Wpływ wysokich dawek fosforu na plon i skład owsa normalnego i pozbawionego kłosków.

(Einfluss hoher Phosphorsäuregaben auf den Ertrag und die chemische Zusammensetzung des normalen und kastrierten Hafers).

Napisał

F. MAJEWSKI.

Wstęp i przegląd literatury.

J. W. Shive (13), badając zależność wzrostu soi od różnych ilości fosforanów jednozasadowych (Na, NH_4, K, Ca i Mg), spostrzegł, że związki te, użyte same, bez domieszek innych substancyj pokarmowych, wywierają szkodliwy wpływ na rośliny już w ilościach bardzo małych. Doświadczenie przeprowadzone było w kulturach wazonowych (mieszanina piasku i gliny, 4 *kg*) przy użyciu samych fosforanów, a następnie w kulturach wazonowych i wodnych przy użyciu mieszaniny fosforanów z pożywką zupełną. Rośliny hodowane były w ciągu krótkiego czasu, w kulturach wazonowych 40 dni, a w wodnych 24 dni. Ilości fosforanów (10 stopniowań) normowano w ten sposób, że wartość osmotyczna roztworów przy każdej dawce była jednakowa dla wszystkich seryj. Wartość ta zmieniała się w szerokich granicach, od 0·5 atm. do 7·0 atm., a więc i ilości fosforanów dochodziły do wielkości bardzo dużych. Przeliczona najmniejsza ilość P_2O_5 dla fosforanów sodu, amonu i potasu była około 0·36 *g* na wazon, dla fosforanów wapnia i magnezu — 0·5 *g*; najwyższe zaś ilości pierwszych trzech fosforanów odpowiadały 5·8 *g* P_2O_5, zaś wapnia i magnezu — 7·5 *g* P_2O_5 na wazon.

Wszystkie te dawki, poczynając od najmniejszych, wywoływały zmniejszenie plonu w porównaniu z serją kontrolną (bez naw. fosf.), przyczem przy najwyższych dawkach to zmniejszenie wynosiło przeszło 80%. Wyjątek stanowił fosforan potasu, który obniżył plon tylko o 64%.

Przy użyciu mieszaniny soli pokarmowych z fosforanami w różnych stosunkach ilościowych, ale tak, że otrzymana mieszanina miała jednakową wartość osmotyczną, działanie ujemne fosforu na plon również wystąpiło w niektórych wypadkach. Okazało się przytem, że ujemny wpływ P_2O_5 na plon s. m. zależał nietylko od jego absolutnej koncentracji w pożywce, lecz i od stosunku użytych składników pokarmowych (płyny zrównoważone).

Charakterystycznym objawem szkodliwego działania fosforanów było mniejsze lub większe zasychanie liści, a przy dużych uszkodzeniach nawet ich odpadanie. Te objawy były jednakowe dla wszystkich fosforanów, zatem zależały od anjonu tych soli, wywołane były przez ich wspólną grupę H_2PO_4 lub też przez jony powstałe wskutek dysocjacji tej grupy w roztworach.

Zasychanie liści było obserwowane przy użyciu samych fosforanów już w roztworach, których wartość osmotyczna wynosiła około 1 atm. (*ca* 0·7 *g* P_2O_5 w fosforanach sodu, potasu, amonu i 1·0 *g* P_2O_5 — w fosforanach magnezu i wapnia), w pożywkach zaś o pełnym składzie — w wazonach — kiedy wartość osmotyczna roztworu fosforanów wynosiła nie mniej, niż $^6/_{10}$ (dla fosf. wapnia — $^4/_{10}$) wartości osmotycznej całej pożywki.

Zależność pomiędzy zewnętrznemi objawami szkodliwego działania fosforu na rośliny a ich plonem określa autor w ten sposób, że silne uszkodzenia stały w związku ze znacznym zmniejszeniem plonu, małe zaś objawy zewnętrzne i wysokość plonu nie były do siebie proporcjonalne.

Oznaczenia w kulturach wodnych stopnia kwasowości roztworów (zapomocą mianowania ługiem sodowym) doprowadziły autora do wniosku, że im większa kwasowość, tem większe było uszkodzenie roślin. Stosunek wzajemny poszczególnych soli odgrywał nadzwyczajnie ważną rolę na występowanie zewnętrznych uszkodzeń rośliny jedynie wtedy, gdy kwasowość była wysoka; przy mniejszej kwasowości zmiana stosunku składników pokarmowych nie miała wielkiego znaczenia.

Podobne zjawiska zasychania liści w pierwszych stadjach rozwoju spotykamy również w doświadczeniach M. Korczewskiego i autora (8), jak i w doświadczeniach S. Lewoniewskiej (9). W pierwszych już dawka 2·0 *g* P_2O_5, w drugich — 3·0 *g* P_2O_5 w formie rozpuszczalnej wywoływała częściowe zasychanie liści, nie powodując jednak obniżenia plonu. W naszych doświadczeniach (8) nawet dawka 9·6 *g* P_2O_5 na wazon, pomimo olbrzymich ilości fosforu w roślinach, wywołała stosunkowo nieznaczne obniżenie plonu. Cały

nadmiar pobranego P_2O_5 gromadził się prawie wyłącznie w postaci mineralnej w częściach wegetatywnych rośliny.

Z pracy M. Jegorowa (6) wiemy, że jeżeli roślinom uniemożliwimy wytwarzanie nasion (przez kastrację kłosków), plon suchej masy i skład chemiczny będzie wykazywał dużą różnicę w porównaniu z roślinami normalnemi. Plon owsa pozbawionego ziarna był u Jegorowa o 35·5% większy, niż roślin normalnych. W składzie chemicznym obydwu grup roślin na specjalną uwagę zasługują bardzo duże różnice w zawartości rozpuszczalnych związków fosforowych, a szczególnie w ilości związków mineralnych. W roślinach normalnych przy zawartości ogólnego P_2O_5 = 0·476%, wykryto zaledwie ślady fosforu mineralnego, natomiast w roślinach bez ziarna na taką samą ilość P_2O_5 ogólnego (= 0·468%) ilość P_2O_5 mineralnego wynosiła 0·092%, tj. 20% związków fosforowych.

Wiemy zatem, z pracy Shive'a i naszej, że wysokie dawki fosforanów rozpuszczalnych działają na plon roślin szkodliwie, wiemy również, że roślina nadmiar pobranego fosforu przy wysokich dawkach gromadzi w postaci mineralnej w częściach wegetatywnych (prace M. Korczewskiego i autora, S. Lewoniewskiej, Jakuszkina (3), P. Sawina (11), L. Seidlera (12), wiemy wreszcie, że możemy wpłynąć w wysokim stopniu na zahamowanie przemiany związków fosforowych mineralnych na organiczne w roślinie przez usunięcie nasion (Jegorow). Jeżeliby więc szkodliwy wpływ wysokich dawek fosforu zależał od nadmiernych ilości kwasu fosforowego mineralnego, nagromadzającego się w roślinach, to wysokie dawki (9·6 *g* P_2O_5 na wazon), które w poprzedniem doświadczeniu wywoływały już pewne obniżenie plonu, powinnyby wpływać jeszcze bardziej ujemnie na plon, gdyby przeszkodzić przechodzeniu kwasu fosforowego mineralnego na organiczny przez usunięcie pojawiających się kłosków i zahamowaniu tworzenia się nasion. Zbadanie bliższe tych stosunków było tematem niniejszej pracy.

Zanim przejdziemy do omówienia naszych doświadczeń, musimy przedtem zastanowić się nad przemianami związków fosforowych, jakie zachodzą w roślinie podczas tworzenia się nasion i metodyką oznaczania różnych form P_2O_5. Z licznych prac (4, 12, 14, 16) wiemy, że podczas dojrzewania roślin związki fosforowe mineralne przechodzą w nasionach w formy organiczne, częściowe rozpuszczalne (fitynę), częściowo zaś nierozpuszczalne (lecytyny i nukleoproteidy); zaledwie mała część fosforu pozostaje w nasionach w formie mineralnej.

Co się tyczy zaś strony ilościowej tych przemian, w literaturze spotykamy wiele sprzecznych poglądów z tego głównie powodu, że

stosowano różne metody oznaczenia poszczególnych form P_2O_5. Odnosi się to przedewszystkiem do fosforu łatwo rozpuszczalnego. Już przygotowanie wyciągu było niejednakowe u różnych autorów. Najczęściej jedni stosowali 1% CH_3 COOH, inni zaś 0·2% HCl. Jednakże, jak wykazały najnowsze doświadczenia Z. Koehlera (7), S. Lindenbaumówny (10), wyciągi otrzymane zapomocą tych rozpuszczalników, a szczególnie CH_3 COOH, nie zawierały całkowitej ilości rozpuszczalnych związków fosforowych, przedewszystkiem fityny, znajdującej się w dużej ilości w nasionach owsa. Dopiero użycie 1% HCl dawało lepsze rezultaty.

Trudniej się jeszcze przedstawia samo oddzielenie fosforu mineralnego od fitynowego.

W obszernem studjum nad związkami fosforowemi dochodzi W. Vorbrodt (15) do wniosku, że najlepszą metodą oddzielenia P_2O_5 mineralnego od fitynowego jest metoda dwu- lub trzykrotnego strącania: mieszaniną magnezjową, mieszaniną molidbenową i chlorkiem baru. Kwas azotowy, zawarty w mieszaninie molidbenowej, wpływa w bardzo nieznacznym stopniu na odczepienie fosforu fitynowego. Inaczej na tę kwestję zapatruje się Jegorow (4 i 5). Na podstawie licznych doświadczeń uważa on, że jedyną, chociaż nie pozbawioną pewnych błędów, metodą oznaczania P_2O_5 min. w obecności fityny, jest metoda Schulze i Castoro, polegająca na tem, że P_2O_5 min. strąca się w obecności amonjaku chlorkiem wapnia; osad rozpuszcza się następnie w cytrynianie amonowym i z roztworu strąca się drugi raz fosfor mieszaniną magnezjową. Wyniki jednak otrzymane zapomocą tej metody zdają się być za nizkie. Nie zostało dotychczas jeszcze wyjaśnione zachowanie się innych soli fosforowych (np. soli Mg) wobec cytrynjanu amonu, nie zbadany jest również wpływ związków organicznych na proces strącania fosforu mineralnego chlorkiem wapniowym.

