

Słowa kluczowe: pH, odczyn gleb, fosfor, potas, magnez

WSTĘP

Podstawowym elementem oceny stanu żyzności gleb prowadzącym do racjonalnego nawożenia jest odczyn gleb oraz ich zasobność w przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu. Nawożenie powinno odbywać się tymi składnikami, których w glebie brakuje. Nieuzasadnione jest stosowanie nawożenia mineralnego bez oceny stanu zasobności gleb. Nawozy mineralne jako jeden z głównych środków do produkcji rolnej powinny być stosowane racjonalnie, w takich ilościach i w taki sposób, aby zapewnić uprawianym roślinom określoną ilość składników pokarmowych w odpowiednim czasie. W celu podjęcia właściwych decyzji związanych z określeniem potrzeb nawozowych roślin niezbędna jest znajomość zasobności nawożonych gleb w poszczególne pierwiastki [Kaniuczak 1998, Jakubus 2000, Kozłowska-Strawska i Kaczor 2004, Fotyma i in. 2006]. Ważne są też informacje dotyczące innych właściwości fizykochemicznych i chemicznych gleb [Lipiński i Bednarek 1998a, b, Lipiński 2000, Fotyma 2007].

Należy też podkreślić, że zużycie nawozów mineralnych w południowo-wschodniej Polsce jest stosunkowo niewielkie w porównaniu z innymi rejonami kraju [Lipiński 2019]. Powyższa uwaga dotyczy również stosowania nawozów wapniowych, które w ostatnich latach jest bardzo małe. Jest to szczególnie ważne, gdyż stanowi istotny problem współczesnego rolnictwa w Polsce. Zakwaszenie gleb prowadzi do zmniejszenia efektywności większości stosowanych zabiegów agrotechnicznych, zwłaszcza nawożenia mineralnego, oraz przyczynia się do ograniczenia wielkości i obniżenia jakości plonu. Główną przyczyną takiego stanu jest duży udział gleb bardzo lekkich i lekkich, co sprzyja wypłukiwaniu kationów zasadowych, głównie wapnia (Ca^{2+}) i magnezu (Mg^{2+}). Niskie pH powoduje także zmniejszenie przyswajalności większości składników pokarmowych. Oprócz tego obserwuje się wtórne skutki zakwaszenia gleby, do których należy zaliczyć: zmniejszenie trwałości wiązań pakietów minerałów, rozpad struktury wtórnych minerałów ilastych, zmniejszenie zdolności sorpcyjnej, a przede wszystkim pojawienie się dużych ilości wymiennych form glinu i manganu, toksycznych dla roślin [Filipek 1998, Filipek i in. 2006, Tkaczyk i Bednarek 2011, Filipek i Skowrońska 2013]. W glebach silnie zakwaszonych obserwujemy bardzo niską zawartość rozpuszczalnych form takich składników pokarmowych jak: magnez, fosfor i azot. Jak podaje Lipiński [2005], inną ważną przyczyną zakwaszenia gleb jest występowanie na większości obszaru kraju gleb wytworzonych z kwaśnych skał osadowych, w których następowało intensywne wymywanie kationów zasadowych. Duży wpływ na zakwaszenie mają również rośliny, które zubożają glebę, pobierając z niej niezbędne do wzrostu i rozwoju pierwiastki, w tym kationy zasadowe (Ca^{2+} i Mg^{2+}). Oprócz czynników naturalnych nie mniej ważne są tzw. czynniki antropogeniczne, do których należą: stosowanie nawozów azotowych typu amonowego i nawozów potasowych typu chlorkowego, zanieczyszczenie powietrza i depozycja związków siarki i azotu (w postaci kwaśnych opadów mokrych lub suchych). Szczególną rolę w procesie zakwaszenia odgrywa niedostosowanie dawek nawozów fizjologicznie kwaśnych do faktycznych potrzeb nawozowych roślin. Zabiegiem ograniczającym niepożądane skutki zakwaszenia gleb jest wapnowanie, ale zastosowane w nieodpowiednim czasie może przyczynić się do unieruchamiania fosforu w glebie, ograniczając jego dostępność dla roślin [Addiscott i Thomas 2000, Tkaczyk 2002a]. Fosfor zastosowany w nawozach, a niepobrany przez rośliny może ulegać wymywaniu, erozji lub unieruchamianiu w glebie. Pierwszy z tych procesów w większości

gleb jest znikomy i nie ma znaczenia, drugi proces może odgrywać rolę jedynie w glebach narażonych na erozję, co powoduje, że związki fosforu mogą być zmywane z powierzchni gleby. Natomiast unieruchamianie fosforu w glebie jest główną przyczyną ograniczającą jego dostępność dla roślin [Addiscott i Thomas 2000, Tkaczyk 2002a]. Niska koncentracja fosforanów w roztworze glebowym spowodowana jest przemianami związków i form fosforu w glebie, o których decydują procesy adsorpcji, strącania, rozpuszczania oraz immobilizacji biologicznej [Mengel 1992]. W glebach o niskim i bardzo niskim pH ok. 70% fosforu pochodzącego z nawozów fosforowych ulega przekształceniu w formy nieprzyswajalne dla roślin. Zastosowanie wapnowania również może istotnie zmniejszyć dostępność fosforu w glebie [Łabętowicz i in. 1998, Tkaczyk 2002b]. Fosfor pochodzący z nawozów mineralnych jest w niewielkim stopniu wykorzystywany przez rośliny. Przy optymalnym pH gleby wykorzystanie tego składnika wynosi od 10 do 30% w pierwszym roku po zastosowaniu i około 10% w latach następnych [Mengel 1996, Tkaczyk 2002b].

