

Henryk GÓRECKI*, Józef HOFFMANN*,
Aurelia MILEWSKA*, Magdalena SKOWRON*

ZASTOSOWANIE MINERAŁÓW ILASTYCH DO OTRZYMYWANIA EKOLOGICZNYCH NAWÓZÓW ZAWIESINOWYCH

Przedstawiono wyniki badań nad możliwością wykorzystania dostępnych w Polsce minerałów ilastych jako czynników dyspergujących i stabilizujących fazę stałą w nawozach zawiesinowych o wysokiej koncentracji soli mineralnych, stanowiących źródło makro- i mikroelementów dla prawidłowego rozwoju roślin. Wzorcowym minerałem pęczniejącym dla polskich surowców naturalnych był bentonit sodowy z Black Hills Bonds (USA). Ocena fizykochemiczna próbek nawozów zawiesinowych z dodatkami minerałów ilastych, stanowiła podstawowy cel doświadczeń. Najlepszym z badanych minerałów okazał się bentonit czeski, który daje porównywalne wyniki stabilizujące fazę stałą z bentonitem z Black Hills (przy 2% Black Hills utrzymywał zawiesinę nawozu 9–27–0 po 68 h na poziomie 92,2%, czeski daje wynik 72,8%, z polskich bentonitów minerał z Męcinki daje wynik porównywalny do czeskiego 69,2%).

1. WPROWADZENIE

Nawozy zawiesinowe pojawiły się w latach 50. w związku z próbami wprowadzenia do nawozów ciekłych obok azotu i fosforu, trzeciego podstawowego składnika – potasu. Ograniczona rozpuszczalność soli tego pierwiastka skłoniła do szukania rozwiązań przez produkcję nawozu ciekłego w formie zawiesiny (Getsinger 1984). Zaletą ciekłych nawozów rolniczych, w porównaniu z nawozami sztucznymi stałymi jest przede wszystkim możliwość zwiększenia mechanizacji prac przy ich wprowadzaniu do gleby, a sama technologia wytwarzania nawozów ciekłych zawiesinowych wymaga mniejszych nakładów inwestycyjnych, gdyż zbędne jest budowanie oddziałów granulacji i suszenia (około 60% kosztów wytwarzania produktu). Zarówno efektywność stosowania nawozów zawiesinowych, jak i względy ekonomiczne powodują, że jest nimi w coraz większym stopniu zainteresowane nowoczesne rolnictwo. Obecnie wytwarza się i stosuje w formie zawiesin wszystkie odpowiedniki klasycznych nawozów stałych. W celu zwiększenia plonowania oraz zapewnienia prawidłowego wzrostu roślin, nawozy oprócz podstawowych

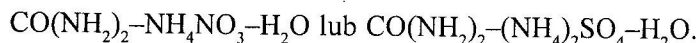
*Instytut Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych Politechniki Wrocławskiej, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław.

składników – NPK, powinny zawierać także mikroelementy, do których zaliczają się pierwiastki, których niewielka ilość w stosunku do składników podstawowych jest niezbędna do normalnego wzrostu roślin. Ekonomia wytwarzania i stosowania nawozów zawieszinowych sprawiła, że począwszy od lat 70. obserwuje się wzrost produkcji i stosowania nawozów zawieszinowych w USA, Kanadzie, a także w rozwiniętych krajach europejskich, a sumaryczna zawartość składników nawozowych, w tych produktach znacznie przekroczyła 40% mas. (Górecki 1990). Również w Polsce zajęto się zagadnieniem stosowania w rolnictwie nawozów zawieszinowych, m.in. przez wybudowanie i uruchomienie w 1991r. w Udaninie Stacji Doświadczalnej Produkcji i Aplikacji Nawozów Zawieszinowych (Dankiewicz 1991).

Cechą charakterystyczną przy produkcji nawozów zawieszinowych jest konieczność stosowania do stabilizacji fazy stałej minerału ilastego. Najczęściej jest to materiał ilasty charakteryzujący się dobrymi właściwościami pęczniejącymi.