W cytowanej już wyżej pracy Koehlera znajdujemy potwierdzenie wniosków Vorbrodta. Wyniki przemawiają raczej za stosowaniem metody strącania fosforu mineralnego mieszaniną magnezjową i molidbenową.

Przeprowadzenie doświadczenia.

Do doświadczenia użyto owies, odmianę „Złoty deszcz“ oryg. ze Svalöf. Wazony (śr. 20 *cm*, wys. 21 *cm*) starowano żwirem do wagi 1·5 *kg*, następnie napełniono (dn. 10. V.) 8 *kg* piasku. Nawożenie było takie samo jak w serji N w doświadczeniu poprzedniem (8),

dano więc na wazon: 1·25 *g* K_2O (jako KNO_3), 0·75 *g* N (0·37 *g* jako KNO_3 i 0·38 *g* jako $(NH_4)_2SO_4$) 1·5 *g* $MgSO_4$, 1·5 *g* Ca, CO_3 i 0·5 *g* NaCl. Nawóz fosforowy dano w formie $Ca(H_2PO_4)_2$ w 3 dawkach: 0·6, 3·2 i 9·6 *g* P_2O_5 na wazon.

Każda dawka fosforowa była powtórzona w 10 wazonach. Wazony podlewano wodą wodociągową z początku do 60% całkowitej pojemności, później ilość wody zwiększono do 80%.

Owies zasiano 10 maja, po 15 ziarn na wazon. Kiełki pojawiły się 18. V. we wszystkich wazonach równocześnie. Rośliny przerwano 30 maja, pozostawiając na wazon po 10 sztuk.

Na początku czerwca można było zaobserwować silne żółknięcie i zasychanie końców liści przy dawce 9·6 *g* P_2O_5; to samo zjawisko wystąpiło w słabym stopniu i przy dawce 3·2 *g*.

Krzewienie było równomierne; wszędzie prawie każda roślina miała 3 pędy.

14. VII. początek kłoszenia pędów głównych. Tego dnia wzięto do analizy rośliny z 2 wazonów z każdej dawki w celu ustalenia wpływu różnych dawek P_2O_5 na masę roślinną w pierwszej części rozwoju, do chwili kłoszenia. Z pozostałych 8 wazonów w każdej grupie fosforowej wycięto w 4 wazonach na tych pędach poszczególne kłoski, pozostawiając samą wiechę nienaruszoną. W ten sposób z roślin na jednakowych dawkach fosforowych utworzyliśmy po 2 serje: rośliny normalne (serja A) i rośliny bez ziarna (serja B); każda serja zawierała po 4 wazony. Już 17. VII., więc po 3 dniach od daty obcięcia kłosków zauważono w serji B przy wszystkich dawkach fosforowych zahamowanie wzrostu pędów głównych i wyrastanie nowych pędów — po 1—2 na każdej roślinie.

19. VII. wycięto kłoski na pędach bocznych. Koniec kłoszenia w serji normalnej był 21. VII.

W początku sierpnia (2—5, VIII) boczne „młode pędy" po osiągnięciu około 40 *cm* wysokości zaczęły się kłosić. Z nich też natychmiast usuwano kłoski. Zasychania liści na nowych pędach przy dawce 9·6 *g* ani tem bardziej przy 3·2 nie można było zauważyć.

Zbiór owsa 21. VIII. W serji A (norm.) owies był zupełnie dojrzały, w serji B (bez ziarna) rośliny miały barwę zieloną. Jedynie pędy główne zaczęły trochę żółknąć. W czasie zbioru u podstaw łodyg zauważono jeszcze dużo wyrastających nowych pędów bocznych. Wszystkie wycięte kłoski zbierano dla oznaczenia ich s. masy i przeprowadzenia analizy.

Wyniki.

Przechodząc do omówienia wyników doświadczeń, zaczniemy od zbioru I (z dnia 14. VII.). Przedtem jeszcze zaznaczymy, że w korzeniach w obydwu zbiorach oznaczono przez spopielenie ilość piasku i krzemionki. Od suchej masy ilość ta została wszędzie odjęta. Wyniki podane są w tabeli I.

Jak widzimy, stopień rozkrzewienia i wysokość roślin są w tym wczesnem stadjum rozwoju przy wszystkich dawkach fosforu prawie jednakowe. Plon św. m. części nadziemnych rośliny, równy przy pierwszych dwuch dawkach, obniża się przy dawce 9·6 *g* P_2O_5 o 18% w porównaniu z plonem przy dawce 0·6 *g*. Zupełnie taką samą prawidłowość wykazuje plon s. masy. Dawka najwyższa zmniejsza plon o 19%. To zmniejszenie jest mniej więcej jednakowe dla części nád-

Tabela I.

Zbiór I. (I. Ernte).

Dawki P_2O_5 *g*/waz. (P_3O_5-Gaben in *g* pro Gefäss)	Ilość pędów na 1 rośl. (Zahl der Bestockungstriebe)	Wysokość roślin (Höhe der Pflanzen)	Świeża m. cz. nadziemn. w *g* (Frischgewicht des oberird. Teiles in *g*)	Plon suchej masy w *g* (Trockengewicht der Pflanzen in *g*)			% zawart. wody w cz. nadziemnych (Wassergehalt des oberird. (Teiles in %)
				Cz. nadz. roślin (Oberirdischer Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	
0·6	3·1 3·1	70·7 64·5	164·4 152·4	29·62 28·48	8·19 7·79	37·81 36·27	
średnia (Mittel)	3·1	67·6	158·4	29·05 (100)	7·99 (100)	37·04 (100)	81·0
3·2	3·2 3·0	65·1 70·6	150·6 164·4	27·81 29 87	7·91 8·05	35·72 37·92	
średnia (Mittel)	3·1	67 8	157·5	28·84 (99·2)	7·98 (99 9)	36·82 (99·4)	81·7
9·6	3·3 3·2	67·2 69·2	124·0 137·2	22·01 24 99	6·43 6·71	28·44 31·70	
średnia (Mittel)	3·25	68·2	130·6	23·50 (80·9)	6·57 (82·2)	30·07 (81·2)	82·0

ziemnych, jak i korzeni. Taki więc był stan roślin w chwili rozpoczęcia się kłoszenia, tj. w chwili, od której zaczyna się właściwe doświadczenie. W tym to czasie (14. VII.) wycięto kłoski w jednej połowie roślin. W celu przekonania się, w jaki sposób wpływa obcięcie kłosków na wzrost roślin na wysokość, mierzyliśmy owies w odstępach tygodniowych. Wyniki zebrane są w tabeli II.

W pierwszej kolumnie każdej serji liczby oznaczają długość pędów głównych, mierzonych do końca kwiatostanu (wiechy), w kolumnie drugiej podana jest wysokość do końca najdłuższego liścia.

Weźmy najpierw rośliny normalne (serja A). Do dnia 1. VIII. osiągnęła wiecha już swą maksymalną wysokość. Największy jej przyrost był do 25. VII. Wysokość, mierzona do końca najdłuższego liścia, przestała się zwiększać znacznie wcześniej, bo już 18. VII., a więc w kilka dni po wykłoszeniu roślin osiągnęła najwyższą wartość. Jeżeli chodzi o wysokość owsa przy różnych dawkach fosforowych, to wyniki są inne, niż w doświadczeniu poprzedniem. Dawniej otrzymaliśmy rośliny wyższe i dawka 9·6 wywołała znaczne obniżenie wysokości; w tem doświadczeniu wysokość roślin była przy wszystkich dawkach prawie równa.

Ciekawe jest jednak zachowanie się roślin bez ziarna. Pęd wiechowy po usunięciu kłosków przestał zupełnie rosnąć i był krótszy od normalnego o 27 *cm*. Tak samo długość do końca liścia jest mniejsza, blizko o 2 *cm*, niż u roślin normalnych. Widzimy więc, że wzrost łodygi na wysokość zachodził tylko wtedy, gdy przez nią odbywał się przypływ materjałów do ziarn. Warto nadmienić, że u Jegorowa rośliny zachowywały się odwrotnie. Wysokość roślin normalnych była mniejsza, niż bez ziarn, może dlatego, że u roślin bez ziarn pędy boczne wyrosły ponad pędy główne, czego w naszem doświadczeniu nie było.

Poczynając od 14. VII. oznaczano codziennie również i ilość wody wyparowanej przez rośliny. W tabeli III podane są średnie z 4 wazonów. Rośliny normalne przy dawce 9·6 *g* transpirowały w pierwszych dwuch tygodniach znacznie mniej, niż przy dawkach 0·6 i 3·2 *g* P_2O_5. Już w pierwszym tygodniu po wycięciu kłosków zaznaczyła się wyraźna różnica w ilości wyparowanej wody przez rośliny serji A i B. Ilość wyparowanej wody przez rośliny serji B jest mniejsza o *ca* 22% w porównaniu z serją A. Na tej samej prawie wysokości utrzymuje się ta różnica i w drugim tygodniu; dopiero w trzecim widzimy wyraźne jej zmniejszenie, a w ostatnim stosunki układają się odwrotnie: rośliny normalne parują mniej, niż bez ziarna.

Z oznaczeń transpiracyj i pomiarów wysokości owsa wynikałoby,

Tabela II.

Pomiary wysokości owsa (średnie z 4 wazonów w *cm*). (Die Höhenmessungen des Hafers (Mittelwerte aus 4 Gefässen in *cm*).

