
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Construction Materials

Nr 7

ISSN 1899-3230

Rok IV

Warszawa–Opole 2011

ZOFIA PUFF**

RYSZARD SAŁACIŃSKI**

BARBARA LIPOWSKA***

JERZY WITEK****

ANNA KOCON*****

Ceramizowane agrospieki nawozowe do proekologicznego zasilania gleb

W artykule przedstawiono opracowany sposób otrzymywania ceramizowanych nawozów mineralnych, tzw. agrospieków. Założeniem eksperymentu było uzyskanie produktu o przedłużonym działaniu, który po wysianiu wzbogacałby glebę w bio- i mikroelementy w ciągu kilku lat, działając jednocześnie odkwaszająco i polepszając strukturę gleby. Agrospieki otrzymano przez granulację i wypalenie w temperaturze 700–800°C odpowiednio zestawionej mieszanki surowcowej. Jako materiał wyjściowy posłużyły kopaliny ze złóż krajowych, w tym kopaliny towarzyszące i mineralne surowce odpadowe zalegające na składowiskach przy odkrywkowych zakładach górniczych, superfosfat oraz szkło wodne potasowe. Własności użytkowe otrzymanych agrospieków określono w oparciu o wyniki doświadczeń wegetacyjnych. Wykorzystanie surowców ze składowisk jest działaniem proekologicznym, gdyż zmniejsza powierzchnię nieużytków rolnych zajmowanych przez składowiska i sprzyja ograniczeniu negatywnego oddziaływania na środowisko gromadzonych odpadów.

1. Wprowadzenie

Rozwinięta gospodarka rolna wymaga intensywnego i racjonalnego nawożenia, obejmującego nie tylko optymalizację rodzaju i ilości dostarczanych do gleby

** Dr inż., Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny.

** Dr hab., prof. UW, Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii.

*** Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach.

**** Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach.

***** Dr, Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach.

składników pokarmowych, lecz również składników korygujących lub utrzymujących właściwą strukturę gleby. Dotyczy to wytworzenia lub utrzymania właściwego glebowego kolektora wodnego, co ma zasadnicze znaczenie dla retencji wody w poziomie glebowym. Optymalny poziom wilgotności jest nieodzownym czynnikiem uruchamiania dostarczanych składników pokarmowych w takiej ilości, która gwarantowałaby ich przyswojenie przez rośliny, a jednocześnie zapobiegałaby przenoszeniu ich do wód gruntowych w wyniku zbyt szybkiej filtracji. Problem ten ma istotne znaczenie w przypadku gleb lekkich, z dominującym udziałem piasku kwarcowego wśród składników mineralnych gleby. W wyniku szybkiej filtracji w takich glebach składniki pokarmowe nawozów są szybko wypłukiwane i tylko w ograniczonej ilości są przyswajane przez rośliny, a zwiększanie ich ilości przy nawożeniu ma niewielki wpływ na polepszenie warunków vegetacji.

W Polsce gleby piaszczyste zajmują kilka milionów hektarów. Najczęściej są to jednocześnie gleby niedowapnowane i wykazujące niedobór magnezu. Równocześnie coraz bardziej powiększają się obszary, na których gleby zostały zdegradowane wskutek działalności przemysłowej czy przekształceń powierzchni z powodu działalności inwestycyjnej. W takich przypadkach racjonalne jest stosowanie środków, które umożliwiają równoczesne wprowadzanie do gleby składników pokarmowych, niezbędnych dla vegetacji roślin, oraz składników mineralnych poprawiających ich strukturę.

Przedstawiony problem nie ma wyłącznie charakteru krajowego, lecz ma zasięg regionalny w wymiarze globalnym. Dlatego od wielu lat wzrasta na świecie zainteresowanie nawozami uzyskanymi z nisko przetworzonych surowców mineralnych z naturalną lub lekko modyfikowaną proporcją bioelementów, które są stosowane w celu poprawy struktury gleb oraz bilansu zawartych w niej składników pokarmowych. Należą do nich m.in. nawozy w postaci szklistej, charakteryzujące się stopniowo postępującą rozpuszczalnością (*vitreous controlled release fertilizers*), zwane agroszkłami lub frytami nawozowymi. Są to zwykle szkła krzemianowo-fosforanowe, zawierające w swoim składzie tlenki pierwiastków niezbędnych roślinom jako główne składniki pokarmowe (P, K, Ca, Mg) oraz dowolny zestaw tlenków pierwiastków stosowanych w uprawach jako mikroelementy (np. Mn, Cu, B, Zn, Fe). Na drodze powolnego reagowania z kwasami humusowymi, stabilizują one poziom domineralizowania gleby niezbędnymi składnikami w dłuższym okresie. Po wyługowaniu składników użytecznych, pozostałość w postaci koloidalnej krzemionki nie stanowi dla gleby zagrożenia ekologicznego, a dodatkowo przyczynia się do poprawy struktury gleby, czyniąc ją bardziej porowatą. Zainteresowanie tego typu nawozami obserwuje się w Europie Zachodniej, obu Amerykach oraz w południowej Afryce [1–2].

