

EFEKTYWNOŚĆ WAPNOWANIA ORAZ NAWOŻENIA GLEB LEKKICH-KWAŚNYCH A PLONOWANIE ROŚLIN I WYBRANE WSKAŹNIKI ŻYZNOŚCI GLEBY*

ANNA KOCOŃ¹

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

Synopsis. Badania dotyczące oceny wpływu zróżnicowanego wapnowania i nawożenia P, K, Mg oraz mikroelementami gleb lekkich – kwaśnych na plonowanie wybranych roślin oraz poprawę niektórych wskaźników żyzności gleby, przeprowadzono w ramach 2-letniego doświadczenia wazonowego w hali wegetacyjnej IUNG-PIB w Puławach. Do badań wykorzystano glebę lekką, kwaśną (o pH 4,4) o niskiej zasobności w przyswajalny P, K i Mg. W badaniach uwzględniono 3 rośliny doświadczalne: kukurydzę, koniczynę czerwoną oraz rzepak ozimy (wysiewany po gorczycy). Dla wszystkich roślin doświadczalnych stosowano jednakowe 3 poziomy wapnowania (wg 0,5; 1,0 oraz 2,0 kwasowości Hh) nawożenia P, K i Mg oraz mikroelementów. Efektywność wapnowania i nawożenia porównywano z obiektami kontrolnymi, bez wapnowania i nawożenia w/w składnikami pokarmowymi. Nawożenie azotem było jednakowe dla gatunku rośliny we wszystkich obiektach nawozowych. Uzyskany plon badanych roślin wskazuje na dużą efektywność wapnowania i zastosowanego nawożenia. Spośród uprawianych roślin najlepiej reagowała kukurydza, w obiektach z najwyższym nawożeniem, gdzie uzyskano około 7 krotnie większy plon w stosunku do kontroli. Koniczyna i rzepak również najlepiej plonowały w obiektach z najwyższym nawożeniem, przy czym plon tych roślin był około 3-krotnie większy od obiektów kontrolnych. Wyniki analiz podłoża po zbiorze roślin, świadczą o tym, że zastosowane wapnowanie i nawożenie mineralne korzystnie wpływało na wzrost odczynu gleby oraz poprawę zasobności gleby w fosfor i magnez.

Słowa kluczowe: gleby lekkie kwaśne, wapnowanie, nawożenie, plon roślin, żyzność gleby

WSTĘP

Gleby bardzo kwaśne i kwaśne w Polsce stanowią ponad 50% użytków rolnych [Lipiński 2005], co jest bardzo niekorzystne z punktu widzenia plonowania większości roślin uprawnych, które w Polsce w stosunku do ich genetycznych i potencjalnych możliwości są niskie, a największe spadki plonu notuje się na glebach lekkich, kwaśnych o niskim odczynie gleby [Mercik i Sas 1998, Stuczyński i in. 2006]. Wiadomo, że dostępność składników pokarmowych w glebie a tym samym efektywność nawożenia, pobierania składników pokarmowych przez rośliny zależy w dużym stopniu od odczynu gleby [Bednarek i Lipiński 1996, Gorlach i Curyło 1990]. Najodpowiedniejszym dla wzrostu, rozwoju i plonowania, dla większości gatunków uprawnych roślin w Polsce, jest odczyn gleby lekko kwaśny do zasadowego, w przedziale wartości 5,6–7,0 pH. Dla pH niższego od 4,8 występują zakłócenia w pobieraniu składników mineralnych przez rośliny i pojawia się ryzyko uruchomienia rozpuszczalnych form glinu, zmniejsza się także pobranie składników nawozowych przez rośliny, a niektóre z nich jak azot w wyniku

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* akocon@iung.pulawy.pl

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB

wymywania w większych ilościach przedostają się do wód gruntowych [Bednarek i Lipiński 1995, Kaczor 1998, Kinraide 1991, Ma i in. 2001].