Często drugim w kolejności po zakwaszeniu gleby czynnikiem decydującym o żyzności gleby jest jej zasobność w przyswajalne formy potasu. Składnik ten nie tworzy związków organicznych w glebie i występuje tylko w formie mineralnej. Zawartość jego uzależniona jest od składu mineralogicznego gleby i zawartości utworów koloidalnych oraz pylastych. Najwięcej potasu występuje w glebach o dużej pojemności sorpcyjnej, dlatego też gleby ciężkie, o dużej zawartości frakcji ilastej, charakteryzują się największą zasobnością w ten pierwiastek [Fotyma i Gosek 2000].

Magnez, ze względu na bardzo liczne funkcje, jakie spełnia w organizmach żywych, jest pierwiastkiem zaliczanym do „metali życia”. Niedobory magnezu w glebie, a w następstwie w pożywieniu, są przyczyną wielu schorzeń. Deficyt magnezowy w glebach jest często skutkiem wynoszenia tego pierwiastka z plonem roślin przy niedostatecznym nawożeniu magnezem. Oprócz tego na skutek opadów magnez może być wypłukiwany z warstwy ornej do podglebia. Zawartość Mg w glebie w głównej mierze związana jest z jej składem granulometrycznym. Wysoką zasobnością w ten pierwiastek charakteryzują się gleby ciężkie (ilaste, gliniaste i lessowe), natomiast gleby lekkie (piaszczyste) odznaczają się niskimi zawartościami tego składnika [Filipek 1998, Tkaczyk 1998, Filipek i in. 2006, Tkaczyk i Bednarek 2011, Filipek i Skowrońska 2013].

Celem pracy była analiza wyników badań odczynu gleb i ich zasobności w przyswajalne dla roślin formy składników pokarmowych (P, K, Mg) w latach 2012 oraz 2016 na obszarze Lubelszczyzny.

MATERIAŁ I METODY

Obszar przeprowadzonych badań obejmował nizinne i wyżynne tereny Lubelszczyzny (1,61 mln ha użytków rolnych), administracyjnie powiaty: bialski, biłgorajski, chełmski, hrubieszowski, krasnostawski, kraśnicki, lubartowski, lubelski, łączyński, opolski, parczewski, puławski, radzyński, rycki, świdnicki, tomaszowski, włodawski, zamojski. Na wyznaczonym terenie badanego obszaru wytypowano punkty równomiernie pokrywające powierzchnię. Punkty te rozmieszczano w wytypowanych gospodarstwach położonych na glebach z każdej kategorii agronomicznej: gleby bardzo lekkie (<10% frakcji o średnicy < 0,02 mm), lekkie (11–20% frakcji < 0,02 mm), średnie

(21–35% frakcji < 0,02 mm) i ciężkie (>35% frakcji o średnicy < 0,02 mm) [IUNG 1990]. W roku 2012 oraz 2016 w tych samych punktach pobrano próbki glebowe.

Punkty typowano w taki sposób, aby zapewnić reprezentatywność warunków glebowych dla poszczególnych powiatów. Jeżeli na badanym obszarze kategoria gleby występowała w ilości mniejszej niż 10% powierzchni użytków rolnych – wówczas na takiej glebie punktów nie wyznaczano. Spośród wytypowanych miejsc pobierania próbek glebowych 22% rozmieszczono na użytkach zielonych, a 78% na gruntach ornych. Na badanym obszarze wyznaczono 318 punktów pobierania próbek glebowych do oznaczenia odczynu oraz zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu, z czego 249 wyznaczono na gruntach ornych, 69 na użytkach zielonych. Zarówno grunty orne, jak i użytki zielone stanowiły gleby mineralne (45 na glebach bardzo lekkich, 103 na lekkich, 101 na średnich i 69 na ciężkich). Powiat bialski – 38 punktów (grunty orne 27/ użytki zielone 11), biłgorajski – 22 (17/5), chełmski – 21 (14/7), hrubieszowski – 12 (9/3), krasnostawski – 12 (11/1), kraśnicki – 8 (7/1), lubartowski – 28 (22/6), lubelski – 34 (29/5), łączyński – 9 (6/3), opolski – 8 (7/1), parczewski 12 – (9/3), puławski – 15 (13/2), radzyński – 21 (17/4), rycki – 13 (11/2), świdnicki – 8 (7/1), tomaszowski – 17 (13/4), włodawski – 13 (8/5), zamojski – 27 (22/5).

Wielkość pobranej próbki laboratoryjnej z warstwy ornej (0–20 cm) wynosiła ok. 500 g, do pobrania próbek wykorzystano laski Egnera. Próbkę gleb pobierane były zgodnie z normą PN-R-04031:1997, według której jedna próbka może reprezentować powierzchnię nie większą niż 4 ha. Analizy chemiczne wykonano w akredytowanym laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Lublinie. W pobranych próbkach glebowych oznaczono skład granulometryczny metodą laserową, aparatem Malvern Mastersizer 2000, pH w 1 mol KCl dm⁻³ [PN-ISO 10390:1997], fosfor i potas przyswajalny metodą Egnera-Riehma (DL) [PN-R-04023:1996, PN-R-04022:1996/Az1:2002], magnez przyswajalny po ekstrakcji z gleby 0,0125 mol CaCl₂ dm⁻³ i oznaczeniu zawartości tego pierwiastka metodą ASA [PN-R-04020:1994/Az1:2004]. Uzyskane wyniki badań oceniono na podstawie liczb granicznych obowiązujących w Polsce [IUNG 1990].

WYNIKI I DYSKUSJA

W wyznaczonych punktach poboru próbek glebowych największy udział gleb, wg kategorii agronomicznej, bardzo lekkich i lekkich odnotowano w powiatach ryckim, bialskim i włodawskim, najmniej w powiecie zamojskim i lubelskim (tab. 1). Najwięcej gleb średnich występowało w powiecie świdnickim (62,5%), łączyńskim, tomaszowskim i zamojskim (44,4%), najmniej w powiecie bialskim (11,4%), nieco więcej w kraśnickim (12,5%), lubartowskim (15,4%), ryckim (15,4%) i włodawskim (16,7%). W powiatach kraśnickim (75%), hrubieszowskim, zamojskim i lubelskim (ok. 50%) odnotowano gleby ciężkie. Spośród wszystkich wyznaczonych punktów największy udział miały gleby lekkie i średnie (31%). Natomiast udział gleb ciężkich wynosił 23%, a bardzo lekkich 14%.