Badania w zakresie opracowania technologii otrzymywania takich agroszkieł podjęte zostały również w Polsce [3–4]. Jednak produkcja agroszkieł wiąże się z koniecznością topienia zestawu surowcowego w temperaturze powyżej 1400°C. Z tego powodu, pomimo stwierdzonych korzystnych własności agrotechnicznych, technologia ich wytwarzania jest energochłonna, a tym samym kosztowna.

Autorzy prezentowanej pracy zaproponowali alternatywne rozwiązanie. Jest nim koncepcja otrzymywania nawozu o przedłużonym działaniu w postaci ceramizowanych kompozytów mineralnych nazwanych agroszkiełami. Metoda ich otrzymywania polega na przeprowadzeniu procesu spiekania odpowiednio skomponowanego i zgranulowanego zestawu surowcowego jedynie w temperaturze 700–800°C, która zależna jest od składu wyjściowego. Matrycę nośną agroszkieł stanowią ropy, a nośnikami bio- i mikroelementów są wytypowane kopaliny towarzyszące oraz mineralne surowce odpadowe o odpowiednim składzie chemicznym i własnościach technologicznych. Takie kompozyty mineralne w koloidalnym środowisku kwasów humusowych gleby ulegają powolnej korozji, związanej z rehydroksylacją, pierwotnie zdehydroksylowanych w wyniku procesu technologicznego minerałów ilastych. Procesy te uwalniają stopniowo zawarte w granulach składniki biologicznie czynne, użyźniając glebę stabilnie i bez ryzyka zbyt szybkiego wymycia przez wody opadowe, co zdarza się w przypadku stosowania nawozów typu NPK. Jednocześnie następuje odbudowa struktury minerałów ilastych i tym samym zwiększenie ich udziału procentowego w grupie składników mineralnych gleby. W przypadku gleb lekkich proces ten jest szczególnie korzystny, gdyż przez zmniejszenie parowania i przesiąkania w głębsze strefy górotworu wpływa na dłuższą retencję wody.

Celem prezentowanej pracy było opracowanie metody otrzymywania agroszkieł oraz określenie ich własności użytkowych w oparciu o wyniki doświadczeń vegetacyjnych przeprowadzonych w IUNG – PIB w Puławach.

2. Część doświadczalna

Na podstawie analizy dostępnych surowców mineralnych pod kątem ich przydatności do syntezy agroszkieł do przeprowadzenia prób wytypowano:

- ropy i margiel, kopaliny ilaste stanowiące główną masę nawozu – szkielet granul,
- wapień i kredę jeziorną – wprowadzające do składu nawozu Ca,
- dolomit – nośnik Mg i Ca,
- pył dymnicowy powstający w zakładach energetycznych po spalaniu węgla brunatnego – nośnik makro- i mikroelementów, takich jak Mn, Cu, Zn.

Do zestawów surowcowych wprowadzono także:

- superfosfat wzbogacony, stosowany w rolnictwie skoncentrowany nawóz fosforowy – źródło P,
- szkło wodne potasowe, pełniące jednocześnie rolę spoiwa niezbędnego w procesie granulacji oraz źródła K.

Surowce zmielono do uziarnienia < 1 mm i sporządzono z nich odpowiednie mieszanki, które po dokładnym ujednorodnieniu zgranulowano na granulatorze talerzowym, stosując w roli spoiwa szkło wodne potasowe. Uzyskane w ten sposób granule o średnicy 1–5 mm wypalono w zakresie temperatury 650–750°C. Warunki te zapewniły usunięcie wody strukturalnej oraz grup OH ze struktury minerałów ilastych (dehydroksylację) oraz częściowy rozkład węglanów magnezu i wapnia. Zachodzące podczas obróbki cieplnej zmiany strukturalne w minerałach składników wsadowych spowodowały podwyższenie względnej zawartości CaO, co zwiększyło odkwaszającą funkcję produktu. Dodatkowo podniosły one wytrzymałość mechaniczną granulatu w stopniu zabezpieczającym przed kruszeniem i pyleniem podczas przyszłej dystrybucji. Zmiany te miały charakter odwracalny, pozwalający na odbudowę ich struktury w koloidalnym środowisku kwasów humusowych gleby.

