

JÓZEF KOBUS

WPŁYW NAWOŻENIA GLEBY PIASKOWEJ LUŻNEJ  
KAOLINITEM I BENTONITEM NA PLON ROŚLIN ZBOŻOWYCH  
I ZAWARTOŚĆ W NICH NIEKTÓRYCH SKŁADNIKÓW  
MINERALNYCH

Zakład Mikrobiologii IUNG w Puławach

Gleby lekkie zajmują w Polsce przeszło połowę całego obszaru znajdującego się pod uprawą polową. Około 20% tych gleb należy do kompleksu 6 i 7, a więc są to gleby o bardzo niskiej produktywności. W ciągu ostatnich 20 lat przeprowadzono wiele badań, których celem było podniesienie żyzności tych gleb [6, 12, 13, 16, 20, 21, 23, 25].

W badaniach tych autorzy dużą uwagę przywiązywali do wzbogacania w koloidy mineralne i organiczne gleb wytworzonych z piasku luźnego lub słabo gliniastego. Spośród wielu stosowanych zabiegów prowadzących do tego celu najlepsze wyniki wydaje się dawać nawożenie organiczne i bentonit. W ostatnich latach szczególnie dużo uwagi poświęciliśmy wpływowi bentonitu na aktywność biologiczną gleb lekkich i ich żyzność. Celem niniejszej pracy było sprawdzenie, czy przy nawiezieniu gleby bentonitem zwyczajka plonów została wywołana zmianą składu mechanicznego gleby, czy też jest wynikiem oddziaływania wprowadzonych składników mineralnych. W celach porównawczych badaniami objęto również kaolinit.

## MATERIAŁY I METODY BADAŃ

W latach 1973—1976 przeprowadzono doświadczenia wazonowe na ubogiej glebie piaskowej, zawierającej 4% części spławialnych, 0,35% węgla organicznego i 0,03% azotu, przy pH H<sub>2</sub>O równym 5,4. Przed założeniem doświadczenia gleba została przesiana przez sito o  $\phi$  2 mm. pH gleby doprowadzono z 5,4 do 6,6 za pomocą CaCO<sub>3</sub>. Do tak przygotowanej gleby dodano 2 lub 4% kaolinitu lub bentonitu w formie rozdrobnionej. Bentonit zawierał 1,66% K, 0,73% Na, 4,95% Ca i 1,22% Mg, kaolinit zaś — 0,01% K, 0,12% Na, 0,34% Ca i 0,25% Mg.

Badano 5 kominacji w pięciu potwórzaniach, dając na wazon 7,5 kg gleby + 1050 mg P + 2456 mg K. Obok kontroli zawierającej tylko glebę i wymienione nawozy, dwie kombinacje otrzymały: 0,15 kg lub 0,30 kg kaolinitu i dwie tyle samo bentonitu. Kaolinit i bentonit dodawano do gleby po uprzednim zmieszaniu jej z nawozami fosforowymi i potasowymi. Nawozy te:  $K_2HPO_4$  +  $KH_2PO_4$ , dano w dawce czteroletniej, natomiast azot w formie  $NH_4NO_3$  dodawano corocznie w roztworze wodnym przed siewem nasion w ilości 629 mg N na wazon. Drugą dawkę, również w ilości 629 mg N na wazon stosowano w fazie strzelania roślin w żdźbło. Przed siewem i podczas wzrostu roślin utrzymywano stale w glebie wilgotność na poziomie 55% całkowitej pojemności wodnej. W doświadczeniu przyjęto dwa następujące zmianowania:

rok	zmianowanie I	zmianowanie II
1973	jęczmień	pszenica
1974	owies	jęczmień
1975	pszenica	owies
1976	jęczmień	pszenica

Rośliny zbierano w stadium dojrzałości woskowej i po wysuszeniu oznaczano: powietrznie suchą masę ziarna i słomy oraz zawartość w nich N metodą Kjeldahla, K, Na, Ca i Mg po spopieleniu w piecu muflowym przy  $400^\circ C$  i ekstrakcji popiołu 1-procentowym HCl na spektrofotometrze absorpcji atomowej. Zawartość P oznaczano metodą kolorymetryczną Shella. Gleba w wazonach po sprzęcie roślin była każdorazowo przemieszana i pozostawiona w szklarni nie ogrzewanej zimą.

#### WYNIKI

Plon ziarna jęczmienia w pierwszym roku po nawożeniu wysoką dawką potasu i fosforu był stosunkowo niski i dodatek 2 lub 4% kaolinitu lub bentonitu nie wpłynął w istotny sposób na jego przyrost. Jedynie w serii z bentonitem wzrósł plon słomy (tab. 1).

Dopiero w drugim roku doświadczenia plon ziarna owsa w tych samych wazonach, bez dodatkowego nawożenia P i K, poważnie się zwiększył w serii z kaolinitem i bentonitem. Szczególnie silnie zadziałał tu dodatek 4% kaolinitu, w mniejszym stopniu dodany w tej samej ilości bentonit. Nawożenie gleby zarówno bentonitem, jak i kaolinitem wpłynęło również dodatnio na plon słomy.

Jeszcze wyraźniej zaznaczył się wpływ dodanych 4% bentonitu na plon uprawianej pszenicy, gdyż plon ziarna był tu o 45% wyższy niż na kombinacji kontrolnej. Kaolinit w tym wypadku działał nieco słabiej.

Największy jednak wpływ bentonitu zaznaczył się w czwartym roku doświadczenia. Przyrost plonu ziarna ponownie uprawianego jęczmienia

Wpływ kaolinitu i bentonitu na plony roślin zbożowych  
 Plony w g z wazonu  
 Effect of kaolinite and bentonite on cereal crop yields, in grams from pot

Następstwo roślin w latach Sequence of crops in years	Gleba + nawozy <sup>x</sup> Soil + fertilizers <sup>x</sup>		Gleba + nawozy + 2% kaolinitu Soil + fertilizers + 2% of kaolinite		Gleba + nawozy + 4% kaolinitu Soil + fertilizers + 4% of kaolinite		Gleba + nawozy + 2% bentonitu Soil + fertilizers + 2% of bentonite		Gleba + nawozy + 4% bentonitu Soil + fertilizers + 4% of bentonite	
	ziarno grain	słoma straw	ziarno grain	słoma straw	ziarno grain	słoma straw	ziarno grain	słoma straw	ziarno grain	słoma straw
I zmianowanie - Ist crop rotation										
Jęczmień - Barley 1973	29,6	41,3	24,3	42,2	29,8	40,1	26,8	44,2	29,2	45,4
Owies - Oats 1974	53,3	46,1	55,6	58,8	67,8	59,1	56,8	52,7	61,6	59,7
Pszonica - Wheat 1975	14,2	18,2	18,3	24,2	16,1	24,0	14,5	22,1	20,6	24,3
Jęczmień - Barley 1976	4,7	14,8	4,9	14,5	5,7	15,1	18,5	20,9	26,7	26,1
µt dla ziarna - ut for grain = 3,73					µt dla słomy - ut for straw = 2,81					
II zmianowanie - IInd crop rotation										
Pszonica - Wheat 1973	24,1	50,7	27,5	52,0	25,3	45,3	25,4	53,4	25,9	50,9
Jęczmień - Barley 1974	44,7	42,5	43,5	34,3	41,4	41,6	45,1	43,1	47,7	42,8
Owies - Oats 1975	28,5	29,6	34,8	36,1	26,9	35,6	35,4	37,2	36,6	39,8
Pszonica - Wheat 1976	6,3	12,7	5,9	13,7	5,5	13,0	15,8	18,8	18,4	24,8
µt dla ziarna - ut for grain = 0,616					µt dla słomy - ut for straw = 2,62					
<sup>x</sup> 7,35 kg gleby + 1050 mg P + 2456 mg K/K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> / - 7.35 kg of soil + 1050 mg of P + 2456 mg of K/K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> /										