Rośliny (Die Pflanzen)	0·6 *g* P_2O_5				3·2 *g* P_2O_5				9·6 *g* P_2O_5			
	Normalne Serja A (Normal Reihe A)		Bez ziarna Serja B (Ohne Korn Reihe B)		Normalne Serja A (Normal Reine A)		Bez ziarna Serja B (Ohne Korn Reihe B)		Normalne Serja A (Normal Reihe A)		Bez ziarna Serja B (Ohne Korn Reihe B)	
Data pomiaru (Datum der Messung)	Wiecha (Rispe)	Liść najdł. (Längstes Blatt)	Wiecha (Rispe)	Liść najdł. (Längstes Blatt)	Wiecha (Rispe)	Liść najdł. (Längstes Blatt)	Wiecha (Rispe)	Liść najdł. (Längstes Blatt)	Wiecha (Rispe)	Liść najdł. (Längstes Blatt)	Wiecha (Rispe)	Liść najdł. (Längstes Blatt)
I. 11/VII	—	65·0 ± 1·00	—	65·0 ± 0·54	—	64·7 ± 0·36	—	64·7 ± 0·70	—	64·0 ± 0·62	—	63·9 ± 0·78
II. 18/VII	69·1 ± 1·69	72·3 ± 1·46	58·9 ± 1·18	70·1 ± 0·51	74·5 ± 0·43	72·8 ± 0·70	60·2 ± 1·22	70·2 ± 0·87	72·4 ± 1·34	71·9 ± 1·18	58·6 ± 0·83	70·4 ± 0·74
III. 25/VII	84·9 ± 2·15	72·4 ± 1·80	61·6 ± 1·11	70·3 ± 0·78	87·0 ± 0·56	72·6 ± 0·91	62·3 ± 1·20	70·2 ± 0·97	85·6 ± 1·16	71·8 ± 1·17	59·9 ± 0·76	70·2 ± 0·89
IV. 1/VIII	88·4 ± 2·03	73·4 ± 1·57	61·6 ± 1·25	70·2 ± 0·81	89·8 ± 0·80	72·8 ± 0·78	62·8 ± 1·14	70·1 ± 0·93	86·9 ± 1·15	72·6 ± 0·81	60·0 ± 0·79	70·3 ± 1·10
V. 21/VIII sprzęt.	88·6 ± 2·48	73·0 ± 1·64	61·4 ± 1·32	69·7 ± 0·87	89·9 ± 0·77	72·7 ± 0·73	62·5 ± 1·47	70·1 ± 1·02	87·1 ± 1·15	72·3 ± 0·74	59·6 ± 0·78	69·7 ± 0·94

że wzrost roślin w serji B w pierwszych dwuch tygodniach po usunięciu kłosków, uległ znacznemu zahamowaniu. Rośliny, nie mając możności usuwania produktów asymilacji do ziarn, zmniejszyły procesy syntetyczne. Cała energja została skierowana w kierunku procesów twórczych, powodujących powstawanie nowych pędów. Z tą chwilą, kiedy młode pędy wyrastają, wzmaga się także i asymilacja. Nowe pędy, mając dużą ilość materjałów pokarmowych, wyrastają nadzwyczajnie szybko. Pierwsze zaczątki pędów pokazały się 17. VII., a już w pierwszych dniach sierpnia osiągnęły wysokość *ca* 40 *cm* i zaczynały się kłosić.

Zobaczymy teraz, jakim zmianom uległ plon roślin. Plon świeżej masy części nadziemnych roślin zbioru końcowego i średnia ilość

Tabela III.

Parowanie roślin (śr. z 4 waz. na 1 dzień w *g*).

(Transpiration der Pflanzen (Mittelwerte aus 4 Gefässen pro 1 Tag und pro Gefäss in *g*).

Okres (Transpirations-periode)	0·6 *g* P_2O_5		3·2 *g* P_2O_5		9·6 *g* P_2O_5		W porównaniu z roślinami normalnemi parują rośliny bez ziarna mniej (—) lub więcej (+) w % (Die Kornlosen Pflanzen transpirieren mehr (+) oder weniger (—) als die normalen Pflanzen in %)		
	Normalne (Normal)	Bez ziarna (Ohne Korn)	Normalne (Normal)	Bez ziarna (Ohne Korn)	Normalne (Normal)	Bez ziarna (Ohne Korn)	0·6	3·2	9·6
I. 14/VII—20/VII	430	330	412	319	368	290	— 23·3	— 22·6	—21·2
II. 20/VII—26/VII	429	325	416	326	356	285	— 22·4	— 21·6	—20·0
III. 26/VII—2/VIII	497	479	507	465	505	436	— 3·6	— 8·3	—13·6
IV. 2/VIII—9/VIII	227	239	244	239	243	211	+ 5·3	— 2·0	—13·1
V. 9/VIII—16/VIII	227	274	230	279	244	260	+ 20·7	+ 21·2	+ 6·6

pędów podane są w tabeli IV. Widzimy, że stopień rozkrzewienia w serji B jest daleko wyższy, niż w pierwszej. Jeżeli chodzi o zależność krzewienia od dawek P_2O_5, to w serji A krzewienie przy wszystkich dawkach było jednakowe, natomiast w serji B daje się zauważyć nieznaczny spadek krzewienia przy wzrastaniu dawek fosforu.

Plon części nadziemnych przy dawce 9·6 *g* P_2O_5 uległ obniżeniu w serji A o 10%, w serji B o 14%. Plon całkowity części nadziemnych w serji B był o jakieś 40% wyższy, niż w serji A. Ta różnica pomiędzy roślinami normalnemi i bez ziarna polega przedewszystkiem na niejednakowym plonie słomy. Plon łodyg w serji B był, w porównaniu z plonem w serji A wyższy o 70—80%. Trochę inaczej zachowuje się plon suchej masy roślin (tabela V).

Tabela IV.

Plon świeżej masy roślin w gramach (zbiór II).
(Frischgewicht der Pflanzen in *g* (II Ernte).

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 *g*/waz. (P_2O_5 Gaben in *g* pro Gefäss)	Ilość pędów na 1 rośl. (Zahl der Triebe pro 1 Pflanze)	Ziarno[1]) (plewki) (Korn (Spelzen)	Słoma (Stroh)			Św. m. cz. nadz. (Frischgew. des oberird. Teiles)	% zawartość wody (%-ige Wassergehalt in)		
				Pędy główne (Haupttriebe)	Pędy boczne (Seitentriebe)	Ogółem (Zusammen)		Ziarno (plewki) (Korn (Spelzen)	Słoma (Stroh)	Cz. nadz. (Oberird. Teil)
A	0·6	3·2	37·3	57·3	32·3	89·6	126·9	30·2	69·4	57·8
	3·2	3·1	38·4	67·1	18·5	85·6	124·0	33·9	70·2	58·9
	9·6	3·2	33·4	49·2	31·6	80·8	114·2	38·6	71·6	62·0
B	0·6	5·3	28·9	58·2	98·3	156·5	185·4	73·3	73·3	73·3
	3·2	5·2	29·7	60·8	93·4	154·2	183·9	73·2	73·0	73·0
	9·6	5·0	23·5	41·3	93·9	135·2	158·7	73·2	73·7	73·6

Plon ogólny obydwu seryj nie wykazał większych różnic. Znowu jak i w świeżej masie mamy prawie jednakową ilość suchej masy przy dawkach 0·6 i 3·2 *g* P_2O_5. Dawka 9·6 *g* działała również obniżająco.

Zmniejszenie plonu dla serji A wynosiło 19%, dla serji B 15%. Większe różnice spotykamy jednak w wadze poszczególnych części rośliny. O ile w serji A waga ziarna (razem z plewami) i waga słomy były prawie sobie równe, a korzenie wynosiły zaledwie 8% całej masy rośliny, to w serji B $^2/_3$ plonu całej rośliny przypadało na plon słomy. Oprócz tego w tej serji znajdujemy większą — o blizko 30% — ilość korzeni.

To wybitne zwiększenie plonu słomy wywołane było, jak to już zaznaczyliśmy, skutkiem wytwarzania nowych pędów bocznych. Chcąc oznaczyć ilość nowych pędów, rozdzieliliśmy przy sprzęcie wszystkie pędy rośliny na pędy główne i boczne. Sucha masa i ich wzajemny stosunek umieszczone są również w tabeli V.

W serji A na 100 cz. pędów głównych wypada około 60 cz. pędów bocznych; wyjątek stanowi dawka 3·2 *g* P_2O_5, gdzie jest tylko 39 cz. pędów bocznych. W serji B widzimy dużą przewagę pędów bocznych: na 100 cz. pędów gł. jest blizko 150 cz. pędów bocznych przy pierwszych dawkach, a przy ostatniej ilość ta dochodzi do 189.

[1]) W serji normal. (A) — ziarno razem z plewami, w serji B — same plewki.

Tabela V.

Plon suchej masy roślin w *g*.
(Trockengewicht der Pflanzen in *g*).

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 g/waz. (P_2O_5 Gaben in g pro Gefass)	Ziarnka (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)
	0·6	26·05±0·84	27·43±0·36	7·74±0 26	61·22±1·05
A	3·2	25·38±0·39	25·54±0·30	8·04±0·29	58·96±0·67
	9·6	20·51±0·81	22·91±0·47	6·25±0·39	49·67±0·92
	0·6	7·71±0·25	41·84±0·91	10·64±0·42	60·19±1·16
B	3·2	7·94±0·10	41·64±0·76	11·03±0·23	60·61±0·61
	9·6	6·34±0·18	35·56±1·09	9·30±0·39	51·20±1·53
	0·6	100	100	100	100
A	3·2	97·4	93·1	103·9	96·3
	9·6	78·7	83·5	80·7	81·1
	0·6	100	100	100	100
B	3·2	103·0	99·5	103·7	100·7
	9 6	82·2	85·0	87·4	85·0

Plon s. m. słomy w *g* (zbiór II).
(Trockengewicht des Strohes in *g* (II. Ernte).

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	Pędy główne (Haupt-triebe)	Pędy boczne (Seiten-triebe)	Ogółem (Zusammen)	%-owa waga pędów boczn. w stos. do pędów główn. (= 100) (Relativer Gewicht der Seitentrebe in Verh. zu den Haupttrieben) (= 100)
	0 6	16·78±0·83	10·65±0·49	27·43±0·36	63·5
A	3·2	18·37±0·64	7·17±0·61	25·54±0·30	39·0
	9 6	14·11±0·61	8·80±0·89	22·91±0·47	62·4
	0·6	16·91±0·60	24·93±1·14	41·84±0·91	147·4
B	3·2	17·05±0·78	24·59±1·33	41·64±0·76	144·2
	9·6	12 30±0·40	23·26±1·11	35·56±1·09	189·1
	0·6	61	39	100	
A	3·2	72	28	100	
	9·6	62	38	100	
	0·6	40	60	100	
B	3·2	41	59	100	
	9·6	35	65	100	

Wskazywałoby to zatem, że najwyższa dawka P_2O_5 wywołała w roślinach, pozbawionych ziarna, najlepsze wyrastanie pędów. Ilość ich przy tej dawce, jak widzieliśmy w tabeli IV, była najmniejsza, ale były one bardzo silne i grube.