Opisaną metodą wykonano cztery rodzaje agrospeków różniących się wyjściowym składem surowcowym, a tym samym właściwościami fizykochemicznymi (tab. 1).

Tabela 1

Podstawowe właściwości fizykochemiczne próbnyc partii agrospeków

Właściwości	Jednostka	Oznaczenie agrospeków			
		A1	A2	A3	A4
Skład surowcowy:					
ił		+	–	+	+
margiel		–	+	–	–
kreda jeziorna		+	+	–	+
wapień		–	–	+	–
dolomit		+	+	+	+
pył dymnicowy		–	–	–	+
superfosfat		+	+	+	+
szkło wodne potasowe		+	+	+	+
Skład chemiczny:					
CaO		25,81	37,89	25,76	19,88
MgO		6,99	5,43	6,42	3,62
P ₂ O ₅		3,46	3,68	3,52	3,60
K ₂ O		2,54	1,78	1,93	1,80
Na ₂ O		0,17	0,11	0,16	0,18
SiO ₂		36,86	19,64	32,80	45,00
Al ₂ O ₃		4,76	1,77	4,28	6,69
Fe ₂ O ₃		2,46	0,80	2,34	2,84
straty prażenia		15,32	28,77	19,30	10,67

cd. tab. 1

Właściwości	Jednostka	Oznaczenie agrosieków			
		A1	A2	A3	A4
Pierwiastki śladowe:					
Cd	[ppm]	1,81	1,82	1,87	2,77
Cr		52,90	25,80	46,90	71,50
Cu		24,60	13,99	24,80	36,40
Mn		388,00	501,00	311,00	351,00
Ni		29,90	27,20	28,80	41,40
Pb		19,10	14,20	20,00	24,10
Hg		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
pH w H ₂ O:		11,30	11,00	11,00	10,50
Ciężar nasypowy	[g/cm ³]	0,75	0,86	0,93	0,84
Wytrzymałość na uderzenie	[%]	97,60	96,10	99,70	99,60

Źródło: B. Lipowska, J. Witek, Z. Puff, R. Sałaciński, Proces ceramizacji kompozytów mineralnych przeznaczonych do celów agrotechnicznych. Sprawozdanie z realizacji projektu badawczo-rozwojowego nr R0801103/030310, ICiMB, Oddział Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach, Gliwice 2009, maszynopis.

Przydatność uzyskanych agrosieków do celów agrotechnicznych sprawdzono na podstawie doświadczeń vegetacyjnych-wazonowych, przeprowadzonych w sezonie: lipiec 2008 r.–maj 2009 r. w Zakładzie Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG – PIB w Puławach. Objęły one uprawę czterech gatunków roślin o zróżnicowanych wymaganiach pokarmowych i uprawowych, tj.:

- 1) gorczycę białą – plon główny (zbiór jesień 2008 r.),
- 2) gorczycę/rzepak ozimy – gorczycę (zbiór jesień 2008 r.) i rzepak na zieloną masę (zbiór wiosna 2009 r.),
- 3) kukurydzę – plon główny (zbiór jesień 2008 r.),
- 4) koniczynę czerwoną – zbiór I pokosu jesień 2008 r., a II wiosna 2009 r.

Do badań użyto gleby lekkiej, kwaśnej, o składzie granulometrycznym piasku luźnego.

W uprawach pojemnikowych wymienionych roślin porównano skuteczność działania otrzymanych czterech rodzajów agrosieków z obiektami kontrolnymi bez nawożenia oraz nawożonymi nawozami mineralnymi. Dawki nawozów odpowiadały procentowym zawartościom Ca, Mg, P i K w poszczególnych agrosiekach.

T a b e l a 2

Właściwości chemiczne gleby

pH _{KCl}	Hh mmol·g ⁻¹	Próchnica %	Zawartość mg·kg ⁻¹ gleby						
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
4,42	0,27	0,66	50,0	9,0	2,0	0,53	360	31,7	1,98

* – forma przyswajalna przez rośliny.

Ź r ó d ł o: Jak w tab. 1.

Ponieważ podstawowym składnikiem pokarmowym badanych agrospeków był wapń, dlatego ich dawki ustalono w oparciu o obowiązujące zalecenia nawozowe dotyczące wapnowania gleb i wyliczono według procentowych zawartości CaO w agrospekach oraz oznaczoną kwasowość hydrolityczną gleby użytej w doświadczeniu (tab. 2). Dla każdego testowanego agrospeku przyjęto dwie podstawowe dawki nawożenia, wyliczone według kwasowości hydrolitycznej gleby: 0,5 (Hh) – dla pierwszego poziomu nawożenia oraz 1,0 (Hh) dla drugiego poziomu nawożenia, wynoszące odpowiednio 0,35 g i 0,7 g CaO. Przedstawione w dalszej części artykułu wyniki badań dotyczą drugiego poziomu nawożenia.