był 4,0- do 5,5-krotnie wyższy w serii z bentonitem niż w serii z kaolinitem lub na kombinacji kontrolnej.

Średni sumaryczny przyrost plonów po czterech latach doświadczenia w zmianowaniu I wyniósł około 17% przy nawiezieniu gleby kaolinitem w ilości 4%, natomiast nie stwierdzono wpływu dodatku 2% kaolinitu. Natomiast bentonit dodany w ilości 2 i 4% wpłynął na wzrost plonów odpowiednio o 15 i 35%. Pod wpływem tego nawożenia wzrósł też plon słomy o 15,5 i 29,0%.

Analiza plonów roślin w II zmianowaniu (pszenica, jęczmień, owiec i ponownie pszenica) wykazała mniejsze różnice w wielkości plonów niż w zmianowaniu I. Należy zaznaczyć, że w zmianowaniu II statystycznie istotną zwyżkę plonów uzyskano jedynie przy dodatku do gleby 2 lub 4% bentonitu (tab. 1).

#### ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W ZIARNIE I SŁOMIE

W badaniach naszych staraliśmy się również sprawdzić, jaki wpływ wywiera dodatek minerałów ilastych na zawartość niektórych składników mineralnych w ziarnie i słomie uprawianych zbóż przy nawożeniu fosforem i potasem na zapas.

Zawartość N w ziarnie zbóż uzależniona była od rodzaju uprawianej rośliny, wysokości plonu oraz dodatku do gleby minerałów ilastych (tab. 2 i 3). Ziarna zbóż zawierały od 1,78 do 4,42% azotu. Stężenie N było na ogół mniejsze w ziarnach zebranych z roślin rosnących na glebie z bentonitem niż na glebie kontrolnej lub z dodatkiem kaolinitu. Łączyło się to często z wyższymi plonami. Słoma badanych roślin zawierała od 0,37 do 2,22% N. Zawartość azotu wzrastała w kombinacjach z mniejszą zawartością potasu i niższym plonem.

Ziarna badanych zbóż zawierały od 0,43 do 0,65% fosforu. Najwięcej P zawierały nasiona roślin uprawianych w czwartym roku doświadczenia. Szczególnie dużą zawartością fosforu odznaczały się ziarna roślin uprawianych na glebie z dodatkiem kaolinitu i na glebie kontrolnej. Najmniej zawierały go ziarna pszenicy uprawianej w pierwszym roku doświadczenia. Jeszcze większe różnice w zawartości P wystąpiły w słomie.

Zawartość K w ziarnach zbóż wahała się w granicach od 0,48 do 0,67%, przy czym najwięcej znaleziono go w ziarnie jęczmienia i owsa, mniej zaś w pszenicy. Zawartość K była na ogół bardzo stabilna, w niewielkim stopniu uzależniona od wysokości plonu, następstwa roślin i stopnia wyczerpania składników pokarmowych z gleby.

Zawartość K w słomie zależała głównie od poziomu tego składnika w glebie. Badana słoma różnych zbóż, uprawiana na glebie bez dodatku minerałów ilastych lub z dodatkiem kaolinitu lub bentonitu, zawierała od 0,01 do 3,8% potasu w stosunku do suchej masy. Najwięcej potasu gromadziła słoma roślin rosnących w pierwszym roku doświadczenia. Sło-

Tabela 2

Skład chemiczny roślin - Chemical composition of plants  
Zmianowanie I - Crop rotation I

Następstwo roślin w latach Sequence of crops in years	Gleba + nawozy - kontrola Soil + fertilizers - control						Gleba + nawozy + 2% kaolinitu Soil + fertilizers + 2% of kaolinite						Gleba + nawozy + 4% kaolinitu Soil + fertilizers + 4% of kaolinite					
	N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg
Skład chemiczny ziarna w % s.m. - Chemical composition of grain in % of d.m.																		
Jęczmień - Barley 1973	2,23	0,33	0,61	0,01	0,04	0,12	2,21	0,33	0,67	0,01	0,04	0,12	2,28	0,26	0,58	0,01	0,04	1,09
Owies - Oats 1974	2,04	0,38	0,61	0,01	0,12	0,12	1,91	0,34	0,60	0,01	0,08	0,11	1,78	0,32	0,58	0,01	0,07	1,08
Pszenvica - Wheat 1975	2,51	0,44	0,59	0,04	0,08	0,16	2,69	-	0,61	0,04	0,07	0,18	2,74	-	0,64	0,05	0,07	1,58
Jęczmień - Barley 1976	4,42	0,61	0,60	0,15	0,04	0,18	4,38	0,65	0,62	0,16	0,04	0,17	4,42	0,65	0,58	0,16	0,04	1,73
Skład chemiczny słomy w % s.m. - Chemical composition of straw in % of d.m.																		
Jęczmień - Barley 1973	1,37	0,30	3,67	0,09	0,44	0,06	1,58	0,32	3,85	0,14	0,45	0,07	1,20	0,29	3,73	0,34	0,51	0,06
Owies - Oats 1974	0,59	0,16	1,39	0,58	0,90	0,06	0,67	0,22	1,56	0,56	0,54	0,21	0,37	0,18	1,32	0,52	0,43	0,15
Pszenvica - Wheat 1975	1,07	0,71	0,27	0,42	0,71	0,44	1,06	-	0,30	0,43	0,70	0,44	1,03	-	0,29	0,44	0,69	0,42
Jęczmień - Barley 1976	1,93	0,18	0,13	1,13	1,28	0,50	2,20	0,22	0,13	0,02	1,51	0,54	2,14	0,17	0,13	1,09	1,51	0,53

Skład chemiczny roślin - Chemical composition of plants  
Zmianowanie I - Crop rotation I