Stosowanie nawozów w postaci płynnej ma również znaczenie dla ochrony środowiska. W procesie produkcji nawozów granulowanych podczas głębokiego odparowania i granulacji występuje zjawisko emisji do atmosfery szkodliwych dla środowiska czynników. Są to głównie opary zawierające amoniak, tlenki azotu, tlenki siarki oraz znaczne ilości pyłów gotowych wyrobów. Ujemny wpływ tych czynników można stwierdzić naocznie w otoczeniu wielkich zakładów produkujących nawozy. Wyeliminowanie tych etapów z procesu produkcji w wytwarzaniu nawozów płynnych powoduje redukcję emisji czynników szkodliwych, a więc nawozy tego typu można zaliczyć do substancji ekologicznych.

Aktualnie istnieją już wszystkie podstawowe typy nawozów zawieszinowych, odpowiadające nawozom stałym. Można wyróżnić nawozy zawieszinowe typu NP, NPK i N. Nawozy typu NP wytwarza się wykorzystując amonizację kwasu fosforowego ekstrakcyjnego albo kwasu polifosforowego, uzyskując produkty o zawartości składników, odpowiadających maksymalnie 8–13% mas. N i 32–38% mas. P_2O_5 , lub wykorzystując stałe fosforany, a zwłaszcza nawozowy fosforan jednonowy. Nawozy zawieszinowe azotowe oparte są na układach:



Występowanie form nierozpuszczalnych w wodzie pozwala zwiększyć zawartość azotu do 36% mas. dla produktów odpowiadających typowym ciekłym nawozom azotowym i 29% mas. dla układu, w którym występuje $(NH_4)_2SO_4$. Aby uzyskać nawóz NPK, do nawozów azotowo-fosforowych wprowadza się drobnokryształiczny KCl. Pozwala to na uzyskanie produktów o zawartości K_2O maksymalnie odpowiadającej składowi składników odżywczych w stosunkach 4:14:28 – 4:12:24 (%N : % P_2O_5 : K_2O).

W formie nawozów zawieszinowych można wprowadzić do gleby szczególnie korzystne mikroelementy (Hoffmann 1988). Ze względu na nie limitowanie zawartości tych pierwiastków przez rozpuszczalność, można dobierać odpowiedni dla danej gleby i uprawy poziom tych składników i wzajemne relacje pomiędzy

zawartościami mikroelementów w zależności od wymagań rośliny (Getsinger 1984). Ważne jest, że w formie źródeł mikroelementów można w produktach tych stosować nierozpuszczalne, z reguły tańsze sole tych pierwiastków.

Podstawowe mikroelementy nawozowe mające zasadniczy wpływ na plonowanie roślin uprawnych to: bor, molibden, kobalt, cynk, miedź, mangan, żelazo (Lityński 1982, Praca zbiorowa 1978).

Czynnik dyspergujący i stabilizujący fazę stałą w nawozie zawiesinowym

Stabilizację fazy stałej w nawozie zawiesinowym osiąga się dzięki dodaniu pęczniejącego i żelotwórczego czynnika dyspergującego. W USA stosuje się do tego celu na ogół glinę attapulgitową (Achorn 1977). Gлина ta zawiera jako główny składnik uwodnione nitkowate kryształy glinokrzemianu magnezu, które występują w stanie zaglomerowanym. Aglomeraty te w środowisku wodnym rozpadają się podczas dyspergowania, tworząc żel w postaci igiełkowej siatki. Struktura taka wpływa na podwyższenie lepkości ośrodka i hamuje sedimentację stałych drobin nawozów. Na moc żelu ma wpływ nie tylko rodzaj zastosowanego czynnika żelującego, ale także operacja odpowiedniego rozprowadzania go w nawozie zawiesinowym. Na moc żelu wpływają ponadto niewielkie dodatki środków chemicznych wprowadzanych do glinki, takich jak pirofosforan czterosodowy oraz kwas fluorokrzemowy (Getsinger 1984). Glinka attapulgitowa doskonale spełnia wymogi produkcji i stosowania nawozów zawiesinowych, lecz z uwagi na dostępność tylko na ograniczonych terenach USA i koszt transportu stosuje się w praktyce różne jej zamienniki (Praca zbiorowa 1977).