Tymczasem zużycie wapna w Polsce w ostatnich latach drastycznie spadło i wynosi obecnie około 37 kg CaO na hektar na rok, przy czym na glebach najsłabszych – lekkich i kwaśnych z reguły jest o wiele gorzej, gdyż tu notuje się największy spadek nawożenia wapniem [Jadczyszyn i Ochal 2013]. Ograniczenie czy brak wapnowania szczególnie tych gleb jest zjawiskiem bardzo niekorzystnym z rolniczego, jak i ekologicznego punktu widzenia. Utrzymywanie w dłuższym przedziale czasowym bardzo kwaśnego odczynu gleb lekkich prowadzi do dalszej ich degradacji, zmniejszania ich produktywności i żyzności, minimalizacji produkcji rolniczej i ujemnego oddziaływania rolnictwa na środowisko [Filipek i in. 2006, Kopiński i in. 2013]. Nie zawsze można takie gleby wyłączyć z rolniczego użytkowania np. poprzez przeznaczenie ich do zalesiania. Stąd też, w przypadku ich rolniczego wykorzystania, należy podkreślać jak ważne jest ich wapnowanie oraz nawożenie fosforem, potasem oraz magnezem czy też mikroelementami, a nie tylko azotem, gdyż gleby te, oprócz niskiego pH gleby charakteryzują się, na ogół, niskimi zasobnościami w przyswajalny potas, fosfor i magnez [Filipek i in. 2006].

Celem przeprowadzonych badań była ocena efektywności nawożenia mineralnego (wapnowania i nawożenia mineralnego) kwaśnych gleb lekkich pod kątem produktywności – uzyskanej suchej masy wybranych roślin, pobrania przez nie składników pokarmowych oraz poprawy niektórych wskaźników żyzności gleby.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia wazonowe ze zróżnicowanymi poziomami nawożenia wapnem oraz nawozami P, K, Mg i mikroelementami prowadzono w latach 2008 i 2009, w Stacji Doświadczalnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach (5°25' N, 21°58' E). W doświadczeniu wykorzystano w wazonach Mitscherlicha mieszczące 7 kg gleby. Podłożem użytym w doświadczeniu była gleba kwaśna – piasek luźny, która charakteryzowała się niską zasobnością w przyswajalny P, K i Mg (tab. 1).

Tabela 1. Wybrane właściwości gleby doświadczalnej

Table 1. Some properties of experimental soil

Gleba Soil	pH KCl	Hh – kwasowość hydrolityczna hydrolytic acidity	N ogólny Total nitrogen (%)	C _{org.} (%)	Zawartość mg·kg ⁻¹ gleby Content in mg·kg ⁻¹ soil		
					P	K	Mg
piasek luźny drobnoziarnisty fine sand	4,42	2,70	0,03	0,66	21,8	7,5	2,0

Roślinami doświadczalnymi były trzy gatunki roślin wrażliwych na niskie pH gleby: kukurydza, koniczyna czerwona oraz rzepak ozimy (wysiewany po przedplonie – po gorczycy), dla których zastosowano jednakowe, zróżnicowane trzy poziomy nawożenia, tj. wapnowanie (wg 0,5; 1,0 oraz 2,0 kwasowości hydrolitycznej, Hh) oraz nawożenie P (NaH₂PO₄·H₂O), K (K₂SO₄) i Mg (MgSO₄·7H₂O) (tab. 2). Nawożenie mikroelementami (B, Fe, Mn, Cu, Mo) stosowano

Tabela 2. Schemat doświadczenia
Table 2. Experimental scheme

Poziomy nawożenia Fertilization level	Dawki w g na wazon Doses in g per pot				Mikroelementy; dawki w mg na wazon Micronutrients; doses in mg per pot
	CaCO ₃	P	K	Mg	B, Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Mo,
Kontrola – Control	-	-	-	-	-
I	4,4	0,175	0,260	0,210	standardowe – standard amount H ₃ BO ₃ – 5 mg; Fe(C ₆ H ₅ O ₇) x3 H ₂ O – 50 mg; Mn SO ₄ x 4H ₂ O – 7,5 mg; CuSO ₄ – 1 mg; Zn SO ₄ x 7H ₂ O – 1 mg; CoCl ₂ – 0,5 mg; (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ x 4H ₂ O – 1 mg.
II	8,8	0,350	0,520	0,420	standardowe x 2 – standard amount x 2
III	16,6	0,700	1,040	0,840	standardowe x 3 – standard amount x 3