Następstwo roślin w latach Sequence of crops in year	Gleba + nawozy - kontrola Soil + fertilizers + control						Gleba + nawozy + 2% bentonitu Soil + fertilizers + 2% of bentonite						Gleba + nawozy + 4% bentonitu Soil + fertilizers + 4% of bentonite					
	N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg
Skład chemiczny ziarna w % s.m. - Chemical composition of grain in % of d.m.																		
Jęczmień - Barley 1973	2,23	0,33	0,61	0,01	0,04	0,12	2,26	0,36	0,58	0,03	0,04	0,13	2,21	0,36	0,58	0,03	0,04	0,13
Owies - Oats 1974	2,04	0,38	0,61	0,01	0,12	0,12	1,89	0,36	0,68	0,02	0,07	0,12	1,88	0,34	0,58	0,02	0,07	0,11
Pszenica - Wheat 1975	2,51	0,44	0,59	0,04	0,08	0,16	2,67	0,44	0,59	0,02	0,07	0,17	2,53	0,46	0,63	0,02	0,06	0,17
Jęczmień - Barley 1976	4,42	0,61	0,60	0,15	0,04	0,18	3,27	0,48	0,41	0,14	0,02	0,16	2,89	0,46	0,43	0,12	0,02	0,15
Skład chemiczny słomy w % s.m. - Chemical composition of straw in % of d.m.																		
Jęczmień - Barley 1973	1,37	0,30	3,67	0,09	0,44	0,06	1,20	0,30	3,11	0,87	0,35	0,07	1,03	0,32	2,63	0,85	0,30	0,07
Owies - Oats 1974	0,59	0,16	1,39	0,58	0,90	0,06	0,53	0,20	2,56	0,91	0,45	0,19	0,40	0,21	3,26	1,15	0,31	0,17
Pszenica - Wheat 1975	1,07	0,71	0,27	0,42	0,71	0,44	1,05	0,66	0,85	0,45	0,59	0,31	0,52	0,24	1,14	0,34	0,32	0,25
Jęczmień - Barley 1976	1,93	0,18	0,13	1,13	1,28	0,50	1,25	0,06	0,13	1,32	1,28	0,46	1,09	0,06	0,22	1,51	0,79	0,42

Tabela 3

Skład chemiczny roślin - Chemical composition of plants  
Zmianowanie II - Crop rotation II

Następstwo roślin w latach Sequence of crops in year	Gleba + nawozy - kontrola Soil + fertilizers - control						Gleba + nawozy + 2% kaolinitu Soil + fertilizers + 2% of kaolinite						Gleba + nawozy + 4% kaolinitu Soil + fertilizers + 4% of kaolinite					
	N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg
Skład chemiczny ziarna w % s.m. - Chemical composition of grain in % of d.m.																		
Pszenica - Wheat 1973	2,81	0,21	0,48	0,01	0,03	0,12	2,61	0,20	0,48	0,01	0,04	0,15	2,55	0,18	0,43	0,01	0,04	0,14
Jęczmień - Barley 1974	2,12	0,39	0,63	0,04	0,05	0,13	2,09	0,40	0,62	0,03	0,05	0,13	2,09	0,41	0,58	0,03	0,05	0,13
Owies - Oats 1975	2,60	0,41	0,59	0,12	0,11	0,16	2,56	-	0,61	0,10	0,13	0,16	2,98	-	0,60	0,08	0,17	0,18
Pszenica - Wheat 1976	3,37	0,45	0,58	0,05	0,04	0,16	3,50	0,46	0,58	0,04	0,04	0,17	3,34	0,43	0,57	0,04	0,04	0,16
Skład chemiczny słomy w % s.m. - Chemical composition of straw in % of d.m.																		
Pszenica - Wheat 1973	1,19	0,30	3,51	0,07	0,32	0,04	1,12	0,26	3,49	0,03	0,32	0,06	1,07	0,25	3,50	0,04	0,30	0,06
Jęczmień - Barley 1974	0,97	0,16	1,54	0,34	0,90	0,18	0,78	0,16	1,59	0,31	0,75	0,19	0,76	0,14	1,45	0,34	0,97	0,20
Owies - Oats 1975	1,03	0,58	0,28	1,87	0,71	0,43	1,01	-	0,33	1,82	0,77	0,46	1,17	-	0,40	1,68	0,87	0,45
Pszenica - Wheat 1976	1,46	0,14	0,19	0,46	0,79	0,44	1,53	1,18	0,10	0,55	0,91	0,49	1,41	0,12	0,09	0,55	0,90	0,41

od. tabeli 3

Skład chemiczny roślin - Chemical composition of plants  
Zmianowanie II - Crop rotation II

Następstwo roślin w latach Sequence of crops in years	Gleba + nawozy - kontrola Soil + fertilizers - control						Gleba + nawozy + 2% bentonitu Soil + fertilizers + 2% of bentonite						Gleba + nawozy + 4% bentonitu Soil + fertilizers + 4% of bentonite					
	N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg
Skład chemiczny ziarna w % s.m. - Chemical composition of grain in % of d.m.																		
Pszonica - Wheat 1973	2,81	0,21	0,48	0,01	0,03	0,12	2,44	0,22	0,46	0,01	0,03	0,14	2,59	0,22	0,46	0,01	0,03	0,15
Jęczmień - Barley 1974	2,12	0,39	0,63	0,04	0,05	0,13	2,01	0,40	0,61	0,04	0,05	0,13	2,01	0,40	0,58	0,04	0,04	0,12
Owies - Oats 1975	2,60	0,41	0,59	0,12	0,11	0,16	2,53	0,41	0,61	0,09	0,12	0,16	2,46	0,41	0,61	0,06	0,11	0,16
Pszonica - Wheat 1976	3,37	0,45	0,58	0,05	0,04	0,16	2,76	0,38	0,47	0,02	0,03	0,14	2,45	0,36	0,46	0,01	0,03	0,14
Skład chemiczny słomy w % s.m. - Chemical composition of straw in % of d.m.																		
Pszonica - Wheat 1973	1,19	0,30	3,51	0,07	0,32	0,04	1,18	0,24	3,34	0,07	0,32	0,07	1,01	0,24	3,26	0,07	0,22	0,06
Jęczmień - Barley 1974	0,97	0,16	1,54	0,34	0,90	0,18	0,76	0,17	2,29	0,96	0,62	0,17	0,92	0,21	2,26	1,46	0,33	0,11
Owies - Oats 1975	1,03	0,58	0,28	1,87	0,71	0,43	0,87	0,67	1,01	2,12	0,45	0,32	0,64	0,76	2,20	2,00	0,28	0,23
Pszonica - Wheat 1976	1,46	0,14	0,19	0,46	0,79	0,44	0,75	0,07	0,30	0,58	0,71	0,44	0,68	0,08	0,87	0,42	0,35	0,35



ma pszenicy, podobnie i jęczmienia, zawierała ponad 3,5% potasu. Nieco mniej K znaleziono w słomie jęczmienia uprawianego na glebie zawierającej bentonit. Najmniej zawierała go słoma zbóż uprawianych w czwartym roku doświadczenia na glebie kontrolnej lub z dodatkiem kaolinitu.