Podobną glinką do attapulgitowej jest sepiolit. Ma on również strukturę opartą na igiełkowych kryształach. Bentonit jest glinokrzemianem o strukturze warstwowej, lecz również charakteryzuje się własnością tworzenia żelów, szczególnie po uprzednim działaniu na niego roztworu Na_2CO_3 .

W Polsce odczuwa się brak minerałów o wybitnych właściwościach pęczniejących odpowiadających attapulgitowi. Dostępne minerały ilaste są połączeniami glinokrzemianowymi. Ich dodatek do nawozów mineralnych, poza oddziaływaniem pęczniejącym, jonowymiennym oraz zdolnością do tiksotropii zawiesin, po wprowadzeniu do gleby powoduje polepszenie jej struktury przez zwiększenie sorpcji wilgoci i kumulacji składników odżywczych, co warunkuje znacznie lepszy rozwój roślinności.

Jak stwierdzono, bardzo pożądane dla nawozów zawiesinowych są wysokie wartości mocy żelu potrzebne jako właściwość stabilizacji zawiesin podczas magazynowania i transportu. Moc żelu jest przypisywana połączeniu układu cząstek tworzącemu fazę rozproszoną.

Innymi cechami, jakie muszą spełniać czynniki dyspergujące wprowadzane do nawozów płynnych, są odpowiedni skład chemiczny (limitowany skład metali ciężkich) oraz brak niekorzystnych oddziaływań na kompleks sorpcyjny gleby, zakłócających dostępność składników pokarmowych dla roślin.

2. CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA

Przedmiotem badań było określenie, czy jest możliwe wykorzystanie dostępnej w Polsce grupy minerałów ilastych jako czynników dyspergujących i stabilizujących fazę stałą w zawieszinie składników nawozowych oraz porównaniu ich właściwości z wzorcowym bentonitem sodowym z Black Hills Bonds (USA).

W badaniach stosowano wyodrębnione frakcje minerałów o średnicy mniejszej niż 0,063 mm. Aktywowane bentonity z Męcinki i Krzeniowa uzyskano przez oddziaływanie polifosforanem sodowym. Nawóz płynny oparty na surowcu fosforowym „Algier” uzyskano na bazie frakcji zmielonego fosforytu o średnicy mniejszej niż 0,063 mm. Próbkę nawozów płynnych typu NP (azotowo-fosforowych) uzyskano na bazie polifosforanu amonowego. Wykonano analizę chemiczną stosowanych minerałów ilastych, uwzględniającą składniki podstawowe i zanieczyszczające oraz fizykochemiczną (gęstość, pH, lepkość) uzyskanych próbek nawozów zawieszinowych. Szybkość opadania fazy stałej zawieszony w roztworach badano w wodzie i nawozach bazowych NP typu 9-27-0 i 10-30-0. W układach tych wykonano również analizę rozpuszczalności mikroelementów nawozowych.

Analiza jakościowa i ilościowa minerałów ilastych

Analizę próbek minerałów ilastych prowadzono spektrometrem ICP (Indukcyjnie sprzężonej plazmy) (Górecka 1992). Wykorzystano aparat Philips Scientific ICP PU 7000 firmy UNICAM Wielka Brytania. Wyniki analiz podano w tabeli 1.

Porównując skład wybranych minerałów ilastych z minerałem wzorcowym z Black Hills można zauważyć, że obydwa bentonity z Krzeniowa mają dwukrotnie większą zawartość Ca niż bentonit wzorcowy, a bentonit z Czech ma go czterokrotnie więcej. Jeśli chodzi o żelazo, to ponad dwukrotnie więcej w porównaniu z wzorcem mają go bentonity z Krzeniowa i bentonit z Czech, a czterokrotnie więcej bentonit z Męcinki. Natomiast w przypadku sodu, podobną do wzorca zawartość wykazują wszystkie pierwiastki oprócz iłu bentonitowego BUN, który ma go dwunastokrotnie mniej. Jeśli zaś chodzi o zawartość metali ciężkich (Pb, As, Hg i Cd) w testowanych minerałach ilastych to żaden z nich nie wykazuje przekroczenia norm wymaganych dla produktów stosowanych w produkcji nawozów mineralnych.