w ilościach standardowo używanych w doświadczeniach wazonowych, odpowiednio zwiększając zawartość składników przy II i III poziomach nawożenia. Wszystkie nawozy mineralne, za wyjątkiem azotu, podawano przedsięwnie do gleby, przy zakładaniu doświadczenia, w zróżnicowanych w ilościach, w zależności od poziomu nawożenia, zgodnie ze schematem doświadczenia. Efektywność nawożenia roślin porównywano z obiektami kontrolnymi, bez wapnowania i nawożenia w/w składnikami pokarmowymi.

Nawożenie azotem było jednakowe dla gatunku rośliny, niezależnie od wariantu nawożenia i wynosiło, w przeliczeniu na wazon: 1,5 g N pod kukurydzę oraz 1,7 g N pod rzepak. Koniczynę czerwoną nie nawożono azotem mineralnym. Azot pod kukurydzę podawano w 2 dawkach: ½ dawki po wschodach i przerywkach roślin oraz ½ dawki po około miesiącu po zastosowaniu pierwszej. W odniesieniu do rzepaku: ½ dawki zastosowano jesienią po wschodach oraz ½ dawki po wiosennym ruszeniu wegetacji roślin. Azot stosowano w formie saletry amonowej (NH₄NO₃).

Doświadczenie z testowanymi roślinami założono w 2008 roku. Kukurydzę odmiany Kosmo oraz koniczynę czerwoną odmiany Dajana wysiewano w maju i prowadzono na plon główny, natomiast rzepak ozimy odmiany Ontario wysiewano po przedplonie gorczycy białej odmiany Barka, w sierpniu tego roku. Do badań używano zawsze kwalifikowany materiał siewny. Rośliny w trakcie wegetacji podlewano wodą zdemineralizowaną do optymalnej wilgotności 60% ppw. W trakcie wzrostu i rozwoju roślin, w razie potrzeby, wykonywano niezbędne opryski przeciw chorobom i szkodnikom zgodnie z obowiązującymi zaleceniami IOR w Poznaniu.

Kukurydzę jako plon główny zbierano jesienią 2008 r., w fazie wiechowania i wyrzucania kolb, a koniczynę czerwoną zbierano dwukrotnie: I – zbiór przeprowadzono jesienią 2008 a II – zbiór pod koniec maja 2009 r. Natomiast jeśli chodzi o rzepak, przedplon zbierano w sierpniu 2008, a rzepak ozimy w fazie nalewania łuszczyń w czerwcu 2009 roku. W trakcie zbioru rośliny dzielono na część nadziemną oraz korzenie i po wysuszeniu oceniano ich całkowitą suchą masę (biomasę). W zmielonym materiale roślinnym, w średnich próbkach obiektowych, w laboratorium GLACH w Puławach oznaczano zawartość wybranych makro: N, P, K, Mg i Ca. Natomiast w glebie, po zbiorach roślin również w średnich próbkach obiektowych, oznaczano następujące cechy: pH gleby w 1 mol KCl, kwasowość hydrolityczną (Hh), % N ogólnego metodą Kjeldahla, zawartość przyswajalnych form P i K metodą Egnera-Riehma oraz

Mg metodą Schachtschabela. Wyniki dotyczące plonów roślin opracowano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji oceniając istotność różnic testem Tukeya na poziomie $\alpha = 0,05$. Dane przedstawione w tabelach stanowią średnie arytmetyczne z 4 powtórzeń. Niniejsza praca stanowi fragment szerszych badań i ograniczono się w niej tylko do podania plonów biomasy roślin, pobrania składników pokarmowych oraz wybranych właściwości chemicznych podłoża, po sprzecie roślin.