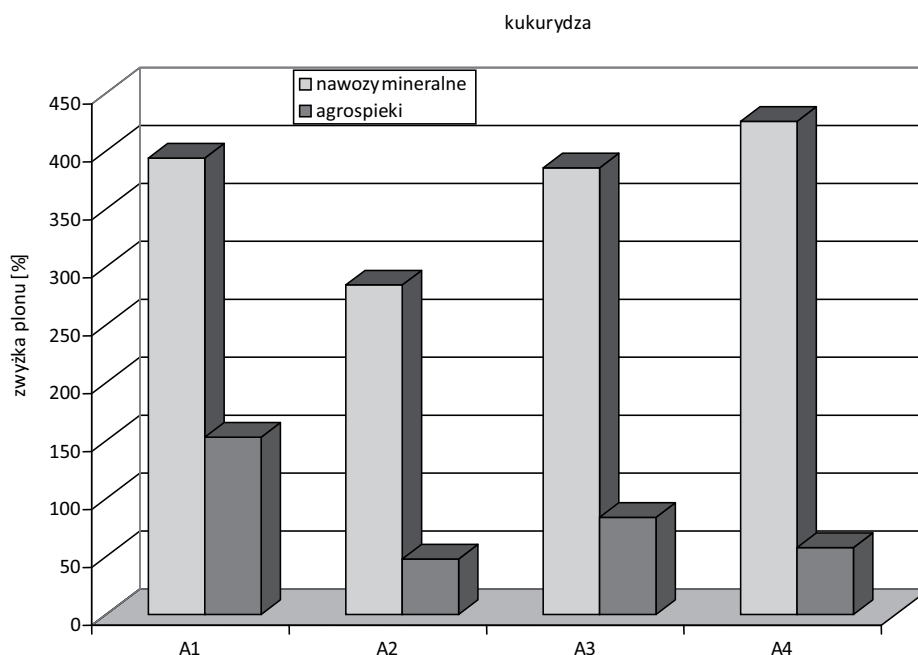
Skuteczność działania nawozowego agrospeków porównano z obiektami kontrolnymi: bez nawożenia oraz nawożonymi nawozami mineralnymi. Nawozy te wprowadzono do gleby w dawkach wynikających ze składu chemicznego poszczególnych agrospeków: CaO w postaci CaCO₃ cz.d.a., a składniki pokarmowe: Mg, P i K w formie odpowiednich nawozów mineralnych. Mikroelementy podano w jednakowych, standardowych ilościach, w postaci pożywki zawierającej Fe₃(C₆H₅O₇)₂ · 6H₂O, H₃BO₃, MnSO₄ · 4H₂O, CuSO₄, ZnSO₄ · 7H₂O, CoCl₂ oraz (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O. Ponieważ agrospeki nie zawierają w swoim składzie azotu – podstawowego składnika plonotwórczego – był on podawany (w formie NH₄NO₃ cz.d.a.) we wszystkich obiektach, łącznie z kontrolą, w ilościach zależnych od potrzeb roślin i stanowił tło. Z nawożenia azotem wyłączono uprawę koniczyny czerwonej.

W ramach przeprowadzonych badań określono:

- plon suchej masy roślin po zbiorze (część nadziemna wraz z korzeniami);
- w zebranych roślinach: zawartość makroelementów: N, P, K, Mg i Ca oraz wybranych mikroelementów: Fe, Mn, Zn i Cu;
- w glebie po zbiorach roślin: pH w KCl, kwasowość hydrolityczną (Hh), zawartości P₂O₅, K₂O oraz przyswajalnych dla roślin form Mg, Fe, Mn, Zn i Cu, a także po zbiorze drugiego pokosu koniczyny czerwonej zawartość próchnicy.

3. Omówienie wyników

Działanie nawozowe testowanych czterech rodzajów agrospieków określono na podstawie wysokości uzyskanych plonów uprawianych roślin. Obliczona, w odniesieniu do obiektów kontrolnych bez nawożenia, zwyczajka plonów dowodzi (ryc. 1–3), że wszystkie agrospieki wykazują działanie nawozowe, przy czym najlepiej plonowały rośliny w obiektach nawożonych agrospiekiem A1, następnie A4 i A3, a najniższe plony otrzymano z obiektów nawożonych agrospiekiem o symbolu A2. Stwierdzono także, że testowane agrospieki wykazują słabsze działanie w porównaniu z nawożeniem mineralnym, jednak ich efekt nawozowy utrzymuje się dłużej (ryc. 2 i 3).