O zachowaniu się masy roślin normalnych i bez ziarna lepsze wskazówki da nam tabela VI, gdzie są podane zmiany świeżej i suchej masy — w liczbach absolutnych (*g*) i w % — od zbioru I do końca wegetacji.

W plonie świeżej masy serji A widzimy wszędzie ubytek wagi: około 20% przy dawce 0·6 i 3·2 i 13% przy dawce ostatniej. Natomiast w serji B świeża masa powiększyła się dosyć znacznie, bo

Tabela VI.

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 *g*/waz. (P_2O_5 Gaben in *g* pro Gefäss)	Zwiększenie (+) względnie zmniejszenie (—) plonu świeżej masy części nadziemnych rośliny od I zbioru do II. (Zu- (+) oder Abnahme (—) des Frischgewichtes des oberird. Teiles von der I. bis II. Ernte)		Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 *g*/waz. (P_2O_5 Gaben in *g* pro Gefäss)	Przyrost plonu suchej masy od I do II zbioru (Trockengewichtzunahme von der I. bis II. Ernte)			
						Części nadziemn. rośliny (Oberird. Teiles)		Całej rośliny (Ganzen Pflanze)	
		w *g* (in *g*)	w % (in %)			w *g* (in *g*)	w % (in %)	w *g* (in *g*)	w % (in %)
	0 6	—31·5	—19·9		0·6	+24·43	+84·1	+24·18	+65·3
A	3·2	—33·5	—21·3	A	3·2	+22·08	+76·6	+22·14	+60·1
	9·6	—16·4	—12·6		9·6.	+19·92	+84·8	+19·60	+65·2
	0·6	+27·0	+17·0		0·6	+20·50	+70·6	+23·15	+62·5
B	3·2	+26·4	+16·8	B	3 2	+20·74	+71·9	+23·79	+64·6
	9·6	+28·1	+21·5		9·6	+18·40	+78·2	+21·13	+70·3

o 17—20%. Fakt ten jest nadzwyczaj znamienny i ilustruje nam dobitnie odmienne warunki rozwoju roślin serji B w końcowym okresie wegetacyjnym. Inaczej zachowuje się plon suchej masy. Części nadziemne roślin normalnych przyrosły o 84% (przy dawce 3·2 tylko o 77%), w serji B mamy przyrosty mniejsze od 71—78%. Najmniejszy przyrost przy dawce 0·6, największy przy 9·6 *g* P_2O_5. Dla całej rośliny mamy przyrosty o takiej samej prawidłowości lecz mniejsze głównie dlatego, że w serji A korzenie żadnego przybytku na wadze nie wykazywały, zaś w serji B przyrost był, ale mniejszy niż części nadziemnych.

To odmienne zachowanie się świeżej i suchej masy zależy przedewszystkiem od zmian ilości wody w roślinach. W tabeli IV w ostat-

nich trzech kolumnach podana jest $^0/_0$-owa ilość wody dla ziarna względnie dla samych plewek, dla słomy i średnia — dla części nadziemnych rośliny. W zbiorze I (tabela I) ilość wody wynosiła 81—82$^0/_0$, w zbiorze końcowym w serji A tylko 58 – 62$^0/_0$, a w serji B — 73$^0/_0$. Ta wielka różnica w zawartości wody polega na tem, że podczas gdy serja A, dojrzewając normalnie traciła wodę, zasychając powoli, to serja B znajdowała się jeszcze w pełnym wzroście i daleka była od dojrzałości.

Reasumując to wszystko, cośmy powiedzieli o plonie roślin, dochodzimy do wniosku, że usunięcie kłosków wywołało jedynie duże różnice w plonie św. masy; sucha masa pozostała mniej więcej jednakowa w obydwu serjach; następnie, że przez obcięcie kłosków spowodowaliśmy znaczne różnice w procentowej ilości poczególnych części rośliny i wreszcie, że rośliny serji B do daty sprzętu zachowały się w stanie świeżym i były zdolne do dalszego krzewienia. Zwyżki plonu, jaka była w doświadczeniu Jegorowa, u owsa bez ziarna nie stwierdziliśmy. Gdyby jednak doświadczenie poprowadzone było jeszcze jakiś czas dłużej, to serja B jeszczeby prawdopodobnie nieco zwiększyła suchą masę, podczas gdy serja A jako wcześniej dojrzała — nie.

Zobaczmy teraz, jakie będą różnice w składzie chemicznym roślin. W zebranym plonie oznaczono P_2O_5 ogólny, całkowity rozpuszczalny i mineralny, następnie N ogólny i białkowy. P_2O_5 rozpuszczalny określano w wyciągu, otrzymanym zapomocą 1$^0/_0$ HCl; czas działania rozpuszczalnika wynosił 3 godziny; stosunek masy do rozpuszczalnika = 1 : 50. P_2O_5 min. strącano najpierw mieszaniną magnezjową, a następnie mieszaniną molibdenową. Wyciąg z kwasem solnym, po odparowaniu, spalano mieszaniną kwasów siarkowego i azotowego; P_2O_5 og. rozp. strącano również mieszaniną molibdenową. Z różnicy pomiędzy P_2O_5 ogólnym rozp. a mineralnym otrzymano P_2O_5 fityny. Dla kontroli oznaczono P_2O_5 fityny (tylko w ziarnie) bezpośrednio met. W. Heubnera i H. Stadlera (2) mianując wyciąg, po doprowadzeniu do odpowiedniej kwasowości, chlorkiem żelazowym. Z różnicy pomiędzy P_2O_5 ogólnym i P_2O_5 ogólnym rozpuszczalnym wyliczono P_2O_5 nierozpuszczalny — nukleoproteidów i lecytyny. Samo oznaczenie P_2O_5 przeprowadzono we wszystkich wypadkach met. Hanamanna.

N ogólny oznaczano met. Kjeldahla, N białkowy met. Stutzera, zmodyfikowaną przez Barnsteina.

Wyniki dla korzeni przeliczono wszędzie na masę, otrzymaną po usunięciu piasku i krzemionki. Ziarno serji normalnej analizowane było razem z plewami.

Zacznijmy od zbioru I. Wyniki zebrane są w tabeli VII (dla fosforu) i tabeli VIII (dla N).

Widzimy, że zawartość % P_2O_5 ogólnego wahała się w granicach bardzo dużych, od 0·60% przy dawce 0·6 *g* P_2O_5 do 3·86% przy dawce 9·6 *g* P_2O_5. Z poszczególnych form P_2O_5 najmniej zmieniał się P_2O_5 nukleoproteidów i lecytyny, następnie P_2O_5 fityny. Nadmiar pobranego P_2O_5 gromadził się w formie mineralnej; wykazuje ona największe zmiany zależnie od dawki fosforu, bo od 0·42% przy 0·6 *g* P_2O_5 do 3·39% P_2O_5 przy najwyższej dawce, a więc zwiększenie było aż 8-krotne. Korzenie przy pierwszych dwuch dawkach były uboższe w P_2O_5; ta różnica zależy głównie od mniejszej zawartości P_2O_5 mineralnego. Zawartość P_2O_5 nierozpuszczalnego w łodygach i korzeniach była prawie jednakowa.

Podobnie do procentowej zawartości zmieniały się i absolutne ilości poszczególnych form P_2O_5: a więc plon P_2O_5 ogólnego i mineralnego wzrastał w miarę zwiększania dawek fosforowych bardzo silnie, podczas gdy plon P_2O_5 fitynowego, a szczególnie nierozpuszczalnego uległ względnie małym wahaniom.

Zachowanie się azotu w roślinach było inne. Ilość pobranego N okazała się zupełnie jednakowa przy wszystkich dawkach fosforu, wynosiła bowiem 0·53 *g* N na wazon. Ponieważ plon roślin przy pierwszych dwuch dawkach P_2O_5 był równy, przy trzeciej się obniżył, wobec tego procentowa zawartość N musiała być przy dawce 0·6 i 3·2 *g* P_2O_5 tak samo jednakowa, zaś przy dawce 9·6 wskutek zmniejszenia plonu owsa wyraźnie się powinna zwiększyć. Istotnie, widzimy to zarówno w słomie jak i korzeniach. Również i stosunek N białk. do ogólnego zmieniał się w granicach bardzo małych.

W zbiorze końcowym %-owa zawartość P_2O_5 og. w całej roślinie jest mniejsza, niż w zbiorze pierwszym (patrz tabele IX, IX A i X); najwyższa zawartość P_2O_5 dochodzi w serji A do 2·53%, w serji B do 2·81%. Różnice w % zawartości P_2O_5 w obydwu serjach nie są zbyt duże.

Widzimy znowu, jak w poprzedniem doświadczeniu (8), małe stosunkowo wahania w % zawartości P_2O_5 w ziarnie. Cała nadwyżka pobranego P_2O_5 gromadzi się w słomie i korzeniach.

Na większą jednak uwagę zasługuje zachowanie się różnych form P_2O_5 w obydwu serjach.

P_2O_5 nierozpuszczalny (organiczny) w ziarnie roślin normalnych wykazuje ogromną stałość. Ilość jego jest nieznaczna i wynosi 0·22 do 0·24%. Resztę stanowi P_2O_5 rozp., a przedewszystkiem P_2O_5 fitynowy. P_2O_5 fityny dochodzi w ziarnie do znacznego procentu, wynosi

Tabela VII.

Zbiór I. (I. Ernte).