W 2012 roku największym udziałem punktów pomiarowych z glebami kwaśnymi i bardzo kwaśnymi charakteryzowały się powiaty: rycki (69,2%), lubartowski (61,5%) oraz włodawski (58,3%). Stwierdzono również wzrost udziału gleb zakwaszonych

w powiecie ryckim (wzrost o 7,7 p.p. w roku 2016). Istotny wzrost zakwaszenia w roku 2016, w porównaniu z rokiem 2012, odnotowano także w powiecie biłgorajskim (wzrost o 18,1 p.p., z 36,4% do 54,5%). W powiecie świdnickim w 2012 r. nie odnotowano gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych, natomiast najmniejszym udziałem punktów z takimi glebami charakteryzowały się powiaty chełmski (15,8%) oraz tomaszowski (17,7%). Natomiast w powiecie łączyńskim i lubelskim obserwowano zmniejszenie udziału gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych w roku 2016 w porównaniu z rokiem 2012 o odpowiednio 22,3 p.p. i 20,7 p.p. (tab. 2). W badanych punktach procentowy udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych zmniejszył się w roku 2016 z 38,7% do 33,2% na korzyść gleb lekko kwaśnych, których udział wzrósł o 3,3 p.p. (z 28,4 do 31,7%) w stosunku do roku 2012. Udział gleb obojętnych i zasadowych był na podobnym poziomie w obu terminach prowadzenia badań i wynosił 32,9 i 35,1% w 2016 roku. Jak podaje Lipiński [2005], wpływ na zakwaszenie mają: duży udział gleb bardzo lekkich i lekkich, co sprzyja wypłukiwaniu wapnia (Ca^{2+}) i magnezu (Mg^{2+}), oraz rośliny, które zubożają glebę, pobierając z niej niezbędne do wzrostu i rozwoju pierwiastki, w tym kationy zasadowe (Ca^{2+} i Mg^{2+}). Kolejnym czynnikiem jest stosowanie przez rolników nawozów azotowych typu amonowego i nawozów potasowych typu chlorkowego, a w szczególności niedostosowanie dawek nawozów fizjologicznie kwaśnych do faktycznych potrzeb nawozowych roślin.

Tabela 1. Procentowy udział gleb czterech kategorii agronomicznych w badanych powiatach
Table 1. Percentage share of four soil agronomic categories in the surveyed districts

Powiat District	Kategoria agronomiczna gleb			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
Biański	28,6	57,1	11,4	2,9
Biłgorajski	13,6	27,3	36,4	22,7
Chełmski	15,8	47,3	21,1	15,8
Hrubieszowski	0,0	16,7	33,3	50,0
Krasnostawski	0,0	25,0	41,7	33,3
Kraśnicki	0,0	12,5	12,5	75,0
Lubartowski	15,4	65,4	15,4	3,8
Lubelski	0,0	8,8	44,1	47,1
Łęczyński	0,0	33,4	44,4	22,2
Opolski	14,2	28,6	28,6	28,6
Parczewski	25,0	50,0	25,0	0,0
Puławski	26,6	26,7	46,7	0,0
Radzyński	10,0	55,0	35,0	0,0
Rycki	46,1	38,5	15,4	0,0
Świdnicki	0,0	0,0	62,5	37,5
Tomaszowski	0,0	33,4	44,4	22,2
Włodawski	41,6	41,7	16,7	0,0
Zamojski	7,4	0,0	44,4	48,2

Tabela 2. Procentowy udział gleb o różnej klasie odczynu w roku 2012 oraz 2016 w badanych powiatach

Table 2. Percentage share of soils with different reaction class in 2012 and 2016 in the surveyed districts

Powiat District	Klasa odczynu gleby – Soil pH class									
	bardzo kwaśny very acidic		kwaśny acidic		lekko kwaśny slightly acidic		obojętny neutral		zasadowy alkaline	
	2012	2016	2012	2016	2012	2016	2012	2016	2012	2016
Bialski	14,2	7,9	34,3	26,3	25,7	34,2	22,9	26,3	2,9	5,3
Biłgorajski	4,5	18,1	31,9	36,4	18,2	22,7	22,7	18,2	22,7	4,6
Chełmski	5,3	0,0	10,5	23,8	31,6	14,3	26,3	23,8	26,3	38,1
Hrubieszowski	0,0	0,0	25,0	0,0	8,3	33,3	41,7	50,0	25,0	16,7
Krasnostawski	0,0	0,0	25,0	25,0	16,7	25,0	33,3	41,7	25,0	8,3
Kraśnicki	12,5	12,5	25,0	12,5	0,0	25,0	62,5	37,5	0,0	12,5
Lubartowski	26,9	21,4	34,6	28,6	30,8	42,9	7,7	7,1	0,0	0,0
Lubelski	2,9	0,0	35,4	17,6	23,5	41,2	29,4	29,4	8,8	11,8
Łęczyński	0,0	0,0	33,4	11,1	22,2	11,1	11,1	22,2	33,3	55,6
Opolski	0,0	0,0	28,6	25,0	57,1	62,5	0,0	0,0	14,3	12,5
Parczewski	16,7	8,3	16,7	33,4	58,3	50,0	8,3	8,3	0,0	0,0
Puławski	20,0	20,0	46,7	26,6	13,3	26,7	13,3	26,7	6,7	0,0
Radzyński	25,0	0,0	40,0	52,3	20,0	38,1	15,0	4,8	0,0	4,8
Rycki	38,5	30,8	30,7	46,1	23,1	23,1	7,7	0,0	0,0	0,0
Świdnicki	0,0	0,0	0,0	12,5	62,5	50,0	25,0	37,5	12,5	0,0
Tomaszowski	0,0	0,0	17,7	29,3	35,3	17,7	23,5	35,3	23,5	17,7
Włodawski	16,6	0,0	41,7	46,1	41,7	23,1	0,0	30,8	0,0	0,0
Zamojski	18,6	11,2	18,5	14,8	22,2	29,6	33,3	37,0	7,4	7,4