Nasiona zbóż gromadziły na ogół bardzo małe ilości Na, a jego zawartość zależała od rodzaju roślin i od ich zaopatrzenia w potas (tab. 2 i 3). Najmniej sodu kumulowała pszenica (0,01 do 0,05%), najwięcej jęczmień (od 0,01 do około 0,16%). Zarówno w ziarnach jęczmienia, jak pszenicy i owsa znajdowano więcej sodu w miarę wyczerpywania się potasu z podłoża. Wpływ niedoboru potasu na zawartość sodu uwidocznił się jeszcze wyraźniej w słomie. Ilość sodu w słomie badanych roślin wahała się w granicach od 0,02 do około 2,0%. W miarę wyczerpywania się potasu z podłoża słoma zbóż bogatsza była w sód. Szczególnie dużo sodu gromadził w słomie owies, mniej jęczmień, najmniej zaś pszenica. Na ogół rośliny uprawiane na glebie z dodatkiem bentonitu gromadziły sód w większym stopniu niż rosnące na glebie kontrolnej lub z dodatkiem kaolinitu.

Zawartość Ca w ziarnie zbóż wahała się w granicach od 0,03 do 0,17%. Najwięcej wapnia zawierały ziarna owsa, w następnej kolejności ziarna pszenicy, najmniej zaś ziarna jęczmienia. Poziom Ca w ziarnie nie zależał od podłoża ani od kolejności roślin w rotacji.

W słomie badanych roślin występowało kilkakrotnie więcej wapnia niż w ziarnie (od 0,3 do 1,5%), a jego poziom wzrastał bardzo wyraźnie w miarę obniżania się w słomie poziomu potasu i sodu.

Spośród badanych składników mineralnych poziom magnezu w nasionach zbóż należał do najbardziej stabilnych. Zawartość tego składnika wahała się w granicach od około 0,11 do 0,18%.

Większe natomiast wahania w zawartości Mg stwierdzono w słomie. W miarę wyczerpywania się potasu z gleby wzrastało stężenie Mg i najwięcej było go w słomie jęczmienia i pszenicy, uprawianych w czwartym roku doświadczenia.

#### WYKORZYSTANIE NAWOZÓW MINERALNYCH PRZEZ UPRAWIANE ROŚLINY

Rośliny uprawiane w ciągu czterech lat na tym samym podłożu pobrały z gleby od 73,3 do 86,9% dodawanego im corocznie azotu. Nie wydaje się więc, aby azot był czynnikiem limitującym plon roślin. Najlepiej wykorzystywały azot rośliny rosnące w glebie wzbogaconej 4% bentonitu. Należy zaznaczyć, że w serii tej uzyskano najwyższy plon ziarna i słomy. Pobrany azot znalazł się w 52 do 73,5% w ziarnie (tab. 4 i 5).

Fosfor wniesiony do gleby na początku doświadczenia wykorzystany został w 70 do 98,4%. Największe wykorzystanie fosforu przez rośliny stwierdzono w glebie z dodatkiem bentonitu. Fosfor, podobnie jak i azot, został przemieszczony głównie do ziarna (42,8 do 53,1%). Nie stwierdzono

Tabela 4

Składniki pokarmowe pobrane z wazonów w ciągu 4-letnich doświadczeń w mg z wazonu  
Na wazon dodano 4960 mg N, 2456 mg K, 1050 mg P

Nutrients uptake from pots in 4-year experiments, in mg from pot  
Per pot 4960 mg N, 2456 mg K and 1050 mg P were added

Zmianowanie I - Crop rotation I

Składnik Element	Gleba + nawozy kontrola Soil+fertilizers control	Gleba+nawozy+2% kaolinitu Soil+fertilizers +2% of kaolinite	Gleba+nawozy+4% kaolinitu Soil+fertilizers +4% of kaolinite	Gleba+nawozy+2% bentonitu Soil+fertilizers +2% of bentonite	Gleba+nawozy+4% bentonitu Soil+fertilizers +4% of bentonite
N	3636,3	3416,0	3873,0	3973,5	4311,7
P	758,7	-	-	964,5	1004,6
K	2859,1	3271,5	3056,7	3854,4	4246,1
Na	571,8	667,2	816,4	1284,4	1598,3
Ca	967,9	960,9	925,7	895,4	678,4
Mg	834,0	467,9	435,3	713,8	481,7
Procent składników w ziarnie - Per cent of nutrients in grain					
N	63,6	52,0	66,6	67,2	73,5
P	52,6	-	-	47,1	53,1
K	21,8	19,5	22,9	17,2	18,1
Na	4,2	4,0	8,8	3,7	3,4
Ca	8,9	7,0	7,8	11,7	10,8
Mg	15,5	28,1	32,3	21,5	37,6

Tabela 5

Składniki pokarmowe pobrane z wazonu w ciągu 4-letniego doświadczenia w mg z wazonu

Nutrients uptake from pot in the 4-year experiment - in mg

Zmianowanie II - Crop rotation II

Składnik Element	Gleba + nawozy kontrola Soil+fertilizers control	Gleba+nawozy+ 2% kaolinitu Soil+fertilizers +2% of kaolinite	Gleba+nawozy+ 4% kaolinitu Soil+fertilizers +4% of kaolinite	Gleba+nawozy+ 2% bentonitu Soil+fertilizers +2% of bentonite	Gleba+nawozy+ 4% bentonitu Soil+fertilizers +4% of bentonite
N	3925,5	4146,8	3895,6	4283,8	4311,3
P	783,8	-	-	1032,8	1001,6
K	3142,3	3140,7	3084,9	3884,5	4419,1
Na	823,5	926,7	862,2	1474,5	1612,4
Ca	919,3	906,6	1041,8	817,6	528,4
Mg	419,7	487,6	469,9	484,4	721,5
Procent składników w ziarnie - Per cent of nutrients in grain					
N	62,2	70,0	64,0	66,8	69,1
P	47,7	-	-	42,8	46,5
K	19,2	21,0	17,6	17,5	15,9
Na	6,7	6,2	4,6	3,7	3,1
Ca	7,0	7,6	7,4	9,5	14,1
Mg	33,4	34,8	30,7	35,6	24,7

przy tym nadmiernego pobrania fosforu przez rośliny nawet przy jego dużej koncentracji w pierwszym roku doświadczenia.