Dawki P_2O_5 (P_2O_5-Gaben)	%-owa zawartość P_2O_5 (%-ischer P_2O_5-Gehalt in Trockensubstanz)															P_2O_5 rozpuszczalny w % P_2O_5 ogólnego (= 100) (Relat. Anteil des lösl. P_2O_5 im gesammt-P_2O_5 (= 100)		
	P_2O_5 ogólny (Gesammt-P_2O_5)			P_2O_5 rozpuszcz. og. (P_2O_5 löslich)			P_2O_5 mineralny (Anorgan-P_2O_5)			P_2O_5 fitynowy (P_2O_5 des Phytins)			P_2O_5 nierozpuszcz. (P_2O_5 unlöslich)					
	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)
0·6	0·65	0·42	0·60	0·52	0·25	0·46	0·47	0·22	0·42	0·05	0·03	0·04	0·13	0·17	0·14	80·0	59·5	76·7
3·2	1·87	1·29	1·74	1·71	1·13	1·58	1·57	1·05	1·46	0·14	0·08	0·12	0·16	0·16	0·16	91·4	87·6	90·1
9·6	3·87	3·84	3·86	3·62	3·60	3·61	3·36	3·51	3·39	0·26	0·09	0·22	0·25	0·24	0·25	93·5	93·8	93·5

Dawki P_2O_5 (P_2O_5-Gaben)	Ilość P_2O_5 w g (P_2O_5-Menge in g).														
	P_2O_5 ogólny (Gesammt-P_2O_5)			P_2O_5 rozpuszczalny og. (P_2O_5 löslich)			P_2O_5 mineralny (Anorgan-P_2O_5)			P_2O_5 fitynowy (P_2O_5 des Phytins)			P_3O_5 nierozpuszczalny (P_2O_5 unlöslich)		
	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)
0·6	0·189	0·034	0·223	0·151	0·020	0·171	0·136	0·018	0·154	0·015	0·002	0·017	0·038	0·014	0·052
3·2	0·539	0·103	0·642	0·493	0·090	0·583	0·453	0·084	0·537	0·040	0·006	0·046	0·046	0·013	0·059
9·6	0·909	0·252	1·161	0·851	0·237	1·088	0·790	0·231	1·021	0·061	0·006	0·067	0·058	0·013	0·073

Tabela VIII.

Zbiór I. (I. Ernte).

Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	%-owa zawartość N (%-ischer N-Gehalt in Trockensubstanz)											
	N ogólny (Gesammt-N)			N białkowy (Protein-N)			N niebiałkowy (Nichtprotein-N)			N białkowy × 100 N: ogólny (Protein N × 100): (Gesammt-N)		
	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Miftel)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)
0 6	1·58	0·87	1·43	1·09	0·76	1·02	0·49	0·11	0·41	69·0	87·4	71·3
3·2	1·58	0·91	1·44	1·10	0·75	1·03	0·48	0·16	0·41	69·6	82·4	71·5
9·6	1·95	1·03	1·75	1·32	0·79	1·20	0·63	0·24	0·55	67·7	76·7	68·6

Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	Ilość N w g (N-Menge in g)								
	N ogólny (Gesammt-N)			N białkowy (Protein-N)			N niebiałkowy (Nichtprotein-N)		
	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)
0·6	0·459	0 070	0·529	0·317	0 061	0·378	0·142	0·009	0·151
3·2	0·456	0·073	0·529	0·317	0·060	0·377	0·139	0 013	0·152
9·6	0·458	0·068	0·526	0·310	0·052	0·362	0 148	0·016	0·164

Tabela IX.

Zbiór II. (II. Ernte).

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	P_2O_5 ogólny (Gesammt - P_2O_5)				P_2O_5 rozpuszczalny (P_2O_5 - löslich)				P_2O_5 mineralny (Anorgan - P_2O_5)			
		Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)
		%-owa zawartość P_2O_5 (%-ischer P_2O_5-Gehalt)											
A	0·6	0·81	0·19	0·27	0·46	0·59	0·11	0·08	0·31	0·11	0·10	0·07	0·10
	3·2	0·93	1·52	1·09	1·21	0·71	1·42	0·89	1·04	0·14	1·35	0·86	0·76
	9·6	1·18	3·67	2·79	2·53	0·94	3·49	2·30	2·29	0·28	3·31	2·25	1·92
B	0·6	1·01	0·34	0·27	0·41	0·73	0·26	0·10	0·29	0 61	0·23	0·08	0·25
	3·2	1·25	1·23	0·97	1·18	0·97	1·16	0·80	1·07	0·82	1·08	0·74	0·98
	9·6	1·51	3·00	2·96	2·81	1·14	2·92	2·60	2 64	0·97	2·68	2·50	2·44

Serja (Rheihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	P_2O_5 fitynowy (P_2O_5 des Phytins)				P_2O_5 nierozpuszczalny (P_2O_5 - unlöslich)				P_2O_5 rozp. $\times$ 100 : P_2O_5 ogólny (P_2O_5 löslich $\times$ 100 : Gesammt P_2O_5)			
		Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Ziarno (plewka) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)
		%-owa zawartość P_2O_5 (%-ischer P_2O_5 Gehalt)											
A	0·6	0·48	0·01	0 01	0·21	0·22	0·08	0·19	0·15	72·8	58·0	29·6	67·4
	3·2	0·57	0·07	0·03	0·28	0·22	0·10	0·20	0·17	76·3	93·4	81·7	85·9
	9·6	0·66	0·18	0·05	0·37	0·24	0·18	0·49	0·24	79·7	95·1	82·4	90·5
B	0·6	0·12	0·03	0·02	0·04	0·28	0·08	0·17	0·12	72·3	76·5	37·0	70·7
	3·2	0·15	0·08	0 06	0·09	0·27	0·07	0·17	0·11	77·6	94·3	82·5	90·7
	9·6	0·17	0·24	0·10	0·20	0·37	0·08	0·36	0·17	75·5	97·3	87·8	94·0

Tabela IX A).

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	%-owa zawartość P_2O_5 w słomie (%-ischer P_2O_5-Gehalt in Stroh)								
		P_2O_5 ogólny (Gesammt-P_2O_5)			P_2O_5 rozpuszczalny og. (P_2O_5-löslich)			P_2O_5 mineralny (P_2O_5 des Phytins)		
		Pędy główne (Haupttriebe)	Pędy boczne (Seitentriebe)	Średnia (Mittel)	Pędy główne (Haupttriebe)	Pędy boczne (Seitentriebe)	Średnia (Mittel)	Pędy główne (Haupttriebe)	Pędy boczne (Seitentriebe)	Średnie (Mittel)
A	0·6	0·18	0·21	0·19	0·09	0·14	0·11	0·08	0·12	0·10
	3·2	1·34	1·98	1·52	1·27	1·82	1·42	1·20	1·74	1·35
	9·6	3·47	4·00	3·67	3·35	3·72	3·49	3·19	3·50	3·31
B	0·6	0·22	0·42	0·34	0·12	0·36	0·26	0·10	0·32	0·23
	3·2	1·21	1·24	1·23	1·14	1·17	1·16	1·06	1·09	1·08
	9·6	3·50	2·74	3·00	3·42	2·65	2·92	3·18	2·41	2·68

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	%-owa zawartość P_2O_5 w słomie (%-ischer P_2O_5-Gehalt in Stroh)								
		P_2O_5 fitynowy (P_2O_5 des Phytins)			P_2O_5 nierozpuszczalny (P_2O_5 unlöslich)			P_2O_5 rozp. × 100 : P_2O_5 ogólny (P_2O_5 löslich × 100 : Gesammt P_2O_5)		
		Pędy główne (Haupttriebe)	Pędy boczne (Seitentriebe)	Średnia (Mittel)	Pędy główne (Haupttriebe)	Pędy boczne (Seitentriebe)	Średnia (Mittel)	Pędy główne (Haupttriebe)	Pędy boczne (Seitentriebe)	Średnia (Mittel)
A	0·6	0·01	0·02	0·01	0·09	0·07	0·08	50·0	66·7	58·0
	3·2	0·07	0·08	0·07	0·07	0·16	0·10	94·8	91·9	93·4
	9·6	0·16	0·22	0·18	0·12	0·28	0·18	96·5	93·0	95·1
B	0·6	0·02	0·04	0·03	0·10	0·06	0·08	54·5	85·7	76·5
	3·2	0·08	0·08	0·08	0·07	0·07	0·07	94·2	94·4	94·3
	9·6	0·24	0·24	0·24	0·08	0·09	0·08	97·7	96·7	97·3

Tabela X.

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	Ilość P_2O_5 w g (P_2O_5-Menge in g)											
		P_2O_5 ogólny (Gesammt-P_2O_5)				P_2O_5 rozpuszczalny og. (P_2O_5-löslich)				P_2O_5 mineralny (Anorgan-P_2O_5)			
		Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Ziarna (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)
A	0·6	0·211	0·052	0·021	0·284	0·154	0·030	0·006	0·190	0·029	0·027	0·005	0·061
	3·2	0·236	0·388	0·088	0·712	0·180	0·363	0·072	0·615	0·036	0·345	0·069	0·450
	9·6	0·242	0·841	0·174	1·257	0·193	0·799	0·144	1·136	0·057	0·758	0·141	0·956
B	0·6	0.078	0·142	0·029	0·249	0·056	0·109	0·011	0·176	0·047	0·096	0·009	0·152
	3·2	0.099	0·512	0·107	0·718	0·077	0·483	0·088	0·648	0·065	0·450	0·082	0·597
	9·6	0.096	1·067	0·275	1·438	0·072	1·038	0·242	1·352	0·061	0·953	0·233	1·247

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	Ilość P_2O_5 w g (P_2O_5-Menge in g)							
		P_2O_5 fitynowy (P_2O_5 des Phytins)				P_2O_5 nierozpuszczalny (P_2O_5 unlöslich)			
		Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)
A	0·6	0·125	0·003	0·001	0·129	0·057	0·022	0·015	0·094
	3·2	0·144	0·018	0·003	0·165	0·056	0·025	0·016	0·097
	9·6	0·136	0·041	0·003	0·180	0·049	0·042	0·030	0·121
B	0·6	0·009	0·013	0·002	0·024	0·022	0·033	0·018	0·073
	3·2	0·012	0·033	0·006	0·051	0·022	0·029	0·019	0·070
	9·6	0·011	0·085	0·009	0·105	0·024	0·029	0·033	0·086

bowiem blizko 60% fosforu ogólnego. Dla potwierdzenia liczb, otrzymanych dla fityny, przytaczamy wyniki oznaczeń met. Heubnera i Stadlera. % zawartość P_2O_5 fityny w ziarnie owsa była następująca:

Tabela XI.

Serja A.