Zabiegiem ograniczającym niepożądane skutki zakwaszenia gleb jest wapnowanie. W 2012 r. 36% badanych gleb charakteryzowało się bardzo dużymi potrzebami wapnowania (potrzebne i konieczne wapnowanie) – tab. 3. W roku 2016 stan ten poprawił się tylko o 5 p.p., udział gleb o dużych potrzebach wapnowania zmniejszył się do 31,9%. W 2012 r. 50% gleb miało ograniczone lub zbędne potrzeby wapnowania, natomiast po 4 latach użytkowania udział tych gleb był na tym samym poziomie. Analizując dane z roku 2012 i 2016, obserwujemy, iż udział gleb o najwyższych potrzebach wapnowania (wapnowanie konieczne i potrzebne) zwiększył się w powiecie biłgorajskim (z 27,3% do 50%), tj. aż o 22,7 p.p., natomiast w krasnostawskim o 16,8 p.p., opolskim o 14,3 p.p., tomaszowskim o 11,7 p.p., chełmskim o 5,3 p.p. W pozostałych powiatach, w obu badanych latach, udział gleb o wysokich potrzebach wapnowania był na podobnym poziomie. Odnotowano zmniejszenie ich udziału w roku 2016 o 41,7 p.p. (z 50% do 8,3%)

w powiecie parczewskim, o 30,8 p.p. w ryckim (z 69,2 do 38,4%), łączyńskim o 22,3 p.p., radzyńskim o 20 p.p. (tab. 2). Jak podają Lipiński i Igras [2006], stosowanie dawek nieprzekraczających $100 \text{ kg CaO (ha} \cdot \text{rok)}^{-1}$ dalece odbiega od faktycznych potrzeb, a w wielu przypadkach dawki te nie pokrywają nawet naturalnego wymycia wapnia z gleby. Lipiński [2019] stwierdził, że w ostatnich latach zużycie wapna wynosiło $70 \text{ kg CaO (ha} \cdot \text{rok)}^{-1}$. Filipek i in. [2006] uważają, że do uregulowania odczynu gleb ornych konieczne jest dostarczenie rolnictwu co najmniej 16 mln t CaO w czasie nie dłuższym niż 6 do 8 lat. Zaniechanie wapnowania, a przez to wydłużenie tego okresu prowadzić będzie do dalszego zakwaszania gleb. W kolejnych latach procesy zakwaszenia będą niwelować skutki wapnowania. Przeciwdziałać tym negatywnym skutkom można jedynie przez regularne wapnowanie gleby do poziomu optymalnego dla danego gatunku roślin. Malec i Borowski [2017] w swoich badaniach potwierdzają potrzebę prowadzenia programów wapnowania i wskazują, że zakwaszenie jest istotnym czynnikiem jakości gleb.

Tabela 3. Procentowy udział gleb o różnych potrzebach wapnowania w roku 2012 oraz 2016 w badanych powiatach
Table 3. Percentage share of soils with different needs of soil liming in 2012 and 2016 in the surveyed districts

Powiat District	Potrzeby wapnowania – Liming needs									
	konieczne indispensable		potrzebne necessary		wskazane advisable		ograniczone limited		zbędne unnecessary	
	2012	2016	2012	2016	2012	2016	2012	2016	2012	2016
Bialski	14,3	11,4	11,4	11,4	22,9	5,8	5,7	14,3	45,7	57,1
Biłgorajski	9,1	31,8	18,2	18,2	18,2	22,7	4,5	9,1	50	18,2
Chełmski	5,2	15,8	5,3	0,0	5,3	10,5	15,8	5,3	68,4	68,4
Hrubieszowski	8,4	0,0	25,0	16,7	0,0	8,3	8,3	16,7	58,3	58,3
Krasnostawski	8,3	8,4	8,3	25,0	16,7	8,3	16,7	33,3	50,0	25,0
Kraśnicki	37,5	25,0	0,0	12,5	0,0	12,5	25,0	12,5	37,5	37,5
Lubartowski	26,9	23,1	23,1	23,1	19,2	15,3	15,4	15,4	15,4	23,1
Lubelski	26,5	17,6	2,8	11,8	26,5	23,5	11,8	14,7	32,4	32,4
Łęczyński	22,3	11,1	22,2	11,1	0,0	0,0	11,1	22,2	44,4	55,6
Opolski	0,0	14,2	28,6	28,6	28,6	14,3	28,6	28,6	14,3	14,3
Parczewski	16,7	0,0	33,3	8,3	16,7	50,0	8,3	16,7	25,0	25,0
Puławski	26,6	20,0	26,7	33,3	6,7	13,3	20,0	13,3	20,0	20,0
Radzyński	25,0	20,1	25,0	10,0	15,0	30,0	15,0	25,0	20,0	15,0
Rycki	30,7	15,3	38,5	23,1	7,7	38,5	0,0	7,7	23,1	15,4
Świdnicki	12,5	12,5	0,0	0,0	12,5	50,0	50,0	25,0	25,0	12,5
Tomaszowski	17,6	29,3	11,8	11,8	17,7	5,9	0,0	11,8	52,9	41,2
Włodawski	8,3	8,3	25,0	8,3	25,0	16,7	25,0	16,7	16,7	50,0
Zamojski	29,7	14,9	18,5	25,9	7,4	14,8	7,4	18,5	37,0	25,9