WYNIKI I DYSKUSJA

Sucha masa uprawianych roślin kukurydzy, koniczyny czerwonej oraz rzepaku ozimego (wraz z gorczycą) wzrastała wraz ze wzrostem poziomu wapnowania gleby oraz nawożenia P, K, Mg i mikroelementami. Najwyższy plon biomasy roślin uzyskano przy III poziomie nawożenia, dla wszystkich testowanych roślin (tab. 3–5). Wzrost plonu roślin pod wpływem wapnowania oraz nawożenia mineralnego jest dość szeroko opisywany i dyskutowany w literaturze m.in. w pracach Bednarka i Lipińskiego [1996], Gawrońskiej-Kuleszy i Lenarta [1989], Goska [2000], Kasperczyka i in. [2005], Kulczyckiego [2006], Stypińskiego [1993] oraz Wyszynskiego i in. [2002], dlatego też zagadnienie to szerzej w niniejszej pracy nie będzie omawiane. W prowadzonych badaniach największą efektywność stosowanego nawożenia, ocenianą przyrostem biomasy w stosunku do obiektów nienawożonych, uzyskano dla kukurydzy rosnącej w obiektach z najwyższym poziomem nawożenia, w których uzyskano ponad 7-krotny przyrost suchej masy w stosunku do kontroli. Rośliny koniczyny i rzepaku (wraz z gorczycą) dały tylko około 3-krotny względny przyrost plonu w stosunku do roślin nienawożonych w/w składnikami.

Natomiast największy całkowity bezwzględny plon biomasy analizowanych roślin, w warunkach prowadzenia niniejszego doświadczenia uzyskano dla koniczyny czerwonej rosnącej

Tabela 3. Wpływ poziomu nawożenia (Ca, P, K, Mg i mikroelementów) na suchą masę roślin oraz pobranie makroelementów przez kukurydzę

Table 3. The effect of fertilization level (Ca, P, K, Mg and micronutrients) on dry matter of plant and uptake of macronutrients by maize

Poziomy nawożenia Fertilization level	Kukurydza – Maize (s.m. g na wazon – DM in g per pot)			Pobranie przez rośliny (mg·wazon ⁻¹) Uptake by plants (mg·pot ⁻¹)				
	część nadziemna aboveground part	korzenie roots	cała roślina whole plant	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola – Control	12,6 d	3,4 c	16,0 d	492	15	125	61	157
I	52,1 c	9,1 b	61,2 c	967	54	404	285	309
II	65,3 b	12,6 b	77,9 b	1020	75	438	377	358
III	97,6 a	19,8 a	117,3 a	1150	94	832	556	406
Średnia – Mean	56,9	11,2	68,1	907	60	450	320	308

Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha=0,05$)

Values in columns marked with the same letters do not differ significantly ($\alpha=0.05$)

Tabela 4. Wpływ poziomu nawożenia (Ca, P, K, Mg i mikroelementów) na suchą masę roślin oraz pobranie makroelementów przez koniczynę czerwoną

Table 4. The effect of fertilization level (Ca, P, K, Mg and micronutrients) on dry matter of plant and uptake of macronutrients by red clover

Poziomy nawożenia Fertilization level	Koniczyna czerwona (zbiór I + II) Red clover (harvest I + II) (s.m. g na wazon – DM in g per pot)			Pobranie przez rośliny (mg·wazon ⁻¹) Uptake by plants (mg·pot ⁻¹)				
	część nadziemna aboveground part	korzenie roots	cała roślina whole plant	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola – Control	30,2 d	12,9 c	43,1 d	980	106	145	289	1478
I	62,9 c	22,6 b	85,5 c	2154	119	410	605	2211
II	87,8 b	25,9 a	113,7 b	2951	192	701	787	2793
III	113,0 a	26,3 a	139,3 a	3680	266	1232	1173	3042
Średnia – Mean	73,5	21,9	95,4	2441	171	622	714	2381

Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha=0,05$)

Values in columns marked with the same letters do not differ significantly ($\alpha=0.05$)