Dawki P_2O_5	P_2O_5 fityny w % s. m.
0·6	0.46
3·2	0·58
9·6	0·62

Uderza wielka zgodność cyfr z wynikami poprzedniemi (tab. IX). Inaczej jest w innych częściach rośliny, w słomie i w korzeniach. Tutaj również P_2O_5 nierozp. zmienia się w najmniejszym stopniu. P_2O_5 fitynowy w słomie i szczególnie w korzeniach gromadzi się w ilościach bardzo nieznacznych; całą prawie ilość P_2O_5 rozpuszczalnego stanowi P_2O_5 mineralny.

Zupełnie inny obraz widzimy w serji B. Ilość P_2O_5 rozpuszczalnego jest większa, niż u roślin normalnych. Przedewszystkiem uderza znaczna ilość fosforu mineralnego i stosunkowo najmniejsza ilość P_2O_5 fitynowego w młodych wiechach. P_2O_5 min. w kłoskach wynosi przeszło 60% całkowitego P_2O_5, fitynowy zaś tylko około 12%. W innych częściach rośliny mamy fityny trochę więcej, niż w roślinach normalnych. Wielka zawartość związków rozp. fosforu w serji B stoi widocznie w związku z silnym jeszcze wzrostem i z wielką aktywnością wegetacyjną roślin tej serji.

Jeżeli chodzi o rozdział P_2O_5 w słomie w pędach głównych i bocznych (tabela IX A), to w serji A pędy główne zawierają przy wszystkich dawkach fosforowych mniejszą ilość tego składnika, niż pędy boczne. W serji B natomiast mamy stosunki odmienne. % zawartość P_2O_5 ogólnego, min. i fitynowego jest przy dawce 0·6 w pędach bocznych wyższa; przy dawce 3·2 mamy zawartość prawie jednakową, a przy dawce 9·6 pędy boczne zawierają znowu mniej P_2O_5 ogólnego i mineralnego, niż pędy główne. Zawartość P_2O_5 fitynowego i nierozpuszczalnego przy dwu ostatnich dawkach jest równa.

W plonie P_2O_5 ogóln. (tabela X) nie widzimy wielkiej różnicy pomiędzy obydwiema serjami. Przy dawce 0·6 *g* P_2O_5 rośliny serji B pobrały mniejszą jego ilość, zaś przy dawce ostatniej — odwrotnie,

ilość P_2O_5 w serji B była większa. Widzimy dalej, że wiechy w chwili kłoszenia zawierały już dosyć pokaźną ilość P_2O_5 w stosunku do ziarn dojrzałych; całkowitego usunięcia odpływu fosforu z łodyg i korzeni nie dało się w naszem doświadczeniu przeprowadzić. Z poszczególnych form P_2O_5 zasługuje na uwagę większe nagromadzenie w roślinach serji B P_2O_5 mineralnego. Ilość P_2O_5 nierozpuszczalnego i szczególnie fitynowego była w tej serji mniejsza, niż w serji A, głównie wskutek znacznej różnicy w składzie ziarna.

Ciekawy obraz zachowania się fosforu w roślinie otrzymamy, porównywując zmiany jego od zbioru I do II, tj. od chwili usunięcia kłosków do końca wegetacji. W tabeli XII zestawione są przyrosty lub zmniejszenia absolutne i $^0/_0$-owe ilości P_2O_5 w zbiorze II w porównaniu ze zbiorem I.

Widzimy, że w serji A w okresie wytwarzania nasion, pomimo ciągłego pobierania fosforu przez rośliny (im wyższa dawka tem $^0/_0$ ilość P_2O_5 pobranego mniejsza), związki fosforowe odpływały z korzeni do części nadziemnych.

Wszędzie, z wyjątkiem P_2O_5 nierozpuszczalnego, mamy wyraźne zmniejszenie ilości P_2O_5 w korzeniach. To zmniejszenie dotyczy przedewszystkiem P_2O_5 mineralnego i było (w *g*) tem większe im większa ilość P_2O_5 znajdowała się w roślinie. Z drugiej znów strony w tym okresie mamy wyraźną przemianę jednych form P_2O_5 w drugie. Ilość P_2O_5 mineral. zmniejsza się w całej roślinie bardzo silnie; tworzy się zato bardzo intensywnie P_2O_5 fitynowy i w mniejszym stopniu nierozpuszczalny.

Przyrosty absolutne P_2O_5 fitynowego i nierozpuszczalnego, a więc związków, których największa część znajduje się w ziarnach rośliny, są przy wszystkich dawkach prawie równe. Procentowe przyrosty P_2O_5 fitynowego w częściach nadziemnych maleją w miarę zwiększania dawki P_2O_5. To samo widzimy i przy P_2O_5 nierozpuszczalnym; w korzeniach mamy przyrosty tej formy fosforu absolutne i $^0/_0$-owe tem wyższe, im większa dawka.

Z procentowego przyrostu P_2O_5 fitynowego w roślinach normalnych można dalej wyciągnąć wniosek, że im mniejsze dawki fosforu, tem później następuje przeróbka P_2O_5 min. na związki organiczne. Fakt ten znajduje potwierdzenie w licznych wynikach różnych prac, mianowicie że P_2O_5 min. musi być obecny w pewnej koncentracji w roślinie niedojrzałej. Roślina podczas dojrzewania, a więc wtedy, kiedy nie potrzebuje zachować w dalszym ciągu zdolności do rozwoju, traci tę formę fosforu, tworząc materjały zapasowe, przedewszystkiem fitynę. Przemiana związków fosforowych min. następuje

Tabela XII.

W porównaniu ze zbiorem I przybyło (+) lub ubyło (—) w zbiorze II P_2O_5 w *g*.
(P_2O_5-Zunahme (+) oder Abnahme (—) (von der I. bis II. Ernte in *g*).

Serja (Reihe)	Dawka P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	P_2O_5 ogólny (Gesammt - P_2O_5)			P_2O_5 rozpuszczalny og. (P_2O_5 löslich)			P_2O_5 mineralny (Anorgan - P_2O_5)			P_2O_5 fitynowy (P_2O_5 des Phytins)			P_2O_5 nierozpuszczalny (P_2O_5 unlöslich)		
		Części nadziemn. (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Części nadziemn. (Oberird. Teil.)	Korzenie (Wurzeln))	Ogółem (Ganze Pflanze)	Części nadziemn. (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Części nadziemn. (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Części nadziemn. (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)
A	0·6	+ 0·074	— 0·013	+ 0·061	+ 0·033	— 0·014	+ 0·019	— 0·080	— 0·013	— 0·093	+ 0·113	— 0·001	+ 0·112	+ 0·041	+ 0·001	+ 0 042
	3 2	+ 0·085	— 0·015	+ 0·070	+ 0·050	— 0·018	+ 0·032	— 0·072	— 0·015	— 0·087	+ 0·122	— 0·003	+ 0·119	+ 0·035	+ 0·003	+ 0·038
	9·6	+ 0·174	— 0·078	+ 0·096	+ 0·141	— 0·093	+ 0·048	+ 0·025	— 0·090	— 0·065	+ 0·116	— 0·003	+ 0·113	+ 0·033	+ 0·015	+ 0·048
B	0·6	+ 0·031	— 0·005	+ 0·026	+ 0 014	— 0·009	+ 0·005	+ 0·007	— 0·009	— 0·002	+ 0 007	0 000	+ 0·007	+ 0·017	+ 0·004	+ 0·021
	3·2	+ 0·072	+ 0·004	+ 0·076	+ 0·067	— 0·002	+ 0·065	+ 0·062	— 0·002	+ 0·060	+ 0·005	0·000	+ 0·005	+ 0·005	+ 0 006	+ 0·011
	9·6	+ 0·254	+ 0·023	+ 0·277	+ 0·259	+ 0·005	+ 0·264	+ 0·224	+ 0·002	+ 0·226	+ 0·035	+ 0·003	+ 0·038	— 0·005	+ 0·018	+ 0·013
W procentach (In Procenten):																
A	0·6	+ 40·2	— 38·2	+ 27·4	+ 21·9	— 70·0	+ 11·1	— 58·8	— 72·2	— 60·4	+ 753·3	— 50·0	+ 658·8	+ 107·9	+ 7·1	+ 80·8
	3·2	+ 15·8	— 14 6	+ 10·9	+ 10·1	— 20·0	+ 5·5	— 15·9	— 17·9	— 16·2	+ 305·0	— 50·0	+ 258·7	+ 78·3	+ 23·1	+ 64·4
	9·6	+ 19.1	— 31·0	+ 8·3	+ 16·6	— 36 7	+ 4·4	+ 3·2	— 39 0	— 6·4	+ 190·2	— 50·0	+ 168·7	+ 56 9	+ 100·0	+ 65·8
B	0·6	+ 16·4	— 14·7	+ 11·7	+ 9·3	— 45·0	+ 2·9	+ 5·1	— 50·0	— 1·3	+ 46·7	0·0	+ 41·2	+ 44·7	+ 28·6	+ 40·4
	3·2	+ 13·4	+ 3·9	+ 11·8	+ 13·6	— 2 2	+ 11 1	+ 13·7	— 2·4	+ 11·2	+ 12·5	0·0	+ 10·9	+ 10·9	+ 46·2	+ 18·6
	9 6	+ 27·9	+ 9·1	+ 23·9	+ 30·4	+ 2·1	+ 24·3	+ 28·4	+ 0·9	+ 23 1	+ 57·4	+ 50·0	+ 56·7	— 8·6	+ 120·0	+ 17·8

głównie przy końcu okresu wegetacyjnego. Przy dostatecznej, a tembardziej przy nadmiernej ilości P_2O_5 w pożywce roślina nie potrzebuje oszczędzać. Wtedy synteza związków fosfor.-organicznych zachodzi we wcześniejszych okresach. Podobną zależność przemiany związków fosforowych widzimy i w pracy Seidlera, gdzie przy dawce 0 *g* P_2O_5 mamy w częściach nadziemnych przyrost P_2O_5 fitynowego = 671·9%, a przy dawce najwyższej — 2·0 *g* P_2O_5 — tylko 51·8%.