Tabela 4. Procentowy udział gleb o różnej klasie zasobności w fosfor w roku 2012 oraz 2016 w badanych powiatach
 Table 4. Percentage share of soils with different class of phosphorus content in 2012 and 2016 in the surveyed districts

Powiat District	Klasa zasobności gleby w fosfor – Soil phosphorus class									
	bardzo niska very low		niska low		średnia medium		wysoka high		bardzo wysoka very high	
	2012	2016	2012	2016	2012	2016	2012	2016	2012	2016
Bialski	5,7	5,3	14,3	15,8	25,7	21,1	14,3	13,1	40,0	44,7
Biłgorajski	13,7	27,3	22,7	18,2	13,6	9,1	9,1	9,1	40,9	36,3
Chełmski	5,3	4,8	36,8	33,3	15,8	14,2	15,8	19,1	26,3	28,6
Hrubieszowski	0,0	16,7	25,0	16,7	33,3	25,0	8,3	8,3	33,4	33,3
Krasnostawski	0,0	8,3	8,3	16,7	0,0	0,0	16,7	33,3	75,0	41,7
Kraśnicki	15,0	12,5	12,5	12,5	27,0	37,5	27,5	20,0	37,5	12,5
Lubartowski	7,7	17,9	34,6	25,0	11,6	10,7	26,9	21,4	19,2	25,0
Lubelski	2,9	5,9	20,6	23,5	20,6	32,4	26,5	8,8	29,4	29,4
Łęczyński	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	19,2	11,1	0,0	77,8	80,8
Opolski	14,2	12,5	42,9	37,5	14,3	12,5	0,0	25,0	28,6	12,5
Parczewski	0,0	0,0	16,7	16,7	25,0	16,7	8,3	8,3	50,0	58,3
Puławski	6,7	6,7	13,3	6,7	26,7	33,3	13,3	26,7	40,0	26,6
Radzyński	10,0	14,3	10,0	4,8	10,0	23,8	10,0	19,1	60,0	38,0
Rycki	15,3	15,3	23,1	15,4	15,4	23,1	15,4	38,5	30,8	7,7
Świdnicki	0,0	0,0	12,5	12,5	0,0	12,5	37,5	25,0	50,0	50,0
Tomaszowski	11,6	11,6	17,7	17,7	17,7	11,8	5,9	17,7	47,1	41,2
Włodawski	25,0	0,0	25,0	38,4	8,3	15,4	25,0	23,1	16,7	23,1
Zamojski	3,7	11,1	11,1	18,6	11,1	11,1	11,1	14,8	63,0	44,4

W glebach silnie zakwaszonych obserwujemy bardzo niską zawartość rozpuszczalnych form takich składników pokarmowych jak magnez, fosfor, i potas. Udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zasobności w fosfor przyswajalny wyniósł w 2012 roku 27%, po czterech latach użytkowania zwiększył się do 28%. Natomiast udział gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zasobności spadł z 57% do 54% w roku 2016. Różnica pomiędzy analizowanymi latami w udziale gleb o średniej zasobności w fosfor w badanych punktach wyniosła 2,4 p.p. (2012 – 15,8%, 2016 – 18,3%). Analizując zasobność gleb w fosfor w poszczególnych powiatach, największy wzrost udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości fosforu przyswajalnego w roku 2016 odnotowano w powiecie krasnostawskim (o 16,7 p.p.), następnie zamojskim (o 14,9 p.p.), biłgorajskim (o 9,1 p.p.), hrubieszowskim (o 8,4 p.p.) i lubelskim (o 5,9 p.p.). Natomiast w powiatach bialskim i lubartowskim o 1,1 i 0,6 p.p. (tab. 4). Główną przyczyną ograniczającą dostępność dla

roślin zawartego w glebie fosforu jest jego unieruchamianie [Addiscott i Thomas 2000, Tkaczyk 2002a]. Niska koncentracja fosforanów w roztworze glebowym spowodowana jest przemianami związków i form fosforu w glebie, o których decydują procesy adsorpcji, strącania, rozpuszczania oraz immobilizacji biologicznej [Mengel 1992]. W glebach o niskim i bardzo niskim pH ok. 70% fosforu pochodzącego z nawozów fosforowych ulega przekształceniu w formy nieprzyswajalne dla roślin. Zastosowanie wapnowania również istotnie zmniejsza dostępność tego pierwiastka w glebie [Łabętowicz i in. 1998, Tkaczyk 2002b].

Tabela 5. Procentowy udział gleb o różnej klasie zasobności w potas w roku 2012 oraz 2016 w badanych powiatach

Table 5. Percentage share of soils with different class of potassium content in 2012 and 2016 in the surveyed districts