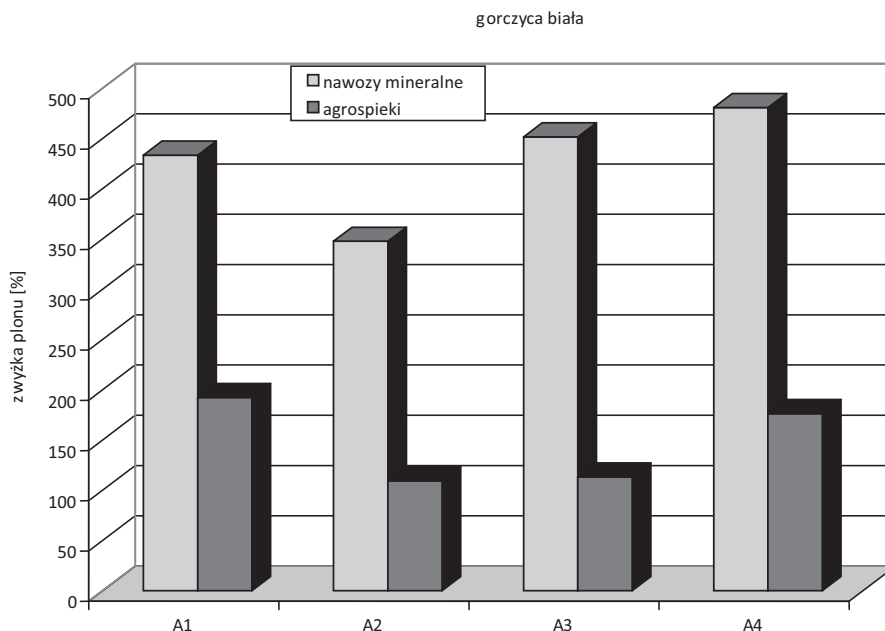
Źródło: B. Lipowska, J. Witek, Z. Puff, R. Sałaciński, Proces ceramizacji kompozytów mineralnych przeznaczonych do celów agrotechnicznych. Sprawozdanie z realizacji projektu badawczo-rozwojowego nr R0801103/030310, ICiMB, Oddział Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach, Gliwice 2009, maszynopis.

Ryc. 1. Zwyczajka plonu suchej masy kukurydzy w odniesieniu do obiektu kontrolnego (bez nawożenia)

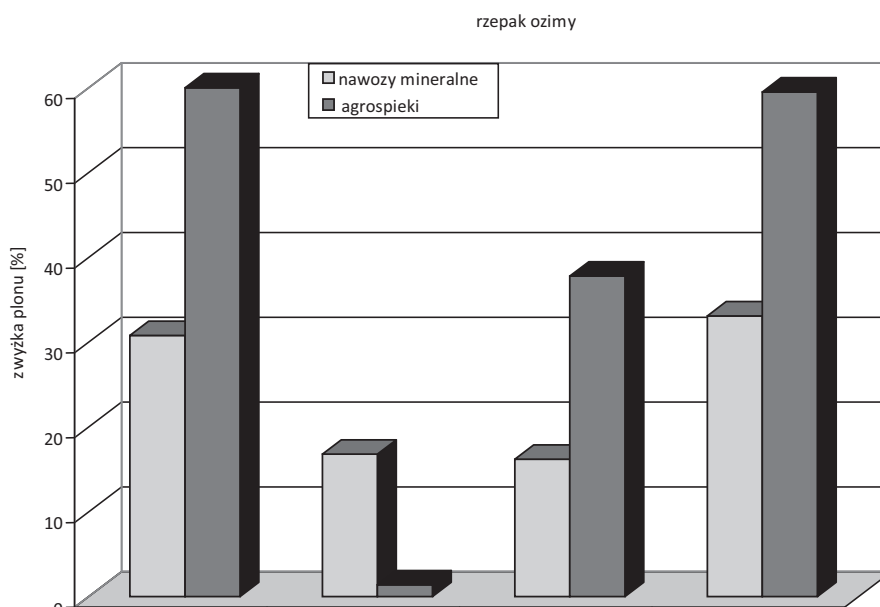
Zawartość makro- i mikrośladników, oznaczona w zebranych roślinach, była zróżnicowana i zależała od rodzaju zastosowanego nawożenia i gatunku rośliny (w tab. 3 i 4 podano przykładowo wyniki uzyskane dla plonu gorczycy białej i kukurydzy). Na ogół rośliny nawożone testowanymi agrospiekami zawierały wyższe ilości analizowanych pierwiastków niż przy nawożeniu mineralnym. Jednak porównując uzyskane wartości, należy brać pod uwagę to, że zależą

one istotnie od wielkości plonu powietrznie suchej masy rośliny. Uwagę zwracają niskie zawartości fosforu oraz potasu w badanych roślinach, szczególnie w kukurydzy, wynoszące dla P poniżej 0,2%, czyli poniżej wymaganej ilości niezbędnej do prawidłowego rozwoju roślin. Powodem takiego stanu są zarówno niskie zawartości fosforu i potasu w glebie zastosowanej do badań, jak i w testowanych produktach.