Badania właściwości pęczniejących wybranych minerałów ilastych, w następujących czynnikach:

1. W wodzie – do cylindrów miarowych o pojemności 250 cm³ wprowadzono wodę destylowaną i dodano odpowiednio 1% i 2% testowanych minerałów ilastych, które dokładnie wymieszano za pomocą mieszadła mechanicznego, równomiernie rozprowadzając je w całej objętości roztworu. Cylindry zatknęto korkami, aby uniknąć parowania wody i obserwowano granicę faz roztworu klarownego nad zawiesiną oraz określano wysokość granicy faz podając wyniki w procentach objętościowych fazy stabilnej.

Tabela 1. Skład chemiczny stosowanych w badaniach minerałów ilastych

Pierwiastek	Jednostka	Bentonit Krzemów	Bentonit Krzemów (I-26)	Bentonit z Czech	II bentonitowy BUN	II bentonitowy BUN-P	II bentonitowy BUN-S	II bentonitowy BUN-Z	Bentonit Męcinka	Bentonit Black Hills
Al	% mas.	12,43	11,94	10,39	14,26	15,20	14,13	15,10	11,38	12,53
Ca	% mas.	2,88	2,36	4,85	0,94	0,86	0,77	0,86	1,82	1,28
Cd	mg/kg	1,59	1,42	0,90	0,50	0,38	0,53	0,13	1,07	4,93
Fe	% mas.	6,31	7,46	5,69	3,57	3,84	2,87	3,72	11,59	2,68
K	% mas.	0,42	0,85	0,68	0,54	0,54	0,52	0,50	0,16	0,24
Mg	% mas.	1,62	1,91	1,88	0,56	0,59	0,53	0,58	1,51	1,21
Na	% mas.	2,06	3,12	2,29	0,23	2,23	2,46	2,10	3,63	2,90
Pb	mg/kg	0,20	0,20	0,20	0,69	4,40	2,27	0,20	0,20	18,92
Si	% mas.	28,55	28,46	32,84	31,94	30,36	34,78	32,44	28,57	32,01
As	mg/kg	0,20	0,20	0,20	0,20	0,51	0,20	0,24	0,20	0,20
Hg	mg/kg	0,64	1,23	1,12	0,81	1,12	0,85	1,18	1,91	0,60

2. W nawozie zawiesinowym 9-27-0 zastosowano sposób wykonania jak wyżej

3. W mączce fosforytowej z dodatkiem 1% NH_4NO_3 i 0,3% TPS (trójpolfosforanu sodowego), środków zapobiegających łączeniu się cząstek fazy stałej w duże aglomeraty, które powodują szybsze opadanie zawiesin

4. W nawozie zawiesinowym 10-30-0, opartym na polifosforanie amonowym w sposób opisany w p. 1.

Wybrane wyniki badań nad sedymentacją zawiesin stabilizowanych materiałami pęczniającymi przedstawiono w tab. 2, 3 i 4.

Z doświadczeń wynika, że najlepszym minerałem ilastym zawieszającym fazę stałą w środowisku wodnym okazał się sodowany bentonit z Black Hills, którego 1 i 2% dodatki utrzymywały zawiesinę na wysokości cylindra odpowiednio 92% i 96% przez 37 dni. Podobne wyniki daje bentonit z Czech, a polski z Męcinki nieco niższe, to jest 88% i 92%.

W nawozie zawiesinowym 9-27-0 (tab. 2), dodatek bentonitu z Black Hills zawiesza po 28 dniach fazę stałą na poziomie ok. 80% wysokości cylindra, a czeski 73% po 3 dniach. Inne minerały działały o wiele słabiej. Dla stabilizacji surow-