Powiat District	Klasa zasobności gleb w potas Soil richness class in potassium									
	bardzo niska very low		niska low		średnia medium		wysoka high		bardzo wysoka very high	
	2012	2016	2012	2016	2012	2016	2012	2016	2012	2016
Bialski	5,7	14,3	34,3	40,0	14,3	17,1	20,0	17,1	25,7	11,5
Biłgorajski	18,2	18,2	13,6	22,7	27,3	22,7	9,1	4,5	31,8	31,9
Chełmski	15,8	26,3	36,8	26,3	10,5	21,1	21,1	15,8	15,8	10,5
Hrubieszowski	33,3	25,0	16,7	25,0	33,3	25,0	0,0	8,3	16,7	16,7
Krasnostawski	0,0	8,3	16,7	50,0	41,7	8,3	16,7	16,7	24,9	16,7
Kraśnicki	37,5	25,0	37,5	37,5	12,5	25,0	12,5	0,0	0,0	12,5
Lubartowski	11,6	26,9	50,0	34,7	19,2	19,2	11,5	15,4	7,7	3,8
Lubelski	26,5	35,3	32,4	32,4	29,4	23,5	5,9	2,9	5,9	5,9
Łęczyński	0,0	11,2	11,2	33,3	44,4	22,2	11,1	33,3	33,3	0,0
Opolski	0,0	28,6	57,1	28,5	42,9	42,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Parczewski	16,6	25,0	8,3	0,0	16,7	16,7	41,7	16,6	16,7	41,7
Puławski	6,7	6,7	40,0	26,7	26,7	33,3	13,3	6,6	13,3	26,7
Radzyński	5,0	10,0	35,0	25,0	30,0	40,0	5,0	5,0	25,0	20,0
Rycki	15,3	7,7	38,5	30,7	15,4	46,2	23,1	0,0	7,7	15,4
Świdnicki	12,5	12,5	37,5	50,0	12,5	25,0	12,5	0,0	25,0	12,5
Tomaszowski	29,4	23,4	23,5	35,3	5,9	17,7	11,8	5,9	29,4	17,7
Włodawski	25,0	33,4	33,3	33,3	16,7	0,0	16,7	25,0	8,3	8,3
Zamojski	14,8	22,3	33,3	14,8	18,5	33,3	14,8	3,7	18,5	25,9

Tabela 6. Procentowy udział gleb o różnej klasie zasobności w magnez w roku 2012 oraz 2016 w badanych powiatach

Table 6. Percentage share of soils with different class of magnesium content in 2012 and 2016 in the surveyed districts

Powiat District	Klasa zasobności gleby w magnez Soil content class in magnesium									
	bardzo niska very low		niska low		średnia medium		wysoka high		bardzo wysoka very high	
	2012	2016	2012	2016	2012	2016	2012	2016	2012	2016
Bialski	17,2	8,6	5,7	22,8	45,7	34,3	17,1	31,4	14,3	2,9
Biłgorajski	27,3	50,0	27,3	22,8	31,8	13,6	4,5	9,1	9,1	4,5
Chełmski	47,3	68,4	31,6	15,8	10,5	10,5	5,3	5,3	5,3	0,0
Hrubieszowski	0,0	16,8	33,4	33,3	33,3	33,3	25,0	8,3	8,3	8,3
Krasnostawski	50,1	41,7	25,0	33,3	8,3	25,0	16,6	0,0	0,0	0,0
Kraśnicki	50,0	75,0	37,5	12,5	0,0	12,5	0,0	0,0	12,5	0,0
Lubartowski	38,4	34,7	15,4	19,2	15,4	11,5	23,1	7,7	7,7	26,9
Lubelski	35,2	47,1	32,4	26,4	17,7	17,7	11,8	8,8	2,9	0,0
Łęczyński	22,2	22,2	22,2	44,4	33,3	33,3	22,2	0,0	0,0	0,0
Opolski	42,8	28,5	0,0	28,6	28,6	14,3	28,6	14,3	0,0	14,3
Parczewski	16,8	25,0	33,3	25,0	33,3	25,0	8,3	16,7	8,3	8,3
Puławski	20,0	13,2	40,0	46,7	20,0	26,7	13,3	6,7	6,7	6,7
Radzyński	20,0	10,0	20,0	45,0	45,0	25,0	15,0	10,0	0,0	10,0
Rycki	15,3	15,3	46,2	38,5	7,7	23,1	23,1	15,4	7,7	7,7
Świdnicki	12,5	0,0	50,0	62,5	25,0	25,0	12,5	12,5	0,0	0,0
Tomaszowski	35,2	41,2	23,5	23,5	17,7	17,7	11,8	17,6	11,8	0,0
Włodawski	16,7	25,0	25,0	16,7	33,3	50,0	25,0	8,3	0,0	0,0
Zamojski	18,6	26,0	33,3	37,0	37,0	33,3	11,1	3,7	0,0	0,0

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono (tab. 5), że udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zasobności w potas przyswajalny w 2012 roku kształtował się na poziomie 46,1%, po 4 latach użytkowania zwiększył się udział tych gleb o 4,2 p.p. Jednocześnie odnotowano spadek udziału gleb o bardzo wysokiej i wysokiej zasobności z 30,1% w roku 2012 do 25,3% w roku 2016. Analizując poszczególne punkty w powiatach, obserwujemy w analizowanym okresie największy wzrost udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej zasobności w potas w powiecie krasnostawskim (o 41,6 p.p.), następnie w łęczyńskim (o 33,3 p.p.), bialskim (o 14,3 p.p.) oraz świdnickim (o 12,5 p.p.) i biłgorajskim (o 9,1 p.p.). Natomiast udział tych gleb uległ zmniejszeniu w powiatach: ryckim (o 15,4 p.p.), puławskim (o 13,3 p.p.), kraśnickim (o 12,5 p.p.) i zamojskim (o 11,1 p.p.). Zasobność gleb w potas przyswajalny nie uległa zmianie w punktach zlokalizowanych

w powiatach: chełmskim, hrubieszowskim, lubartowskim, opolskim i parczewskim (tab. 5). Zawartość potasu uzależniona jest od składu mineralogicznego gleby i zawartości utworów koloidalnych oraz pylastych. Najwięcej potasu występuje w glebach o dużej pojemności sorpcyjnej, dlatego też gleby ciężkie, o dużej zawartości frakcji ilastej, charakteryzują się największą zasobnością w ten pierwiastek [Fotyma i Gosek 2000].