a)



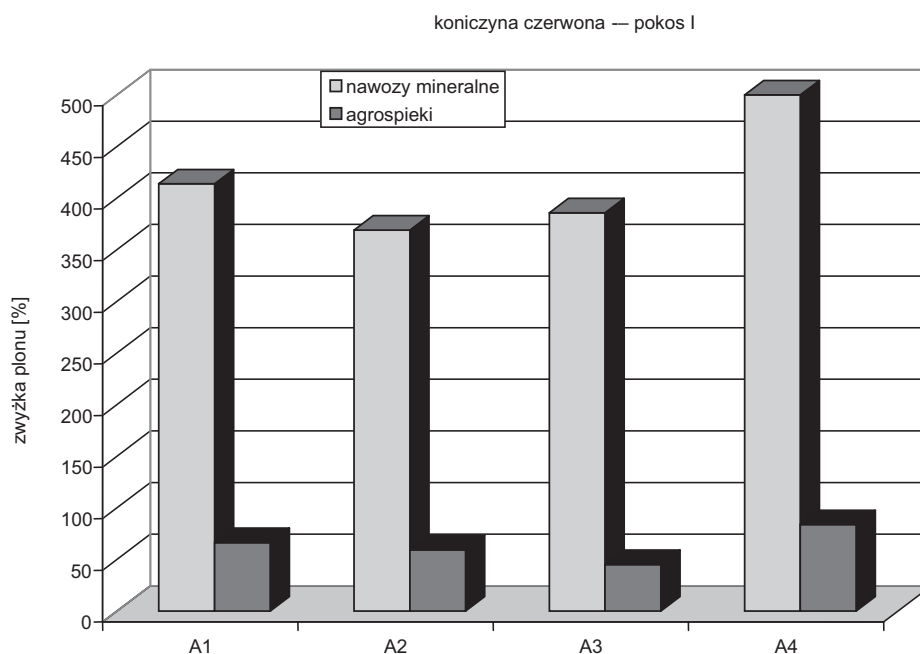
b)



Źródło: Jak w ryc. 1.

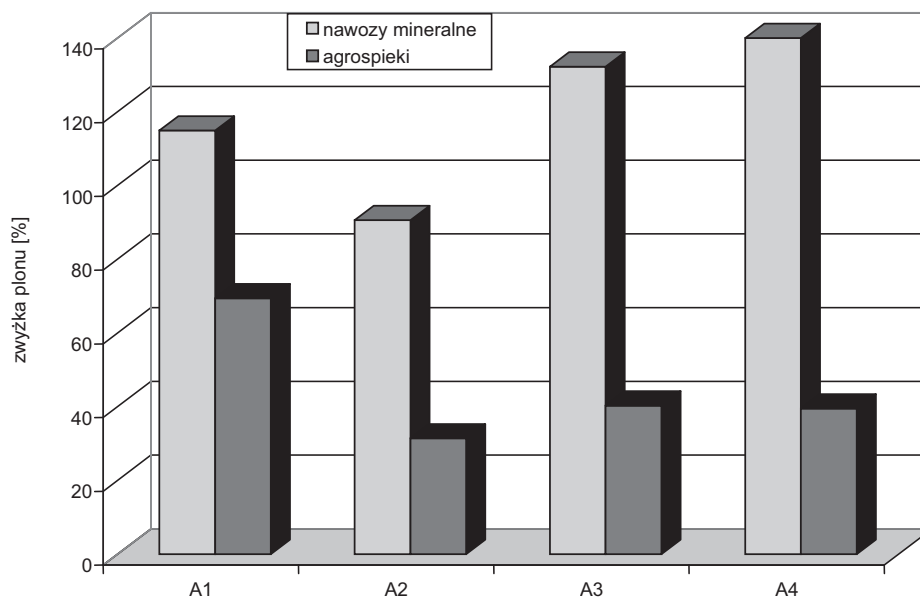
Ryc. 2. Zwyżka plonu suchej masy gorczycy białej w odniesieniu do obiektu kontrolnego (bez nawożenia): (a) gorczyca biała – przedplon, (b) rzepak – zielona masa

a)



koniczyna czerwona – pokos II

b)



Ź r ó d ł o: Jak w ryc. 1.