Tabela 5. Wpływ poziomu nawożenia (Ca, P, K, Mg i mikroelementów) na suchą masę roślin oraz pobranie makroelementów przez rzepak ozimy (wraz z przedplonem – gorczycą)

Table 5. The effect of fertilization level (Ca, P, K, Mg and micronutrients) on dry matter of plant and uptake of macronutrients by winter rape (with previous crop – mustard)

Poziomy nawożenia Fertilization level	Rzepak ozimy (+ przedplon – gorczyca) Winter rape (+ previous crop – mustard) (s.m. g na wazon – DM in g per pot)			Pobranie przez rośliny (mg·wazon ⁻¹) Uptake by plants (mg·pot ⁻¹)				
	część nadziemna aboveground part	korzenie roots	cała roślina whole plant	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola Control	27,4 d	2,4 d	29,8 d	977	45	101	162	1058
I	56,4 c	6,3 c	62,7 c	1426	112	388	334	1505
II	65,1 b	8,3 b	73,4 b	1472	135	652	358	1805
III	79,2 a	9,5 a	88,7 a	1494	167	997	385	1811
Średnia – Mean	57,0	6,6	63,7	1342	115	535	310	1545

Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha=0,05$)

Values in columns marked with the same letters do not differ significantly ($\alpha=0.05$)

w obiektach z najwyższym poziomem nawożenia mineralnego (tab. 4), następnie dla rzepaku ozimego wraz z gorczycą i kukurydzy. Niskie plony suchej masy roślin w obiektach kontrolnych, nie nawożonych Ca, P, K, Mg i mikroelementami (tab. 3 i 5), świadczą o małej efektywności nawożenia roślin tylko azotem, w warunkach niskiego pH oraz niskich zasobności gleby w potas, fosfor, magnez. Na małą efektywność nawożenia roślin azotem w warunkach gleb kwaśnych zwracali uwagę m. in. Filipek i in. [2006] oraz Kaczor [1998].

W prowadzonym doświadczeniu i badaniach potwierdzona została podstawowa zasada nawożenia roślin, że do uzyskania maksymalnego plonu potrzebne są wszystkie niezbędne składniki pokarmowe w odpowiednich ilościach [Grzebisz i in. 2005, Jadczyzyn i in. 2010]. Godny podkreślenia jest również fakt, że koniczyna czerwona mimo braku nawożenia mineralnego N (tab. 4), w obiektach kontrolnych, w porównaniu z kukurydzą i rzepakiem (tab. 3 i 5) wyżej plonowała, co wskazuje, że potrzeby pokarmowe w stosunku do N zaspokoiła z azotu glebowego oraz azotu atmosferycznego – w wyniku symbiotycznego wiązania N_2 [Gaweł 2011].

Pobranie makroelementów: N, P, K, Mg i Ca przez testowane rośliny, w prowadzonym doświadczeniu było różnicowane i zależało od gatunku uprawianej rośliny oraz poziomu nawożenia mineralnego. Wraz ze wzrostem poziomu nawożenia i wzrostem plonu roślin rosła ilość wszystkich pobieranych makroelementów. Najwięcej analizowanych składników pokarmowych, niezależnie od poziomu nawożenia, pobrała koniczyna czerwona, następnie rzepak wraz z gorczycą, a najmniej kukurydza.

Zwiększone pobranie składników pokarmowych z plonem roślin pod wpływem wzrastającego nawożenia jest zjawiskiem dość szeroko opisywanym w literaturze [Kacorzyk 2009, Kacorzyk i Szewczyk 2010, Pombo i Smith 1986, Wyszyński i in. 2002]. Badane rośliny pobrały największe ilości analizowanych 5 makroelementów w kombinacjach o najwyższym III poziomie nawożenia. Mimo, że azot, w obrębie gatunku był podany w jednej dawce we wszystkich 3 poziomach nawożenia, jego pobranie rosło, podobnie jak i innych składników wraz z plonem roślin i poziomem nawożenia innych składników. Koniczyna czerwona, której nie nawożono N mineralnym, w plonie roślin we wszystkich poziomach nawożenia nagromadziła największą ilość tego składnika. Był to, oprócz azotu glebowego, jak się wydaje w większości azot N_2 symbiotycznie związany przez rośliny i bakterie symbiotyczne [Gaweł 2011].