Biorąc pod uwagę zawartość magnezu w badanych glebach, odnotowano (tab. 6), że udział gleb o niskiej i bardzo niskiej zasobności w magnez przyswajalny uległ w roku 2016 zwiększeniu aż o 6,4 p.p., z 54,9 do 61,2%. Jednocześnie obserwujemy spadek o ok. 6 p.p. udziału gleb o średniej zasobności w Mg, z 20,5 do 14,7%, natomiast w przypadku gleb o wysokiej oraz bardzo wysokiej zasobności w ten składnik – spadek o 4 p.p., z 21 do 17% w roku 2016. Największy wzrost udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej zasobności w magnez (w latach 2012–2016) odnotowano w powiecie łączyńskim (wzrost o 22,2 p.p.), biłgorajskim (o 18,2 p.p.), hrubieszowskim (o 16,7 p.p.), radzyńskim (o 15 p.p.), opolskim (o 14,3 p.p.), zamojskim (o 11,1 p.p.), białskim (o 8,5 p.p.), tomaszowskim i lubelskim (o 6 p.p.) oraz chełmskim (o 3 p.p.). Jednocześnie w powiatach krasnostawskim, kraśnickim, parczewskim, puławskim, świdnickim i włodawskim zasobność w ten makroelement nie uległa zmianie. Natomiast w powiecie ryckim udział gleb zasobnych w magnez zwiększył się o 7,7 p.p. w 2016 roku w stosunku do roku 2012. Jak podają Filipek [1998], Tkaczyk [1998], Filipek i in. [2006], Tkaczyk i Bednarek [2011] oraz Filipek i Skowrońska [2013], przyczyną deficytu magnezu w glebach jest duże pobranie z plonem roślin przy niedostatecznym nawożeniu magnezem.

Jak podają Kopiński i in. [2013], ograniczenia w produkcji roślinnej wynikają z nieuregulowanego odczynu gleb oraz strat składników nawozowych z nawozów mineralnych i naturalnych (ok. 37 kg NPK · ha⁻¹ UR), a największe możliwości poprawy tego stanu istnieją głównie w zakresie regulacji odczynu gleb.

WNIOSKI

1. W wyznaczonych i badanych punktach stwierdza się, że jedynie w pięciu powiatach (biłgorajski, parczewski, rycki, świdnicki, tomaszowski) nastąpił wzrost udziału gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych w roku 2016, w porównaniu z rokiem 2012. W pozostałych powiatach udział ten zmniejszył się lub pozostał bez zmian. Zmniejszenie się udziału gleb o odczynie kwaśnym z 38,7% w roku 2012 do 33,2% w roku 2016 jest wskaźnikiem świadczącym o poprawie warunków uprawy i wzroście potencjału plonotwórczego badanych gleb.

2. Pomimo odnotowanej poprawy odczynu gleby pomiędzy rokiem 2012 a 2016 udział gleb wymagających koniecznego lub potrzebnego wapnowania spadł jedynie o 4 p.p., z 36% w roku 2012 do 31,9% w roku 2016. Jednocześnie udział gleb o ograniczonych lub zbędnych potrzebach wapnowania był podobny w obu latach badań (50%).

3. Stwierdzono, że zasobność gleby w przyswajalne formy badanych makroelementów (P, K, Mg) zmniejszyła się w roku 2016 w porównaniu z rokiem 2012. Wzrost udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej zasobności w roku 2016 był różny w zależności od pierwiastka i wynosił: 1 p.p. dla fosforu (wzrost z 27% w roku 2012 do 28% w roku 2016), 4,3 p.p. dla potasu (46,1% – 2012, 50,4% – 2016), 6,4 p.p. dla magnezu (54,9% – 2012, 61,3% – 2016).

4. Stwierdzony wzrost udziału gleb o niskiej i bardzo niskiej zasobności w makroelementy (P, K, Mg) w roku 2016, w porównaniu z rokiem 2012, świadczy o konieczności wprowadzenia zrównoważonego nawożenia tymi składnikami, uwzględniającego zasobność gleby w wymienione pierwiastki oraz potrzeby pokarmowe uprawianych roślin.

5. Regulacja odczynu gleb poprzez wapnowanie w dawkach wynikających z potrzeb wapnowania przyczyni się do zmniejszenia strat składników nawozowych (P, K, Mg), a także do większego ich wykorzystania przez rośliny uprawne.

PIŚMIENNICTWO

- Addiscott T.M., Thomas D., 2000. Tillage mineralization and leaching phosphate. *Soil Till. Res.* 53, 255–273.
- IUNG, 1990. Zalecenia nawozowe. Cz. 1. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. *Materiały szkoleniowe* 44, 1–26.
- Filipek T., 1998. Dynamika antropogenicznych przyczyn oraz skutków zakwaszenia gleb w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 456, 7–12.
- Filipek T., Fotyma M., Lipiński W., 2006. Stan, przyczyny i skutki zakwaszenia gleb ornych w Polsce. *Nawozy Nawoż.* 2(27), 7–38.
- Filipek T., Skowrońska M., 2013. Current dominant causes and effects of acidification of soils under agricultural use in Poland. *Acta Agrophys.* 20(2), 283–294.
- Fotyma M., 2007. Content of potassium in different forms in the soils of southeast Poland. *Pol. J. Soil Sci.* 40(1), 19–32.
- Fotyma M., Gosek S., 2000. Zmiany w zużyciu nawozów potasowych i ich konsekwencje dla żyzności gleby i poziomu produkcji roślinnej w Polsce. *Nawozy Nawoż.* 2, 1–55.
- Fotyma M., Gosek S., Lipiński W., 2006. Potassium forms in soils of Southeast Poland. *Nawozy Nawoż.* 1(26), 57–70.
- Jakubus M., 2000. The abundance in sulphur of arable light and very light soils of former Poznań region. *Folia Agric. Stetin.* 204, *Agricultura* 81, 83–90.
- Kaniuczak J., 1998. Macronutrients in loessial soils of Podgórze Rzeszowskie depending on soil management. Part II. Total and available potassium contents. *Zesz. Nauk. AR Krak., Sesja naukowa* 54(2), 407–410.
- Kopiński J., Nieróbca A., Ochal P., 2013. Ocena wpływu warunków pogodowych i zakwaszenia gleb w Polsce na kształtowanie produkcji roślinnej. *Woda, Śr., Obsz. Wiej.* 13, 2(42), 53–63.
- Kozłowska-Strawska J., Kaczor A., 2004. The influence of plants fertilization by different sulphur compounds on the sulphur sulphate content in soil. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 59(2), 515–520.
- Lipiński W., 2000. Odczyn i zasobność gleb w świetle badań stacji chemiczno-rolniczych. *Nawozy Nawoż.* 3(4), 89–105.
- Lipiński W., 2005. Soil reactions pH in Poland. *Nawozy Nawoż.* 2(23), 33–40.
- Lipiński W., 2019. Agrochemiczne właściwości gleb użytkowanych rolniczo. *Inż. Ekol.* 20(1), 1–12. <https://doi.org/10.12912/23920629/106202>
- Lipiński W., Bednarek W., 1998a. Estimation of abundance of available magnesium in Lublin region soil. *PTMag. Oddz. w Lublinie*, 100–107.
- Lipiński W., Bednarek W., 1998b. Occurrence of readily soluble forms of metals in the soils of Lublin regions depending on soil reaction and granulometric composition. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 456, 399–404.
- Lipiński W., Igras J., 2006. Zmiany odczynu gleb Polski. *Bibl. Fragm. Agron.* 10, 51–54.