W inny sposób zachowuje się fosfor w roślinach bez ziarna (serja B). Ogólnie można powiedzieć, że z chwilą obcięcia kłosków przemiana związków fosforowych została wybitnie zahamowana. P_2O_5 ogólny (*g* i w %) w całej roślinie przyrasta również w dość znacznym stopniu, tem wyższym im większe były dawki fosforu. Z korzeni, z wyjątkiem dawki 0·6, a więc tam gdzie fosforu było najmniej, odpływu związków fosforowych rozpuszczalnych nie spotykamy; różnice pomiędzy zbiorem I a II w ilości P_2O_5 rozp. w korzeniach są bardzo małe.

Przejdźmy teraz do azotu (tabela XIII).

Co się tyczy N ogólnego widzimy z tabeli, że średnia % zawartość w obydwu serjach jest jednakowa. Przy najwyższej dawce fosforu mamy, wskutek zmniejszenia s. masy, małe podniesienia jego zawartości, widoczne najwyrazniej w słomie. % zawart. N og. w słomie i w kłoskach serji B jest wyższa, niż w serji A. W zawartości N w korzeniach nie znajdujemy większych różnic. Również N białkowy i N rozpuszczalny w większej ilości znajduje się przy najwyższej dawce P_2O_5. Ważniejszym jest jednak fakt, że % ilość N białkowego znacznie przeważa w serji A w porównaniu z serją B. Ilość N białkowego w serji pierwszej stanowiła prawie $^4/_5$ ogólnej ilości N w roślinie, gdy tymczasem w serji drugiej ilość ta dochodzi zaledwie do $^2/_3$.

Dla przedstawienia zachowania się N w słomie podajemy w tabeli XIII A) zawartość % w pędach głównych i bocznych. Z tabeli widzimy, że pędy boczne były bogatsze co do zawartości N, niż pędy główne. Dotyczy to N białkowego, jak i innych związków azotowych rozpuszczalnych.

Plon N (tabela XIV) przy wszystkich dawkach fosforowych w obydwu serjach osiągnął wysokość jednakową. W ziarnie serji A mamy spadek abs. ilości N w miarę zwiększania dawki P_2O_5; obniżenie to równoważy się wzrostem plonu N w słomie. To samo widzimy i w serji B. Absolutna ilość N białkowego w całej roślinie jest w serji A (wskutek najwyższej zawartości N w ziarnie) przy dawce 0·6 *g* P_2O_5 również najwyższa. Odwrotny stosunek mamy dla N niebiałkowego, gdzie ilość jego wzrasta od najniższej do najwyższej dawki P_2O_5.

Tabela XIII.

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	%-owa zawartość N (%-ischer N-Gehalt)							
		N ogólny (Gesammt-N)				N białkowy (Protein-N)			
		Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)
A	0·6	1·53	0 43	0·63	0·92	1·36	0·30	0·57	0·78
	3·2	1·45	0·52	0·65	0·94	1·27	0·23	0·56	0·74
	9·6	1·54	0·85	0 68	1·12	1·37	0·53	0·59	0·88
B	0·6	2·21	0·75	0·68	0·92	1·39	0 47	0·57	0·61
	3·2	2·21	0·74	0·68	0·92	1·39	0 47	0·57	0·61
	9·6	2 26	0·99	0·74	1·10	1·50	0·61	0·64	0·73

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	%-owa zawartość N (%-ischer N-Gehalt)				$\frac{\text{N białkowy} \times 100}{\text{N ogólny}}$ $\frac{(\text{Protein-N} \times 100)}{(\text{Gesammt-N})}$			
		N niebiałkowy (Nichtprotein-N)							
		Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzel)	Średnia (Mittel)	Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)
A	0·6	0·17	0·13	0·06	0·14	88·9	69·8	90·5	84·8
	3·2	0·18	0·24	0·09	0·20	87·6	53·8	86·2	78·7
	9·6	0·17	0·32	0·09	0·23	89·0	62·4	86·8	78·6
B	0·6	0·82	0·28	0·11	0·31	62·9	62·7	83·8	66·3
	3·2	0·82	0·27	0·11	0·31	62·9	63·5	83·8	66·3
	9·6	0·76	0·38	0·10	0·37	66·4	61·6	86·5	66·3

Tabela XIII A).

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	%-owa zawartość N w słomie (%-ischer N-Gehalt in Stroh)									N białkowy × 100 / N ogólny (Protein-N × 100) / (Gesammt-N)		
		N ogólny (Gesammt-N)			N białkowy (Protein-N)			N niebiałkowy (Nichtprotein-N)					
		Pędy główne (Haupt-triebe)	Pędy boczne (Seiten-triebe)	Średnia (Mittel)	Pędy główne (Haupt-triebe)	Pędy boczne (Seiten-triebe)	Średnia (Mittel)	Pędy główne (Haupt-triebe)	Pędy boczne (Seiten-triebe)	Średnia (Mittel)	Pędy główne (Haupt-triebe)	Pędy boczne (Seiten-triebe)	Średnia (Mittel)
A	0·6	0·36	0·55	0·43	0·24	0·41	0·30	0·12	0·14	0·13	66·7	74·5	69·8
	3·2	0·46	0·69	0·52	0·23	0·41	0·28	0·23	0·28	0·24	50·0	59·4	53·8
	9·6	0·76	0·99	0·85	0·47	0·63	0·53	0·29	0·36	0·32	61·8	63·6	62·4
B	0·6	0·59	0·85	0·75	0·36	0·54	0·47	0·23	0·31	0·28	61·0	63·5	62·7
	3·2	0·59	0·84	0·74	0·35	0·55	0·47	0·24	0·29	0·27	59·3	65·5	63·5
	9·6	0·85	1·06	0·99	0·54	0·64	0·61	0·31	0·42	0·38	63·5	60·4	61·6

Tabela XIV.

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	Ilość N w g (N-Menge in g)											
		N ogólny (Gesammt-N)				N białkowy (Protein-N)				N niebiałkowy (Nichtprotein-N)			
		Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanzen)	Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanzen)	Ziarno (plewki) (Korn Spelzen)	Słoma (Stroh)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)
A	0·6	0·399	0·118	0·049	0·566	0·354	0·082	0·044	0·480	0·045	0·036	0·005	0·086
	3·2	0·368	0·133	0·052	0·553	0·322	0·072	0·045	0·439	0·046	0·061	0·007	0·114
	9·6	0·316	0·195	0·043	0·554	0·281	0·121	0·037	0·439	0·035	0·074	0·006	0·115
B	0·6	0·170	0·314	0·072	0·556	0·107	0·197	0·061	0·365	0·063	0·117	0·011	0·191
	3·2	0·175	0·308	0·075	0·558	0·110	0·196	0·063	0·369	0·065	0·112	0·012	0·189
	9·6	0·143	0·352	0·069	0·564	0·095	0·217	0·060	0·372	0·048	0·135	0·009	0·192

Tabela XV.

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	W porównaniu ze zbiorem I przybyło (+) lub ubyło (—) w zbiorze II N w g (N-Zunahme (+) oder Abnahme (—) von der I bis II Ernte in g)								
		N ogólny (Gesammt-N)			N białkowy (Protein-N)			N niebiałkowy (Nichtprotein-N)		
		Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Ogółem (Ganze Pflanze)
A	0·6	+ 0·058	— 0·021	+ 0·037	+ 0·119	— 0·017	+ 0·102	— 0·061	— 0 004	— 0 065
	3·2	+ 0·045	— 0·021	+ 0·024	+ 0·077	— 0·015	+ 0·062	— 0·032	— 0·006	— 0·038
	9·6	+ 0·053	— 0·025	+ 0·028	+ 0·092	— 0 015	+ 0·077	— 0·039	— 0·010	— 0 049
B	0·6	+ 0·025	+ 0·002	+ 0·027	— 0·013	0·000	— 0·013	+ 0·038	+ 0 002	+ 0.040
	3·2	+ 0 027	+ 0·002	+ 0·029	— 0·011	+ 0 003	— 0·008	+ 0·038	— 0·001	+ 0·037
	9·6	+ 0 037	+ 0·001	+ 0 038	+ 0·002	+ 0·008	+ 0·010	+ 0·035	— 0·007	+ 0·028

Serja (Reihe)	Dawki P_2O_5 (P_2O_5 Gaben)	W porównaniu ze zbiorem I przybyło (+) lub ubyło (—) w zbiorze II N w % (N-Zunahme (+) oder Abnahme (—) von der I bis II Ernte in %)								
		N ogólny (Gesammt-N)			N białkowy (Protein-N)			N niebiałkowy (Nichtprotein-N)		
		Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Cz. nadz. rośliny (Oberird. Teil)	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)	Cz. nadz. rośliny (Oberird Teil).	Korzenie (Wurzeln)	Średnia (Mittel)
A	0·6	+ 12·6	— 30·0	+ 7·0	+ 37·6	— 27 9	+ 27·0	— 43·0	— 44·4	— 43 0
	3·2	+ 9·9	— 28·8	+ 4·5	+ 24·3	— 25·0	+ 16·4	— 23·0	— 46·2	— 24·9
	9·6	+ 11·6	— 36·8	+ 5·3	+ 29·7	— 28·1	+ 21·3	— 26·4	— 62·5	— 29·9
B	0·6	+ 5·4	+ 2·8	+ 5·1	— 4·1	0·0	— 3·4	+ 26·8	+ 22·2	+ 26 5
	3·2	+ 5·9	+ 2·8	+ 5·5	— 3·4	+ 5·0	— 2·1	+ 27·3	— 7·7	+ 24·3
	9·6	+ 8·1	+ 1·5	+ 7·2	+ 0·6	+ 15·4	+ 2·7	+ 23·6	— 43·8	+ 17·1

W serji B tej zależności od nawożenia fosforowego niema. N białk. jak i niebiałkowy znajduje się przy wszystkich dawkach w ilościach równych.

Podobnie jak dla fosforu obliczyliśmy przyrosty i ubytki N od zbioru I do II. Wyniki podane są w tabeli XV.

Przyrost N za ten okres był nieznaczny, wynosił bowiem tylko kilka procentów. W serji A widzimy również zmniejszenie ilości N w korzeniach, a nagromadzenie jego w częściach nadziemnych. Dalej, jeżeli chodzi o przemianę jednych form N w drugie, to znajdujemy w tym okresie znaczne zmniejszenie ilości rozpuszczalnego N na korzyść N białkowego. W serji B te przemiany nie zachodzą: ilość N białkowego jeszcze się raczej trochę zmniejszyła, pobrany zaś N gromadził się w postaci związków niebiałkowych, rozpuszczalnych.