Ryc. 3. Zwyżka plonu suchej masy koniczyny czerwonej w odniesieniu do obiektu kontrolnego (bez nawożenia): (a) pokos I (jesień) i (b) pokos II (wiosna)

Tabela 3

Zawartość makro- i mikrośladników w powietrznie suchej masie gorczycy białej

Obiekt	Makrośladniki [%]					Mikrośladniki [mg·kg ⁻¹]			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
Kontrola	6,23	0,27	0,83	4,02	0,72	17,19	1 843	521,0	839,0
M1	2,68	0,29	1,67	3,14	0,62	11,90	1 731	184,6	141,9
A1	3,96	0,26	1,46	3,49	0,83	13,25	2 202	264,0	293,0
M4	2,77	0,30	1,51	2,41	0,51	11,54	1 649	146,8	169,8
A4	4,41	0,26	1,20	3,35	0,63	12,52	1 949	344,0	441,0

* – forma przyswajalna przez rośliny.

Tabele 3–7: M₁ – nawożenie mineralne nr 1, A₁ – nawożenie agrospekami nr 1, M₄ – nawożenia mineralne nr 4, A₄ – nawożenie agrospekami nr 4.

Źródło: Jak w tab. 1.

Tabela 4

Zawartość makro- i mikrośladników w powietrznie suchej masie kukurydzy

Obiekt	Makrośladniki [%]					Mikrośladniki [mg·kg ⁻¹]			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
Kontrola	5,68	0,22	1,20	1,95	0,66	13,45	2 070	569,0	353,0
M1	2,69	0,18	1,12	1,30	0,95	6,14	1 476	181,6	144,5
A1	3,28	0,17	0,97	1,33	0,84	11,80	1 365	267,4	216,4
M4	2,43	0,16	1,01	1,30	0,07	6,21	1 108	153,5	582,8
A4	4,77	0,16	1,48	1,98	0,67	9,42	1 921	519,0	476,0

* – forma przyswajalna przez rośliny.

Źródło: Jak w tab. 1.

Z wykonanych analiz gleby po zbiorach uprawianych roślin wynika (tab. 5–7), że zastosowanie testowanych agrospeków wpłynęło na wzrost pH gleby oraz spadek jej kwasowości hydrolitycznej w stosunku do obiektów kontrolnych. Odkwaszające działanie agrospeków ujawniło się lepiej po dłuższym czasie ich działania (tab. 6). Zaobserwowano również niewielki wzrost zawartości próchnicy w badanej glebie (tab. 7).

Tabela 5

Właściwości gleby po zbiorze kukurydzy

Obiekt	pH _{KCl}	Hh mmol·g ⁻¹	Zawartość mg·kg ⁻¹ gleby						
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
Kontrola	4,39	0,025	42	< 10	15	0,63	418	44,4	3,56
M1	6,48	0,010	79	10	35	0,68	442	51,4	4,51
A1	5,09	0,017	33	10	28	0,67	437	48,6	4,16
M4	6,3	0,013	103	< 10	33	0,58	469	54,8	3,89
A4	4,74	0,021	44	< 10	17	0,55	490	54,6	5,41

* – forma przyswajalna przez rośliny.

Źródło: Jak w tab. 1.

Tabela 6

Właściwości gleby po zbiorze rzepaku ozimego

Obiekt	pH _{KCl}	Hh mmol·g ⁻¹	Zawartość mg·kg ⁻¹ gleby						
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
Kontrola	5,14	0,021	41	8	22	0,48	540	58,4	4,94
M1	6,97	0,012	69	8	53	0,55	541	61,6	7,29
A1	6,43	0,013	41	11	43	0,59	624	72,7	5,22
M4	7,08	0,011	93	11	48	0,54	529	59,6	5,57
A4	6,35	0,015	47	10	36	0,51	546	64,9	4,84

* – forma przyswajalna przez rośliny.

Źródło: Jak w tab. 1.

Tabela 7

Właściwości gleby po zbiorze II pokosu koniczyny czerwonej

Obiekt	pH _{KCl}	Hh mmol·g ⁻¹	Próchnica %	Zawartość mg·kg ⁻¹ gleby						
				P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
Kontrola	4,64	0,026	0,80	44	7	9	0,53	538	55,5	3,70
M1	6,26	0,015	0,77	55	8	15	0,52	549	64,3	5,00
A1	5,39	0,020	0,90	48	13	11	0,54	512	58,4	3,28
M4	6,10	0,017	0,74	79	11	11	0,62	576	66,7	3,34
A4	5,40	0,021	0,85	50	9,0	11	0,51	585	69,8	5,28

* – forma przyswajalna przez rośliny.