- Łabętowicz J., Korc M., Gutowska A., 1998. Ocena skutków niezrównoważonego nawożenia dla zasobów fosforu glebowego w trwałym doświadczeniu nawozowym. *Prac. Nauk. Akad. Ekon. Wrocł. Chemia. Związki fosforu w chemii, rolnictwie i medycynie* 792, 259–267.
- Malec A., Borowski G., 2017. Ocena zanieczyszczenia gleb na Lubelszczyźnie na podstawie badań monitoringowych. *Inż. Ekol.* 18(5), 135–146. <https://doi.org/10.12912/23920629/76781>
- Mengel K., 1992. Phosphate dynamics in soil and fertilizer efficiency. 4th Inter IMPHOS Conference, Phosphorus, live and environment. From Research to application Gand, Belgue, 8–11 September 1992, 504–518.
- Mengel K., 1996. Efficiency use of soil and fertilizer phosphate. European Society for Agronomy. 4th ESA-congress, Veidhoven–Wageningen. Books of abstracts 1, 286–287.
- PN-ISO 10390:1997. Jakość gleby – oznaczanie pH. PKN, Warszawa.
- PN-R-04020:1994/Az1. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego magnezu. PKN, Warszawa.
- PN-R-04022:1996/Az1. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego potasu w glebach mineralnych. PKN, Warszawa.
- PN-R-04023:1996. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych. PKN, Warszawa.
- PN-R-04031:1997P. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Pobieranie próbek. PKN, Warszawa.
- Tkaczyk P., 1998. Magnez – pierwiastkiem życia. *Rolnik* 9(125), 7–8.
- Tkaczyk P., 2002a. Efekty wapnowania, nawożenia azotem i fosforem gleby bardzo kwaśnej. Cz. I. Mineralne frakcje i ruchome formy fosforu. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 1(2), 43–55.
- Tkaczyk P., 2002b. Efekty wapnowania, nawożenia azotem i fosforem gleby bardzo kwaśnej. Cz. II. Pobranie oraz wykorzystanie fosforu przez jęczmień jary. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 1(2), 57–72.
- Tkaczyk P., Bednarek W., 2011. Ocena odczynu gleb Lubelszczyzny. *Acta Agrophys.* 18(1), 173–186.

Źródło finansowania badań: Badania zostały przeprowadzone w ramach monitoringu „Ocena zasobność gleb w użytkowanych rolniczo w fosfor przyswajalny oraz tworzenie i prowadzenie baz danych zasobności, 2003–2016 r.”. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Krajowa Stacja Chemiczno-Rolniczej w Warszawie.

Summary. Results were obtained on the basis of environmental tests carried out in 2012 and 2016. Three hundred and eighteen soil sampling points were designated in the studied area, of which 249 on arable land and 69 on grassland (45 on very light soils, 103 on light soils, 101 on medium and 69 on heavy soils). In the collected soil samples, the granulometric composition was determined by laser method, pH in 1 mol KCl dm⁻³, available phosphorus and potassium by Egner-Riehm (DL) method, available magnesium after extraction from the soil using 0.0125 mol CaCl₂ dm⁻³. The obtained results were evaluated on the basis of limit numbers being in force in Poland. It was found that in five districts (Biłgoraj, Parczew, Ryki, Świdnik, Tomaszów Lubelski), there was an increase in the share of acidic and very acidic soils in 2016, as compared to 2012. In other districts, this share decreased or remained unchanged. Despite the noted improvement in soil reaction between 2012 and 2016, the share of soils requiring necessary or needed liming decreased by only 4 p.p. from 36% in 2012 to 31,9% in 2016. At the same time, the share of soils with limited or unnecessary liming needs was similar in both research years (50%). The soil abundance in available forms of the studied macroelements (P, K, Mg) decreased in 2016 as compared to 2012. The increase in the share of soils with very low and low abundance in 2016 varied depending on the element and amounted to: 1 p.p. for phosphorus (increase from 27% in 2012 to 28% in 2016), 4.3 p.p. for potassium (46.1% – 2012, 50.4% – 2016), 6.4 p.p. for magnesium (54.9% – 2012,

61.3% – 2016). The increase in the share of soils with low and very low abundance in macroelements (P, K, Mg) in 2016 (compared to 2012) proves the need to introduce balanced fertilization with these components, taking into account the soil abundance and nutritional needs of cultivated plants.

Key words: pH, soil reaction, phosphorus, potassium, magnesium

Otrzymano – Received: 4.09.2019

Zaakceptowano – Accepted: 27.04.2020