Analiza gleby – podłoża, po sprzęcie roślin wykazała, niezależnie od uprawianej rośliny, podobny pozytywny trend wzrostowy dla następujących wskaźników żyzności gleby: odczynu gleby (pH mierzony w KCl), oraz przyswajalnego fosforu i magnezu w glebie wraz ze wzrostem dawek i poziomów stosowanych nawozów (tab. 6). Ponadto, wzrost pH podłoża skutkował zawsze obniżeniem jej kwasowości hydrolitycznej, co jest także korzystnym parametrem żyzności gleby. Poprawę właściwości chemicznych gleb lekkich kwaśnych, poprzez wzrost ww. parametrów w wyniku jej wapnowania oraz nawożenia mineralnego roślin w badaniach nawozowych prowadzonych w zróżnicowanych warunkach otrzymali także Bednarek i Lipiński [1995, 1996], oraz Sykut i Ruskowska [1999]. Zastosowane zróżnicowane nawożenie mineralne roślin w prowadzonych badaniach natomiast miało mniejszy wpływ na wzrost zawartości przyswajalnego potasu w podłożu, z wyjątkiem oznaczanego K po sprzęcie kukurydzy. Wydaje się, że zastosowane nawożenie potasem koniczyny czerwonej i rzepaku ozimego wraz z gorczycą było tylko wystarczające na wydanie dużych plonów roślin ale zbyt małe na zwiększenie niskich koncentracji tego składnika w glebie. Natomiast nawożenie kukurydzy, rośliny która plonowała niżej w stosunku do dwu pozostałych badanych gatunków roślin i pobrała wraz z plonem mniejsze ilości potasu było wystarczające nie tylko do pokrycia potrzeb pokarmowych roślin względem K ale także do niewielkiego wzrostu zasobności podłoża w ten składnik.

Tabela 6. Wybrane parametry żyzności gleby w podłożu po sprzęcie roślin
 Table 6. The selected soil fertility parameters in the subsoil after plants harvest

Poziomy nawożenia Fertilization level	pH _{KCL}	Hh – kwasowość hydrolityczna hydrolytic acidity	Zawartości makroelementów w glebie Content of macroelements in soil			
			N ogólny N total (%)	P	K	Mg
				mg na 1 kg gleby mg in 1 kg of soil		
Po kukurydzy – After maize						
Kontrola – Control	4,39	2,45	0,06	18,3	8,3	15
I	5,69	1,36	0,05	20,1	11,6	23
II	6,10	1,34	0,05	33,5	14,9	45
III	7,18	0,74	0,05	61,9	14,9	90
Po koniczynie czerwonej – After red clover						
Kontrola – Control	4,64	2,60	0,04	19,2	5,8	8
I	5,35	2,04	0,03	26,6	8,3	9
II	6,10	1,71	0,03	33,6	9,1	11
III	6,92	1,29	0,04	61,9	9,0	33
Po rzepaku ozimym – After winter rape						
Kontrola – Control	5,14	2,07	0,03	17,8	6,6	22
I	6,47	1,33	0,04	23,1	6,6	46
II	6,97	1,16	0,04	30,1	6,6	53
III	7,91	0,76	0,04	55,8	8,3	63