Czynnikiem najbardziej limitującym plonowanie roślin w trzecim i czwartym roku doświadczenia był potas. Został on wykorzystany przez rośliny całkowicie, a poza tym w dużym stopniu zostały naruszone rezerwy glebowe. Z gleby kontrolnej lub gleby z dodatkiem kaolinitu rośliny

pobrały o 16 do 33% więcej potasu w stosunku do ilości potasu dodanego do gleby podczas zakładania doświadczenia, w serii zaś z bentonitem — o 57 do 80% więcej.

Sądząc z wyników analiz chemicznych, już w pierwszym roku doświadczenia rośliny pobrały z gleby kontrolnej i z gleby nawiezionej kaolinitem 73 do 79% potasu dodanego im na początku doświadczenia. O wiele oszczędniej gospodarowały potasem rośliny w serii z dodatkiem bentonitu, pobrały bowiem około 55% w trakcie pierwszego sezonu wegetacyjnego. W drugim roku doświadczenia uprawiane w tych samych wazonach owies i jęczmień wyczerpały we wszystkich seriach doświadczalnych dodany potas i naruszyły rezerwę glebową.

W trzecim i czwartym roku rośliny korzystały tylko z zapasów potasu znajdującego się w glebie. W miarę wyczerpywania się K zmniejszał się bardzo wyraźnie plon uprawianych roślin. Jedynie w serii z bentonitem jeszcze w czwartym roku doświadczenia rośliny dawały stosunkowo wysoki plon ziarna i słomy.

Ziarna roślin zbożowych gromadziły nieco więcej magnezu niż potasu. Znaleziono w nich od 15 do 37,6% magnezu pobranego przez rośliny.

Spśród badanych składników mineralnych ziarna zbóż zawierały najmniej wapnia (7 do 14%) i sodu (3,1 do 8,9%).

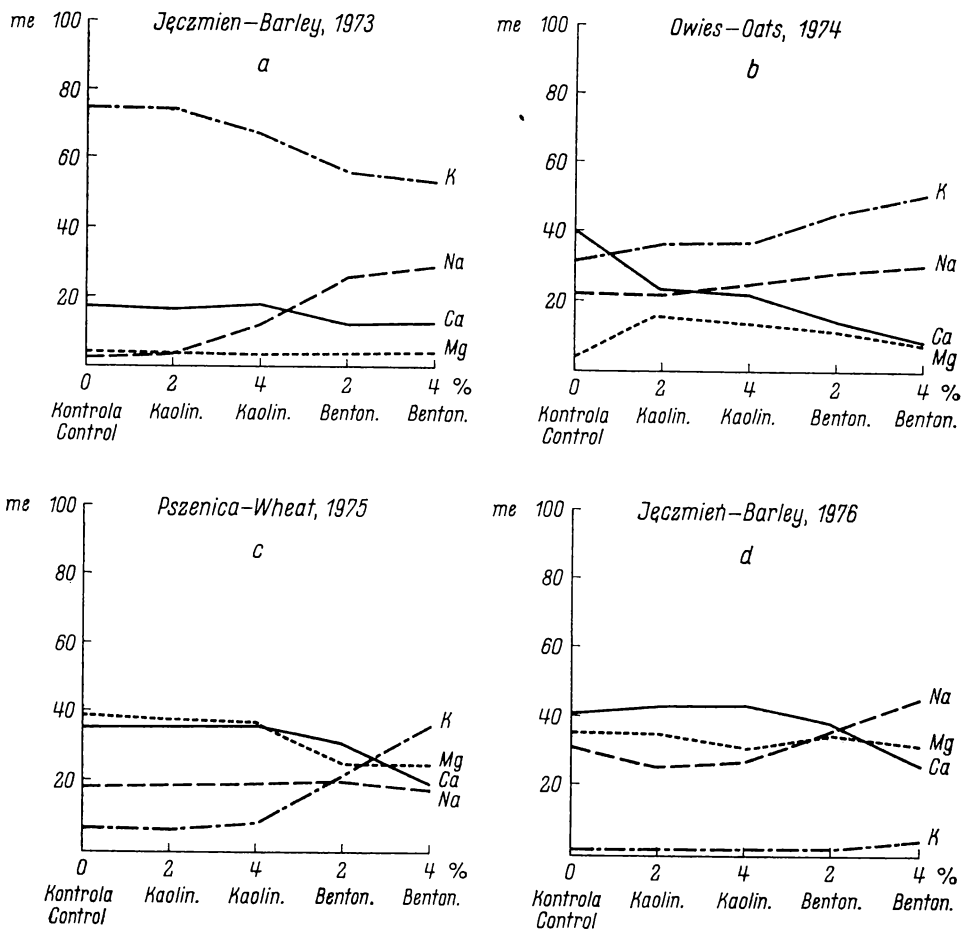
#### ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ K, NA, CA I MG W SŁOMIE URAWIANYCH ZBÓŻ W CZASIE CZTEROLETNIICH DOŚWIADCZEŃ

Z rys. 1 wynika, że w pierwszym roku uprawy głównym kationem w słomie jęczmienia był potas. W miarę zmniejszania się jego ilości w słomie w serii z bentonitem uzupełniał go sól. Wzrostowi sodu towarzyszyło zmniejszanie się Ca. Uprawiany w drugim roku owies, mający do dyspozycji mniejszą ilość łatwo przyswajalnego potasu w kombinacji kontrolnej lub w glebie z dodatkiem kaolinitu, rekompensował niedobór potasu pobieraniem zwiększonej ilości wapnia i magnezu. Należy przy tym zauważyć, że owies, nawet przy zmniejszonej ilości potasu, dał bardzo wysoki plon ziarna i słomy.

Jak wynika z rys. 1c, dominującym kationem w słomie pszenicy w trzecim roku doświadczenia w serii kontrolnej lub z dodatkiem kaolinitu był wapń, natomiast w serii z dodatkiem 4% bentonitu — potas. Być może dzięki temu w tej ostatniej serii notowano stosunkowo wysoką zwyczaję plonów w porównaniu z kontrolą.

W słomie jęczmienia uprawianego w ostatnim roku doświadczenia dominującym kationem był wapń, jedynie w słomie jęczmienia rosnącego na glebie zawierającej bentonit — sól.

Podobne zależności obserwowano w płodozmianie II. Wyjątkiem tu była słoma owsa uprawianego w trzecim roku doświadczenia, w którym dominującym kationem był sól. Należy przy tym zaznaczyć, że owies i jęczmień mogły niedobory potasu zastąpić w dużym stopniu sodem.