Źródło: Jak w tab. 1.

4. Podsumowanie

Celem badań było opracowanie składu i metody otrzymania mineralnego nawozu ceramizowanego w postaci agrosieków, określenie ich właściwości fizykochemicznych oraz przetestowanie w warunkach polowych ich przydatności dla celów agrotechnicznych w celu poprawy struktury gleby oraz bilansu zawartych w niej składników pokarmowych. Zgodnie z przedstawionymi założeniami nawozy te powinny wzbogacać glebę w biopierwiastki stabilnie i długoterminowo, ulegając przy tym powolnemu rozkładowi oraz podwyższać pH gleb.

Na podstawie badań eksperymentalnych stwierdzono, że funkcje dotyczące stabilnego domineralizowania gleby niezbędnymi bioskładnikami, a także modyfikowania wartości pH zostały spełnione przez otrzymane agrosieki, a w szczególności te wykonane z zestawów A1 i A4 (tab. 1). Z badań wegetacyjnych z udziałem uzyskanych agrosieków wynika, że wykazują one dodatnie działanie nawozowe oraz poprawiają właściwości gleby. Analizy gleby po zbiorach uprawianych roślin dowodzą, że zastosowanie testowanych agrosieków wpłynęło na wzrost pH gleby oraz obniżenie jej kwasowości hydrolitycznej w stosunku do stanu na obiektach kontrolnych, a odkwaszające działanie agrosieków ujawniło się lepiej po dłuższym czasie ich działania.

Granulacja jako sposób formowania surowców, będących składnikami badanych mieszanek, spełniła swoją rolę, gdyż powierzchnia granul umożliwia przenikanie wody w ich głąb, a tym samym umożliwia skuteczne ługowanie wodą i powolne uwalnianie bioelementów z agrospieków. Forma granulatu i odpowiednie wymiary granul umożliwiają jego wysiewanie do gleby przy użyciu siewników rolniczych.

Ważną właściwością tych produktów jest to, że uwalnianie do środowiska glebowego zawartych w agrospiekach makro- i mikroelementów odbywa się stopniowo, w ciągu dłuższego czasu, co pozwala korygować ich bilans w glebie, nawet w ciągu kilku lat, poprawiając jej strukturę i odczyn.

Należy podkreślić, że wykorzystane w eksperymencie surowce są w całości pochodzenia krajowego, a koszt ich pozyskania ogranicza się jedynie do nakładów wydatkowanych na reeksplorację ich z istniejących składowisk, natomiast samo przetwórstwo obejmuje jedynie obróbkę termiczną w stosunkowo niskiej temperaturze, bez stosowania procesów chemicznych*.

Literatura

- [1] D r a k e C.F., Vitreous controlled release fertilizers composition, UK Patent GB 1512637, 1974.
- [2] K n o t t P., *Glasses – agricultural applications*, „Glastechnische Berichte Glass Science and Technology” 1989, Vol. 62, No. 1, s. 29–34.
- [3] S t o c h L., S t o c h Z., W a c ł a w s k a I., Krzemianowe szkło nawozowe, Patent PL 185229 B1.
- [4] W a c ł a w s k a I., S t o c h L. i in., *Szklą nawozowe dla upraw ogrodniczych*, „Materiały Ceramiczne” 2005, nr 1, s. 6–12.

ZOFIA PUFF
RYSZARD SAŁACIŃSKI
BARBARA LIPOWSKA
JERZY WITEK
ANNA KOCON

AGROSINTERS THE CERAMIC COMPOSITE FERTILISERS FOR PRO-ECOLOGICAL SOIL FEEDING

The work out method of preparation of the ceramic mineral fertilizers, so called „agrosinters” was described. The aim of the experiment was to develop a slow release fertilizing product which would release bio- and microele-

* Praca została zrealizowana w ramach projektu badawczo-rozwojowego nr R0801103/030310 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

ments throughout several years, deacidifying the soil and improving its structure at the same time. These ceramic mineral fertilizers were obtained from a mixture of raw materials in the granulation and sintering at temp. 650–750°C processes. The starting composition consisted domestic minerals including accompanying minerals and wastes from quarries as well as superphosphate and potassium water glass. The vegetation experiments were used to characterize the effect of „agrosinters” activity and its utility. The results confirmed above described assumptions. Due to the application of quarries waste minerals additional pro-ecological effect can be obtain.