WNIOSKI

1. Efektywność wapnowania i nawożenia P, K, Mg oraz mikroelementami testowanych roślin, rosnących na glebie lekkiej kwaśnej, mierzona wielkością uzyskanej suchej masy roślin w stosunku do kontroli była wysoka; najwyższy 7-krotny przyrost biomasy uzyskano dla kukurydzy i około 3-krotny przyrost plonu dla koniczyny i rzepaku, zawsze przy najwyższym poziomie nawożenia.
2. Mimo, że kukurydza w obiektach nawożonych zróżnicowanymi dawkami wapnia, fosforu, potasu, magnezu i mikroelementów zareagowała największym względnym przyrostem plonu w stosunku do kontroli, to bezwzględną najwyższą biomasa roślin czyli faktycznie uzyskany plon roślin uzyskano dla koniczyny czerwonej rosnącej w obiektach z najwyższym poziomem nawożenia mineralnego.
3. Pobieranie makroelementów przez testowane rośliny, w prowadzonym doświadczeniu było zróżnicowane i zależało od gatunku uprawianej rośliny oraz poziomu nawożenia mineralnego. Wraz ze wzrostem poziomu nawożenia i wzrostem plonu roślin rosła ilość wszystkich pobieranych makroelementów. Najwięcej analizowanych składników pokarmowych, niezależnie od poziomu nawożenia, pobrała koniczyna czerwona, następnie rzepak wraz z gorczycą, a najmniej kukurydza.

4. Wyniki analiz podłoża po zbiorze roślin, świadczą o tym, że wapnowanie i nawożenie mineralne korzystnie wpływa na właściwości chemiczne kwaśnej gleby, poprawiając jej odczyn, kwasowość hydrolityczną oraz zasobności gleby w przyswajalny fosfor i magnez.

PIŚMIENNICTWO

- Bednarek W., Lipiński W. 1995. Fizykochemiczne właściwości gleby zdegradowanej poddanej oddziaływaniu wapnowania i nawożenia mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 418: 643–648.
- Bednarek W., Lipiński W. 1996. Oddziaływanie nawożenia mineralnego i wapnowania na fizykochemiczne właściwości gleby lekkiej, plonowanie oraz niektóre cechy jęczmienia jarego. *Rocz. Glebozn.* 47: 109–115.
- Filipek T., Fotyma M., Lipiński W. 2006. Stan, przyczyny i skutki zakwaszenia gleb gruntów ornych w Polsce. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 2: 7–38.
- Gaweł E. 2011. Rola roślin motylkowatych drobnonasiennych w gospodarstwie rolnym. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 11(3): 73–91.
- Gawrońska-Kulesza A., Lenart S. 1989. Plonowanie koniczyny czerwonej w warunkach zróżnicowanego wieloletniego nawożenia i jej rola w zmianowaniu. *Mat. Konf. „Nowe kierunki w uprawie i użytkowaniu roślin motylkowatych”*. AR Szczecin: 140–145.
- Gorlach E., Curyło T. 1990. Wpływ odczynu gleby na pobieranie potasu. *Rocz. Glebozn.* 41: 117–131.
- Gosek S. 2000. Wpływ zróżnicowanego nawożenia na produktywność roślin i bilans składników mineralnych w zmianowaniu. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 4: 164–172.
- Grzebisz W., Podleśna A., Wielebski F. 2005. Potrzeby pokarmowe i nawożenie rzepaku. W: *Technologia produkcji rzepaku*: 74–89.
- Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W. 2010. Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych. IUNG-PIB, Puławy. *Mat. Szkol.* 95: ss. 23.
- Jadczyzyn T., Ochal P. 2013. Zakwaszenie gleb i potrzeby wapnowania. *Problemy gospodarki nawozowej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB* 34(8): 9–18.
- Kacorzyk P. 2009. Nitrogen, phosphorus, and potassium balance in the soil of mountain meadow after its three utilization. *Ecol. Chem. Eng.* 16: 1145–1149.
- Kacorzyk P., Szewczyk W. 2010. Wpływ nawożenia na pobieranie i wymywanie wapnia, magnezu i sodu z łąki górskiej. *Fragm. Agron.* 27(4): 34–38.
- Kaczor A. 1998. Odżywianie się roślin w warunkach gleb silnie zakwaszonych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 456: 55–62.
- Kasperczyk M., Szewczyk W., Kacorzyk P. 2005. Effects of liming, mineral fertilizing and oversowing on macroelement uptakes by meadow plants. *Ecol. Chem. Eng.* 12: 821–825.
- Kinraide L.V. 1991. Identify of the rhizotoxic aluminum species. *Plant Soil* 134: 167–178.
- Kopiński J., Nieróbca A., Ochal P. 2013. Ocena wpływu warunków pogodowych i zakwaszenia gleb w Polsce na kształtowanie produktywności roślinnej. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 13(2): 53–63.
- Kulczycki G. 2006. Wpływ zróżnicowanego nawożenia potasem i azotem na plon roślin oraz właściwości gleby lekkiej. *Zesz. Nauk. UP Wrocław* 546, Rol. 89: 229–236.
- Lipiński W. 2005. Odczyn gleb Polski. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 2: 33–40.
- Ma J.F., Ryan P.R., Delhaize E. 2001. Aluminum tolerance in plants and the complex role of organic acids. *Trends Plant Sci.* 6: 273–278.
- Mercik S., Sas L. 1998. Ujemny wpływ nadmiernego zakwaszenia gleby na rośliny. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 456: 29–39.
- Pombo G.I., Smith C.B. 1986. Growth and nutrient interrelationships of three vegetable crops with different sensitivities to soil pH as affected by lime and fertilizer treatments. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 17: 353–368.
- Stuczyński T., Filipiak K., Kozyra J., Górski T., Jadczyzyn J. 2006. Obszary o niekorzystnych warunkach gospodarowania w Polsce. IUNG Puławy: ss. 41.