Rys. 1. Wpływ kaolinitu i bentonitu na zawartość niektórych kationów w słomie uprawianych roślin w procentach milirównoważników. Zmianowanie I

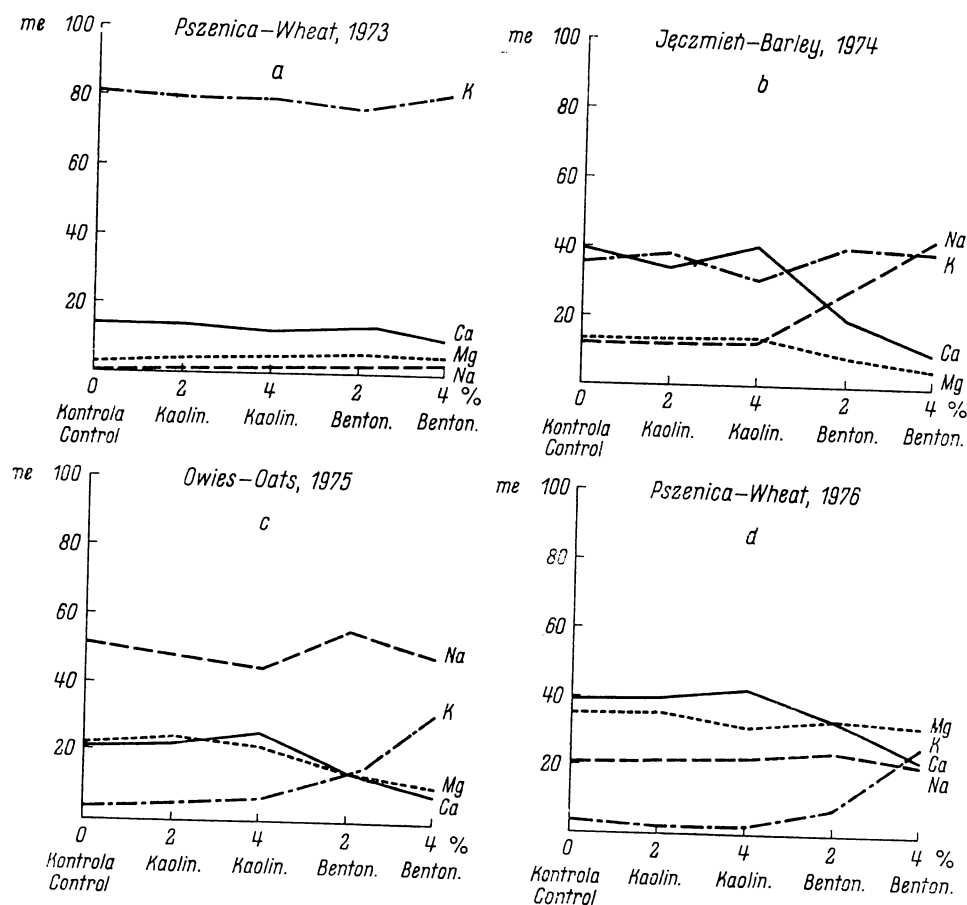
Effect of kaolinite and bentonite on the content of some cations in straw of the crops cultivated, in % of milliequivalents. Crop rotation I

#### DYSKUSJA WYNIKÓW

Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że dodatek 2 i 4% bentonitu podnosił w obydwu zmianowaniach średni plon ziarna o 16 i 30% oraz słomy o 13 i 24%. Kaolinit zaś w niewielkim stopniu podnosił plony ziarna i słomy tylko w zmianowaniu I.

Wcześniejsze badania L h o d z k i e g o [16], Kobusa [13 i 14] oraz innych wykazały korzystny wpływ bentonitu na plon roślin, chociaż nie zostało wyjaśnione, na czym ten korzystny wpływ polega. Dopiero systematyczna analiza chemiczna roślin w doświadczeniach 4-letnich wykazała,

że bentonit zawiera dość dużo składników pokarmowych dla roślin i działa regulująco na ich pobieranie. Potwierdzeniem tej hipotezy jest niewielki wpływ bentonitu na plon roślin w pierwszych dwóch latach doświadczenia. Uprawiane rośliny miały w tym czasie jeszcze wystarczającą ilość niezbędnych składników do rozwoju roślin. W trzecim i czwartym roku doświadczenia w serii z bentonitem niedobory potasu pokrywane były z zawartych w nim zapasów. Należy przy tym zaznaczyć, że rośliny pobrały z bentonitu od 26 do 40% ogólnej ilości potasu. Znany jest fakt, że rośliny pobierają potas z minerałów znajdujących się w podłożu. Na przykład Elgabaly i Wiklander [7] znaleźli, że rośliny pobierały K z minerałów ilastych, zaś Talibudeen i współpracownicy [24] stwierdzili, że z miki.



Rys. 2. Wpływ kaolinitu i bentonitu na zawartość niektórych kationów w słomie uprawnych roślin w procentach milirównoważników. Zmianowanie II

Effect of kaolinite and bentonite on the content of some cations in straw of the crops cultivated, in % of milliequivalents. Crop rotation II

Badając zawartość N, P, K, Na, Ca i Mg w ziarnie i słomie uprawianych roślin, stwierdzono duży wpływ sposobu nawożenia gleby na stężenie tych składników w różnych częściach roślin. Szczególnie wyraźnie uwidoczniło się to w zawartości wymienionych kationów w słomie. W ziarnie skład ten był na ogół stosunkowo stabilny i wykazywał tylko niewielkie wahania. Do mniej stabilnych należały takie pierwiastki, jak azot i fosfor.

Zawartość azotu w ziarnach zbóż zależała w dużym stopniu od rodzaju roślin, wysokości plonu i od zawartości w glebie potasu. Znany jest fakt, że w miarę wzrostu plonu zmniejsza się zawartość azotu w roślinie. W naszym doświadczeniu stwierdziliśmy, że na przykład ziarna jęczmienia zebrane w pierwszym roku z gleby kontrolnej zawierały 2,23% N, natomiast w czwartym roku doświadczenia — 4,42%, przy czym plon ziarna w czwartym roku był około 7-krotnie niższy niż w pierwszym. Przy dodatku do gleby 4% bentonitu różnice w plonie w pierwszym i czwartym roku były niewielkie, jak również niewielkie były różnice w zawartości azotu. Podobne zależności stwierdzono z fosforem.

Analizy chemiczne wykazały w ziarnach zbóż stosunkowo stabilne stężenie potasu i nie zależało ono od jego zawartości w podłożu. W słomie natomiast zawartość K była wprost proporcjonalna do jego koncentracji w podłożu. Do podobnego wniosku doszli Conyers i McLean [5] oraz Humphries i Devonald [11], badając koncentrację potasu w roślinach pomidora. Okazuje się, że zarówno niedobór, jak i nadmiar potasu jest szkodliwy dla rozwoju roślin. Melian i współpracownicy [18] doszli do wniosku, że słaby nadmiar tego składnika obniżał plon sałaty o 5%, a większy — już o 19%. Podobne wyniki uzyskaliśmy również w naszym doświadczeniu.