Tabela 2. Stabilizacja zawiesin w środowisku nawozu o składzie 9-27-0

Roztwór bazowy + minerał ilasty	Wyniki po 3 h [% obj.]	Wyniki po 20 h [% obj.]	Wyniki po 68 h [% obj.]	Wyniki po 15 dn. [% obj.]	Wyniki po 28 dn. [% obj.]
9-27-0 + 1% iłu bentonitowego BUN-P	95,2	63,2	43,2	-	-
9-27-0 + 2% iłu bentonitowego BUN-P	96,0	69,3	49,3	-	-
9-27-0 + 1% iłu bentonitowego BUN-Z	95,6	66,3	49,6	-	-
9-27-0 + 2% iłu bentonitowego BUN-Z	95,6	68,3	59,8	-	-
9-27-0 + 1% iłu bentonitowego BUN-S	96,4	72,4	59,4	-	-
9-27-0 + 2% iłu bentonitowego BUN-S	96,8	75,5	63,2	-	-
9-27-0 + 1% bentonitu z Męcinki	95,2	73,2	62,8	-	-
9-27-0 + 2% bentonitu z Męcinki	95,2	79,2	69,2	-	-
9-27-0 + 1% bentonitu z Krzeniowa (I-26)	94,8	66,2	48,2	-	-
9-27-0 + 2% bentonitu z Krzeniowa (I-26)	94,8	77,2	55,4	-	-
9-27-0 + 1% bentonitu z Czech	94,0	78,4	56,2	-	-
9-27-0 + 2% bentonitu z Czech	96,4	86,4	72,8	-	-
9-27-0 + 1% bentonitu z Krzeniowa	95,6	76,3	66,2	-	-
9-27-0 + 2% bentonitu z Krzeniowa	95,2	82,2	68,4	-	-
9-27-0 + 1% iłu bentonitowego BUN	95,6	66,8	51,2	-	-
9-27-0 + 2% iłu bentonitowego BUN	95,6	70,2	57,6	-	-
9-27-0 + 1% bentonitu z Black Hills	99,6	88,6	84,6	78,4	76,2
9-27-0 + 2% bentonitu z Black Hills	99,6	96,2	92,2	82,6	80,6

Tabela 3. Stabilizacja zawiesin w środowisku nawozu typu „mączka fosforytowa” + NH_4NO_3 i 0,3% TPS

Roztwór bazowy + minerał ilasty	Wyniki po 30 min [% obj.]	Wyniki po 60 min [% obj.]	Wyniki po 2 h [% obj.]	Wyniki po 4 h [% obj.]	Wyniki po 24 h [% obj.]
„Mączka fosforowa” + NH_4NO_3 + TPS+ 1% iłu bentonitowego BUN-P	94,0	88,8	78,4	52,8	48,8
„Mączka fosforowa” + NH_4NO_3 + TPS+ 2% iłu bentonitowego BUN-P	96,8	92,8	84,4	64,4	52,0
„Mączka fosforowa” + NH_4NO_3 + TPS + 1% iłu bentonitowego BUN-Z	96,0	91,6	81,2	58,0	49,6
„Mączka fosforowa” + NH_4NO_3 + TPS + 2% iłu bentonitowego BUN-Z	98,4	94,4	85,6	66,0	54,0

Tabela 4. Stabilizacja zawiesin w środowisku nawozu o składzie 10-30-0

Roztwór bazowy + minerał ilasty	Wyniki po 1 h [% obj.]	Wyniki po 4 h [% obj.]	Wyniki po 24 h [% obj.]	Wyniki po 48 h [% obj.]	Wyniki po 7 dn. [% obj.]
10-30-0 + 1% iłu bentonitowego BUN-P	68,0	16,4	–	–	–
10-30-0 + 2% iłu bentonitowego BUN-P	70,4	42,4	20,0	17,6	16,0
10-30-0 + 1% iłu bentonitowego BUN-Z	95,2	54,4	24,8	22,0	20,8
10-30-0 + 2% iłu bentonitowego BUN-Z	96,8	70,4	36,8	32,8	29,2
10-30-0 + 1% iłu bentonitowego BUN-S	81,6	42,4	26,8	24,4	20,4
10-30-0 + 2% iłu bentonitowego BUN-S	98,0	78,4	56,0	48,4	37,2
10-30-0 + 1% bentonitu z Męcinki	98,4	94,4	65,2	54,8	38,4
10-30-0 + 1% bentonitu z Krzeniowa (I-26)	86,4	36,8	23,2	22,8	20,0
10-30-0 + 2% bentonitu z Krzeniowa (I-26)	89,6	48,4	30,0	26,0	22,0

ca fosforowego (tab. 3) najlepszym był bentonit z Black Hills – ok. 94% zawiesiny po 28 dniach, a czeski tylko 62% po 24 dniach.