- Stypiński P. 1993. Reakcja koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) na wapnowanie w siewach czystych i w mieszankach z trawami w doświadczeniach pastwiskowych i wazonowych. Wyd. SGGW Warszawa, Rozpr. Nauk. Monogr.: ss. 170.
- Sykut S., Ruszkowska M. 1999. Wpływ poziomu nawożenia NPK na zawartość w glebach kationów wymiennych w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 467: 317–322.
- Wyszyński Z., Kalinowska-Zdun M., Roszkowska B., Laudański Z., Gozdowski D. 2002. Plony i jakość korzeni buraka cukrowego na plantacjach produkcyjnych w zależności od nawożenia mineralnego, pH i zasobności gleby w fosfor i potas. Biul. IHAR 222: 231–238.

A. KOCOŃ

**EFFECTIVENESS OF LIMING AND FERTILIZATION ON LIGHT ACID SOILS
AND THE YIELD OF PLANTS AND SELECTED INDICATORS OF SOIL FERTILITY**

Summary

The studies on the evaluation of the influence of differentiated liming and fertilization of light soils – acid soils with P, K, Mg and micronutrients on the yield of selected plants and the improvement of some indicators of soil fertility, were conducted as part of a 2-year pot experiment in the greenhouse of IUNG-PIB in Puławy. The study was conducted on a light, acid soil (pH 4.4) with a low level of available P, K and Mg. The study included three experimental plants: maize, red clover and winter rape (sown after mustard). All the experimental plants were subject to the same 3 levels of liming (0.5, 1.0 and 2.0 according to hydrolytic acidity) and fertilization with P, K and Mg and micronutrients. The effectiveness of liming and fertilization was compared with control treatments without liming or fertilization with the above nutrients. Nitrogen fertilization was the same for a plant species in all the treatments with fertilization. The yield obtained from the studied plants indicates a high efficiency of the used fertilization and liming. Among the studied plants, the highest yield was obtained maize; it was sevenfold higher than the control. Clover and rape also yielded best in the treatments with the highest fertilization, as the yield of these plants was approximately 3-fold higher than in the control treatments. The results of the analyses of the subsoil after harvesting plants indicate that the applied liming and mineral fertilization improved soil pH and increased the amounts of available phosphorus and magnesium in the soil.

Key words: sandy acid soils, liming, fertilization, plants yield, soil fertility

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 9.05.2014

Do cytowania – *For citation*:

Kocoń A. 2014. Efektywność wapnowania oraz nawożenia gleb lekkich-kwaśnych a plonowanie roślin i wybrane wskaźniki żyzności gleby. *Fragm. Agron.* 31(3): 66–74.