Według amerykańskich badaczy [22, 8] w roślinach występują dwa mechanizmy pobierania mineralnych składników, uruchamiane w zależności od stężenia jonów w podłożu. Przy niskiej koncentracji występuje aktywne ich pobieranie przez rośliny, przy czym selektywne jest pobieranie potasu. Po przekroczeniu stężenia jonów powyżej 0,5 mM ujawnia się drugi mechanizm pobierania, który jest mało selektywny. W końcowym efekcie przy wysokiej koncentracji jonów w roztworze glebowym rośliny pobierają dużą ilość różnych jonów, co może mieć poważne znaczenie w praktyce rolniczej.

W badaniach naszych stwierdzono, że w miarę obniżania się zawartości potasu w słomie uprawianych zbóż wzrastała w niej zawartość sodu, wapnia i magnezu. Związane to jest zapewne z koniecznością utrzymania równowagi jonowej w tkankach roślinnych [10]. Przy nadmiarze potasu w podłożu może zmniejszać się w roślinach zawartość magnezu poza bezpieczną granicę dla zwierząt. Podobne zjawisko obserwowaliśmy przy akumulacji sodu w słomie w braku potasu w podłożu. Zdaniem

Arnolda [2] taka bezpieczna granica, np. przy uprawie traw, a zapewniająca maksymalny plon, występuje wtedy, gdy gleba nawożona jest nawozami potasowymi w wysokości 80 kg  $K_2O/ha$ /pokos.

W doświadczeniach naszych w miarę zmniejszania się ilości potasu niektóre rośliny gromadziły w słomie sól. Szczególnie dużą koncentrację sodu znaleziono w słomie owsa i jęczmienia. Pszenica natomiast niemal przy całkowitym deficycie potasu tylko w niewielkim stopniu pobierała sól. Wyniki te byłyby potwierdzeniem wcześniejszych badań [22, 4, 3]. Należy tu zaznaczyć, że Brownell [4] udowodnił, że pszenica i jęczmień mają małą zdolność wymienną korzeni w stosunku do sodu.

Z naszych doświadczeń wynika, że spośród badanych zbóż owies należy do roślin najbardziej aktywnie pobierających sól, w następnej kolejności jęczmień, najmniejszą zdolność pod tym względem wykazuje pszenica. Według McLeana [17], a także Koter i Warchołowej [15] potas może być częściowo zastępowany przez sól także przy uprawie trawy kanaryjskiej, selera i seradeli.

Z analiz chemicznych wynika, że jęczmień i pszenica, uprawiane w pierwszym roku po nawiezieniu gleby wysoką dawką potasu i fosforu, pobrały ponad 70% K i tylko 20 do 25% P z gleby kontrolnej lub z dodatkiem kaolinitu. Wynikałoby z tego, że gleby o bardzo słabym kompleksie sorpcyjnym nie powinny być nawożone potasem na zapas, gdyż rośliny pobierają ten składnik w nadmiarze. Zdaniem Allena i Maysa [1] oraz Miwa i in. [19] najkorzystniej oddziałuje na plon roślin potas dodany do gleby w formie słabo rozpuszczalnej, gdyż zapobiega to luksusowemu pobieraniu tego składnika przez rośliny. W przypadku naszych doświadczeń taką funkcję pełni bentonit, który sorbował nadmiar K z roztworu glebowego i po wyczerpaniu formy wymiennej następowało stopniowe uwalnianie K z tej skały. Dzięki temu plon roślin utrzymywał się przez okres 4 lat bez dodatkowego nawożenia potasem. Kaolinit zaś tylko w niewielkim stopniu wpływał dodatnio na gospodarkę tym składnikiem pokarmowym w glebie.

W doświadczeniu tym stwierdzono, że celowe jest nawożenie gleby fosforem na zapas, gdyż rośliny nie pobierają P w nadmiarze.

#### WNIOSKI

Badania nad wpływem nawożenia gleby piaskowej luźnej 2 lub 4% bentonitu zmieszanego z wysoką dawką P i K wpłynęło korzystnie na plon uprawianych w tych samych wazonach roślin przez okres 4 lat. Natomiast kaolinit dodany w tej samej ilości miał stosunkowo niewielki wpływ.

W naszym doświadczeniu, w którym utrzymywano wilgotność na poziomie optymalnym, bentonit oddziałował głównie przez zawarte w nim składniki pokarmowe, a w szczególności potas.

W miarę wyczerpywania się potasu z podłoża rośliny zbożowe gromadziły w słomie więcej Na, Mg i Ca. W ziarnach zaś stężenie wymienionych składników utrzymywało się na jednakowym poziomie i nie zależało od zawartości potasu w podłożu.

Stwierdzono, że przy niedoborze potasu w glebie owies i jęczmień zastępowały ten pierwiastek częściowo sodem. Pszenica natomiast nie wykazywała tych zdolności.

Okazało się, że nawożenie na zapas potasem gleby piaskowej luźnej jest niekorzystne, gdyż rośliny pobierają ten składnik niemal całkowicie już w pierwszym roku uprawy. Dodany do gleby wraz z potasem bentonit zapobiegał w pewnym stopniu luksusowemu pobieraniu tego składnika.

Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że celowe jest nawożenie gleby fosforem na zapas, gdyż rośliny nie pobierają tego składnika w nadmiarze, niezależnie od jego koncentracji w podłożu i obecności dodawanych do gleby minerałów ilastych.

#### LITERATURA

- [1] Allen S. A., Mays D. A.: Coated and other slow-release fertilizers for forages. *Forage Fertilization Am. Soc. Agron., Medison, Wis. USA, 1974, 559—582*
- [2] Arnold G. H.: Potassium regime, dry matter yield and magnesium content of grass. *Gen. Meeting Europ. Grassland Fed. 1978, 941—953. Gent.*
- [3] Bajwa M. S., Bhumbla D. R.: Relationship between root cation exchange capacity and sodium tolerance of different crops. *Plant and Soil 33, 1971, 57—63*
- [4] Brownell P. F.: Sodium as an essential micronutrient element for some higher plants. *Plant and Soil 28, 1968, 161—164.*
- [5] Conyers E. S., McLean E. O.: Plant uptake and chemical extractions for evaluating potassium release characteristics of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33, 1969, 226—230.*
- [6] Dobrzański B., Zepchła W.: Wykorzystanie odpadów przemysłowych i kopalnianych do zwiększenia urodzajności gleb piaskowych w Polsce. *Nowe Rol. 1971, 15—16, 14—16.*
- [7] Elgabaly M. M., Wiklander L.: Effect of exchange capacity of clay mineral and acidoid content of plant on uptake of sodium and calcium by excised barley and pea roots. *Soil Sci. 67, 1949, 419—424.*
- [8] Epstein E.: *Principles and perspectives.* New York 1972.
- [9] Follett R. F., Power J. F., Grunes D. L., Klein C. P.: Effect of N and P fertilization, N source and clipping on potential tetany hazard of brome grass. *Plant and Soil 48, 1977, 485—508.*
- [10] Hall A. D.: Some effects of varied calcium nutrition on the growth and composition of tomato plants. *Plant and Soil 48, 1977, 199—211.*
- [11] Humphries P. D., Devonald V. G.: The distribution of potassium, calcium and magnesium in young tomato plants grown in water culture. *Plant and Soil 48, 1977, 435—445.*