Wyniki obserwacji w nawozie zawiesinowym 10-30-0 (tab. 4), opartym na polifosforanie amonowym, wykazują korzystne działanie bentonitu z Black Hills – 69,6% fazy zawieszanej przy 2% dodatku po 29 dniach, a dla bentonitu z Męcinki w ilości 1% – zaledwie 38,4% po 7 dniach.

Tabela 5. Zawartość wybranych pierwiastków w nawozie 9-27-0 i 10-30-0

Pierwiastek	Jednostka	Nawóz 9-27-0 (ortofosforany)	Nawóz 10-30-0 (polifosforany)
Ca	mg/kg	526,50	113,30
Mg	mg/kg	119,20	1090,00
Cu	%	0,32	1,65
Fe	%	0,43	0,71
Mn	%	0,40	0,31
Zn	%	1,03	1,73
Ni	mg/kg	2,65	2,38
Ti	mg/kg	210,90	12,93
Cd	mg/kg	1,10	1,20
Cr	mg/kg	1,92	1,24
Pb	mg/kg	4,08	8,10
As	mg/kg	0,05	0,05
Hg	mg/kg	0,16	0,21

Porównanie zawartości mikroelementów w nawozach zawieszinowych zawierających skondensowane formy fosforowe i nie zawierających tych form

Do nawozów 9-27-0 (bez form fosforowych skondensowanych) i 10-30-0 (posiadający formy fosforu skondensowane), dodano 1,5% Cu jako $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 2% Zn jako ZnO , 1% Fe jako $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ i 0,5% Mn jako $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Roztwory wymieszano dokładnie i pozostawiono na 24 godziny. Następnie z fazy cieklej pobrano próbkę do analizy chemicznej. Wyniki umieszczono w tabeli 5. Okazuje się, że zawartość polifosforanów w nawozach płynnych zawierających minerał ilasty utrzymuje wyższe stężenie kationów w roztworze niż ortofosforany i nie ma znaczenia, czy są związki metali rozpuszczalne w wodzie, czy też nie.

Pomiary lepkości wybranych nawozów zawieszinowych w zależności od czasu przechowywania

Przygotowane uprzednio roztwory wybranych nawozów zawieszinowych przechowywano i mierzono ich lepkość wraz z upływem czasu magazynowania. Wyniki przedstawiono w tabeli 6.

Dodatek bentonitu z Black Hills wyraźnie zwiększa lepkość zawiesiny wraz z czasem przechowywania. Wyraźnie mniejsze jest działanie ilu bentonitowego BUN z Ukrainy.

Do badań użyto najgorszy minerał ilasty BUN i najlepszy z Black Hills. Dla obydwu minerałów lepkości nieznacznie wzrastają z upływem czasu. Wyraźnie

Tabela 6. Zależność lepkości od czasu przechowywania nawozów zawieszinowych

Typ nawozu	Wyniki po 1 tygodniu [cP]	Wyniki po 2 tygodniach [cP]	Wyniki po 3 tygodniach [cP]
„mączka fosforowa” + NH_4NO_3 + TPS	0,91	1,45	1,28
„mączka fosforowa” + NH_4NO_3 + TPS + 2% dodatek iłu bentonitowego BUN	2,05	2,77	2,94
„mączka fosforowa” + NH_4NO_3 + TPS + 2% dodatek bentonitu z Black Hills	29,34	30,27	31,05
9-27-0	3,59	3,33	4,56
9-27-0 + 2% dodatek iłu bentonitowego BUN	5,34	4,97	6,91
9-27-0 + 2% dodatek bentonitu z Black Hills	37,99	37,55	47,47
10-30-0	24,44	17,40	20,29
10-30-0 + 2% dodatek iłu bentonitowego BUN	24,75	37,09	29,89
10-30-0 + 2% dodatek bentonitu z Black Hills	112,62	116,68	136,35

widać, że bentonit z Black Hills nadaje nawozom zawieszinowym wyższą lepkość od iłu bentonitowego BUN o słabych własnościach pęczniejących.