- [12] Kobus J., Strzelcowa A.: Wpływ minerałów ilastych na aktywność biologiczną i żyzność gleb lekkich. Część III. Roczn. glebozn. 18, 1963, 116—131.
- [13] Kobus J.: Wpływ bentonitu na plon i skład chemiczny niektórych roślin uprawnych. Pam. puł. 1972, 55, 57—76.
- [14] Kobus J.: Effect of bentonite added to loose sandy soil together with excess of P and K on the yield and chemical composition of cereals. Pol. Jour. of Soil Sci. 12, 1979, 45—51.
- [15] Koter Z., Warchałowa M.: Rola sodu w żywieniu seradeli. Acta agrobot. 11, 1962, 131—150.
- [16] Lhodzki J.: Prinzipien der Wirksamkeit aus Bentonits als Meliorationsmittel Scienta Agri. Bohemslovaca 19, 1970, 1—16.
- [17] McLean E. O.: Uptake of sodium and other cations by five crop species. Soil Sci. 82, 1956, 21—28.
- [18] Melian G. P., Escalona A. L., Steiner A. A.: Leaf analysis as a diagnosis of nutritional deficiency or excess in the soilless culture of lettuce. Plant and Soil 48, 1977, 259—267.
- [19] Miva E., Allen S. E., Hunt C. M., Clemens L. B.: Studies on controlled potassium fertilizers. II. Evaluation of potassium silicates as slowrelease sources of potassium. Soil Sci. and Plant Nutrit. 24, 1978, 103—111.
- [20] Musierowicz A.: O stratach azotu przy rozkładzie roślin motylkowych. Roczn. Nauk rol. 51, 1949, Ser. A, 3, 298—305.
- [21] Nawrocki S., Kęsik T.: Wpływ ilowania bentonitem na plonowanie roślin i niektóre chemiczne właściwości gleb lekkich. Ann. UMCS 14, 1969, Sect. E, 180—186.
- [22] Rains W. D., Epstein E.: Sodium absorption by barley roots: role of the dial mechanisms of alkali cation transport. Plant Physiol. 42, 1967, 314—318.
- [23] Świętochowski B.: Problematyka dotycząca zagadnienia podnoszenia żyzności gleb lekkich. IUNG, wydawnictwa własne. Pr. Zakładu Uprawy Rol. i Płodozmianów, 1960, 1, s. 15—23.
- [24] Talibudeen O., Beasley J. D., Lane P., Rajendran N.: Assessment of soil potassium reserves available to plant roots. Jour. of Soil Sci. 29, 1978, 207—218.
- [25] Ziemięcka J., Kobus J.: Influence of different compounds on the microbial activities in sandy soils. Trans. of 7th Intern. Congress of Soil Sci., Madison USA, 2, 1960, 679—684.

Ю. КОБУС

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ ПЕСЧАНОЙ РЫХЛОЙ ПОЧВЫ КАОЛИНИТОМ И  
БЕНТОНИТОМ НА УРОЖАЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И НА СОДЕРЖАНИЕ В НИХ  
НЕКОТОРЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Отделение микробиологии Института агротехники удобрения и почвоведения в Пулавах

**Резюме**

Целью работы была проверка в условиях сосудного опыта влияния вносимого в рыхлую песчаную почву каолинита и бентонита совместно с четырехлетней дозой фосфора и калия на урожай зерновых и содержания в них некоторых минеральных элементов.

В итоге четырехлетних опытов установлено, что самое положительное влияние на урожай растений оказывала прибавка к почве бентонита. Под влиянием бентонита внесенного в количестве 2 или 4% урожай зерна повысился в среднем на 15 и 35%, а соломы на 15,5 и 29,0%. Полученная прибавка урожая растений в серии с каолинитом оказалась статистически несущественной.

Положительное действие бентонита в нашем опыте состояло преимущественно в том, что растения могли использовать содержащиеся в нем питательные элементы при их недостатке в субстрате (почве), особенно в 3-м и 4-м году опыта.

Удобрение рыхлой песчаной почвы калием в повышенных нормах (про запас) оказалось мало полезным, либо растения почти полностью отнимали у почвы этой элемент уже в первом году их выращивания. Прибавляемый к почве бентонит в некоторой степени предотвращал избыточное усвоение калия. Целесообразным однако оказалось удобрение почвы про запас фосфором.

По мере истощения калия в субстрате зерновые накапливали больше Na, Mg, Ca в соломе. В зерне концентрация выше указанных элементов оставалась на одинаковом уровне и не обнаружили зависимости от содержания калия в субстрате.

Установлено, что при недостатке калия в почве овес и ячмень могли частично возмещать этот элемент натрием, однако пшеница не обнаруживала таких способностей.

J. KOBUS

## EFFECT OF THE LOOSE SANDY SOIL FERTILIZATION WITH KAOLINITE AND BENTONITE ON THE YIELD AND THE SOME MINERAL ELEMENTS CONTENT OF CEREAL CROPS

Department of Microbiology, Institute of Soil Science  
and Cultivation of Plants

### Summary

The aim of the work was to verify the effect of loose sandy soil fertilized with kaolinite and bentonite mixed with fourfold phosphorus and potassium rate on the yield and the some mineral elements content in cereal crops.

The four-year experiments have proved that the most favourable effect on the crop yields exerted the bentonite addition to soil. The bentonite added in the amount of 2 or 4% the grain yield increased, on the average, by 15 and 35% and the straw yield — by 15.5 and 29.0% respectively. The yield increment of crops in the series with the kaolinite addition was statistically insignificant.

The main advantage of the bentonite fertilization in our experiment was that the crops after exhausted of nutrients in from soil could uptake nutrients from bentonite, it was particularly important in the 3rd and 4th experiment year.

The excess of fertilization of loose sandy soil with potassium appeared to be uncreasonable, because the plants uptake this nutrient element almost totally (as early as) in the first crop rotation year. Bentonite added to soil counteracted the luxury potassium uptake. On the other hand, the excess of fertilization of soil with phosphorus proved to be purposeful.

Cereal crops accumulated more Na, Mg and Ca in straw along with decreasing a K amounts in the substrate. The concentration of the above elements in grains maintained at the same level and did not depend on the K content in the substrate.

It has been proved that at a potassium deficiency in soil this element in oats and barley could partly substituted by sodium, whereas wheat did not show such ability.

*Prof. dr Józef Kobus*  
*Osada Pałacowa — IUNG*  
*Putawy*