3. PODSUMOWANIE

1. Dla nawozów zawieszinowych z dodatkami przebadanych substancji pęczniejących stwierdzono, że najlepsze działanie, pomijając bentonit wzorcowy z Black Hills, wykazują bentonit z Czech i bentonit z Męcinki aktywowany za pomocą polifosforanu sodowego w Instytucie Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych.

2. Stwierdzono, że w przypadku większości nawozów zawieszinowych stosowane 1% i 2% dodatki minerałów ilastych okazały się niewystarczające w stosunku do rezultatów uzyskiwanych dla bentonitu wzorcowego, stosowanego na tym samym poziomie. Wykorzystanie dostępnych w kraju surowców mineralnych do produkcji nawozów zawieszinowych wymaga konieczności stosowania ich w większej ilości niż w testowanych próbach.

3. Dodatki minerałów ilastych powodują wzrost lepkości nawozów zawieszinowych. Bentonit z Black Hills dużo bardziej zwiększa lepkość niż testowane minerały.

4. Zróżnicowany skład chemiczny i fazowy stosowanych minerałów jest odmienny od wzorcowego bentonitu z Black Hills, uzyskanie polskiego preparatu do tego celu wymaga zastosowania złożonego procesu ich przygotowania.

LITERATURA

- ACHORN F.P., KIMBROUGH H.C. (1977), Fertilizer Solution, 21, 82.
- DANKIEWICZ M. (1991), *Technologia produkcji nawozów zawieszinowych*, Puławy.
- GETSINGER J., ACHORN F.P., HOFFMEISTER (1984), *Suspension fertilizers production and use*; Fluid fertilizers edited by J.M. Potts National Fertilizer Development Center, TVA, Muscle Shoals, Alabama.
- GÓRECKA H., GÓRECKI H., HOFFMANN J., PAWEŁCZYK A. (1992), *ICP do oznaczania mikroelementów w glebie*. Materiały VII Symposium „Mikroelementy w rolnictwie”, Wrocław, 441.
- GÓRECKI H., HOFFMANN J., MILEWSKA A. (1990), *Opracowanie technologii wytwarzania nawozów zawieszinowych*, Raport ITNiNM PWr Serii SPR 35/90.
- HOFFMANN J. (1988), *Wytwarzanie nawozu zawieszinowego azotowo-fosforowego z mikroelementami*. Pr. Nauk. AE we Wrocławiu, s. Chemia, 128, 426.
- LITYŃSKI J., JURKOWSKA H. (1982), *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*, Warszawa, PWN
- Praca zbiorowa (1978), *Surowce mineralne świata: cynk, kadm, ołów*, Warszawa, Wyd. Geolog.
- Praca zbiorowa (1977), *Surowce mineralne świata: miedź*, Warszawa, Wyd. Geolog.

Górecki H., Hoffmann J., Milewska A., Skowron M., (1995), Application of clay materials for production of environmentally safe suspension fertilizers, *Physicochemical Problems of Mineral processing*, 29, 199–208, (Polish text)

The paper presents results of tests aimed was to determine applicability of Polish clay materials as dispersion agent and stabilizer of the solid phase in suspension fertilizers with a high concentration of salts that are a source of macro- and microelements needed for a proper growth of plants. Sodium bentonite from Black Hills Bonds (USA) served as a model swelling mineral for Polish natural raw materials. The main goal of the tests was to evaluation of the suspension fertilizer samples with added clay materials. Czech bentonite was found to be the best of the tested samples because the results were comparable to Black Hills bentonite since at 2%, Black Hills bentonite kept the suspension of fertilizer No 9-27-0 at the level of 92,2% after 68 hours while Czech bentonite gave 72,8%. Comparable result to the one produced by Czech bentonite (i.e. 69,2%) was given by the Polish bentonite from Męcinka.