Uwagi ogólne i wnioski.

Z przytoczonych danych doświadczalnych widzimy, że rośliny obydwu seryj — zarówno tworzące ziarna, jak i pozbawione możności tworzenia ziarn — pobrały niemal te same ilości fosforu (na tych samych dawkach), jednakże ilości kwasu fosforowego mineralnego były bardzo różne, a mianowicie w serji B znacznie wyższe (przy dawce 0·6 o 149%, przy 3·2 o 33%, przy 9·6 o 30% (tabela X). Jest to wynik, jakiego się spodziewano, podejmując niniejszą pracę. Równocześnie jednak spodziewano się też, że to zwiększenie ilości kwasu fosforowego mineralnego, który niema ujścia do nasion i nie może się przetwarzać na P_2O_5 organiczny nasion, wywrze ujemny wpływ na produkcję suchej masy i obniży plon roślin serji B. Tymczasem nic podobnego nie zaszło. Plon serji B jest niemal taki sam, jak serji A, a nawet mógłby być wyższy, gdyby doświadczenie trwało dłużej. Zaszła tu bowiem niespodziewana okoliczność, a mianowicie zahamowanie procesu dojrzewania rośliny na skutek obcięcia kłosków, dzięki czemu rośliny pozostały w stanie świeżym i zachowały pełną aktywność wegetacyjną (silny wzrost pędów bocznych) w okresie, gdy rośliny serji A już zasychały. To też, gdy przeliczymy procentową zawartość P_2O_5 w stosunku do świeżej masy w obydwu serjach, to zobaczymy, że mimo większej absolutnej zawartości P_2O_5 min. w serji B, jego procentowa zawartość w świeżej masie, a więc i koncentracja P_2O_5 w sokach roślinnych była nawet mniejsza, niż w serji A. Stąd więc ujemny wpływ nadmiernego nagromadzenia się P_2O_5 mineralnego nie mógł się ujawnić w serji B i tem samem nie mógł wywołać większego obniżenia plonu, niż w serji A.

Jeżeli chodzi o inne formy fosforu, to ilość P_2O_5 fitynowego i nierozpuszczalnego (białk. + lecyt), jak to już dawniej m. in. stwierdzili J. Jakuszkin i Seidler, nie wykazała większej zależności od nawożenia fosforowego. Rośliny mogą pobierać fosfór w dużym nadmiarze, jednak tylko część jego bierze udział w przemianie materji, reszta pozostaje niezmieniona — w formie nieorganicznej. Jest to w zupełnej zgodzie z ostatniemi doświadczeniami W. Brenchley (1), dzięki którym zostało jasno stwierdzone, że decydujące znaczenie dla plonu roślin ma dostarczenie odpowiedniej ilości fosforu w pierwszych kilku tygodniach rozwoju. Dłuższe trzymanie jęczmienia na pożywce z fosforem plonu suchej masy roślin zupełnie nie zwiększyło, wywołało jedynie zmiany w ilości nagromadzonego fosforu. To samo można znaleźć w licznych doświadczeniach nawozowych nad działaniem fosforu łatwo i trudno rozpuszczalnego. Mała dawka fosforu dostępnego dla roślin w pierwszym okresie rozwoju dawała prawie zawsze lepszy plon, pomimo procentowej zawartości P_2O_5 nizkiej, niż większa, lecz trudniej przyswajalna. Rośliny na nawozach fosforowych trudno rozpuszczalnych zawierały najczęściej w sobie więcej P_2O_5 wskutek tego, że składnik ten pobierany był chociaż w słabym stopniu, ale w przeciągu długiego czasu; znaczenie jego dla wyprodukowania masy rośliny było bardzo już wtedy małe.

Musimy więc powiedzieć, że i badanie wpływu wysokich dawek fosforu na roślinę i jej skład powinno się właściwie odnosić do początkowych stadjów rozwoju. W okresie tym mamy zresztą najlepiej widoczne i zewnętrzne oznaki uszkodzeń rośliny przez nadmierne dawki tego składnika; w późniejszych stadjach roślina może łatwiej przystosować się przez zwiększenie masy i obniżenie zdolności absorbcyjnej korzeni do nienormalnych warunków środowiska, z którego czerpie pokarmy.

Najważniejsze wyniki naszej pracy można streścić w sposób następujący:

1) Plon roślin normalnych i bez ziarna przy poszczególnych dawkach fosforu był prawie równy. Plon roślin normalnych uległ obniżeniu przy dawce 9·6 *g* P_2O_5 o 19%, roślin bez ziarna o 15%. W plonie poszczególnych części rośliny widzimy bardzo duże różnice pomiędzy serją A i B. W serji A s. masa słomy wynosiła mniej, niż $^1/_2$ całej masy roślin, w serji B ilość ta zwiększyła się do $^2/_3$. Bardziej wyraźnego obniżenia plonu przy najwyższej dawce fosforu u roślin bez ziarna nie stwierdziliśmy, bo rośliny wskutek przedłużenia okresu wegetacyjnego zawierały większą świeżą masę i mniejszą końc. P_2O_5 mineralnego.

2) Krzewienie roślin bez ziarna było daleko większe, niż roślin normalnych.

3) Procentowa zawartość P_2O_5 og. w zbiorze II obydwu serji była mniejsza, niż w zbiorze I. Proc. zaw. P_2O_5 og. serji B zbioru końcowego nie wykazała większych różnic (z wyjątkiem dawki 9·6) w porównaniu z serją A. W roślinach bez ziarna mamy znacznie większą % ilość P_2O_5 min., natomiast mniej jest P_2O_5 fitynowego i białkowego, niż w roślinach normalnych. Największym wahaniom podlega % zaw. P_2O_5 min., najmniej zaś zmienia się P_2O_5 nierozupuszczalny. W ziarnie roślin normalnych znajdujemy najwięcej P_2O_5 fityny (= blizko 60% P_2O_5 ogólnego).

4) Plon P_2O_5 uległ znacznie mniejszemu zwiększeniu od zbioru I, niż plon s. masy owsa. Od zbioru I do końca wegetacji następuje bardzo silna przemiana związków fosforowych min. na organiczne, przedewszystkiem fitynę. W serji B tej przemiany niema. Ilość P_2O_5 nierozp. i fityny zwiększa się bardzo nieznacznie. Cały nadmiar pobranego P_2O_5 pozostaje w formie mineralnej.

5) Procentowa zawartość N wzrasta w obydwu serjach przy dawce najwyższej. Zwiększenia to najwyraźniej występuje w słomie. W porównaniu z serją A rośliny serji B miały śr. % N białkowego mniejszy, N innych związków większy.

6) Plon N przy wszystkich dawkach fosforowych był w serji A i B jednakowy. Od zbioru I do II mamy również tylko nieznaczny przyrost N og. Tak, jak dla P_2O_5 spotykamy w tym okresie zmniejszenie ilości N w korzeniach (tylko w serji A), mamy także zwiększenie ilości N białkowego, a ubytek N niebiałkowego. W serji B stosunki są odmienne: ilość N białkowego zmienia się bardzo mało, przybywa natomiast N niebiałkowy.

Kierownikowi Zakładu Fizjologji Roślin, prof. Drowi M. Korczewskiemu składam głębokie podziękowanie za temat i wskazówki, jakie mi udzielał w czasie wykonania niniejszej pracy.

Literatura.

1. Brenchley, W. E. 1929. The Phosphate Requirement of Barley at Different Periods of Growth. Annals of Botany. Vol. XLIII, pp. 89—110.

2. Heubner, W u. Stadler, H. 1914. Über eine Titrationsmethode zur Bestimmung des Phytins. Biochemische Zeitschrift. Bd. 64, pp. 422—437.

3. Jakuszkin, J. 1915. Legko izwlekajemyj fosfor w rastienjach i obezpieczennost' fosfornokisłogo pitanja. Żurnał Opytnoj Agronomji. T. XVI, pp. 118—139.

4. Jegorow, M. A. 1913. Formy fosfornoj kisłoty i metody ich opredielenja. Izwiestia Mosk. Sielskohoz. Instituta. T. XIX, pp. 1—94.

5. Jegorow, M. A. 1914. K poznanju swojstw fitina. Żurnał Opytn. Agron. T. XV, pp. 401—450.

6. Jegorow, M. A. 1915. K woprosu o roli zolnych elementow w żyźni rastienja I. Żurn. Opytn. Agron. T. XVI, pp. 270—280.

7. Koehler, Z. 1926. Sur les composés phosphorés des plantes I. La solubilité et la répartition des composés phosphorés contenus dans les semences. Extr. d. Bull. de l'Acad. Polon. des Sciences et des Lettres B., pp. 709—848.

8. Korczewski, M. i Majewski, F. 1929. Wpływ wysokich dawek kwasu fosforowego na plon owsa. Równowagi fizjologiczne w roślinie. Roczn. Nauk Roln. i Leśnych. T. XXII, pp. 213—246.

9. Lewoniewska, S. 1925. Wpływ różnych dawek nawozów fosforowych na skład owsa. Pam. Państw. Instyt. Nauk Gosp. Wiejsk. w Puławach. T. VI. pp. 395—412.

10. Lindenbaum, S. 1927. Sur le composés phosphorés des plantes III. Sur la solubilité des composés phosphorés de la farine d'avoine et sur la faculté de l'acide phytique de se combiner avec les substances proteiques qu'elle contient. Extr. Bull. de l'Acad. Polon. d. Sc. et d. Lettr. Serie B, pp. 1041—1095.

11. Sawin, P. 1916. K woprosu ob opredielenji płodorodja poczw putiem analiza rastienij. Żurnał Opytnoj Agron. T. XVII, p. 1—12.

12. Seidler, L. 1913. Untersuchungen über den Umsatz der Phosphorsäure in Pflanzenorganismus in verschiedenen Vegetationsstadien und bei verschiedenen Phosphorsäuredüngungen. Die Landw. Versuchs-Stationen. Bd. 79—80, p. 563—610.

13. Shive, J. W. 1918. Toxicity of Monobasic Phosphates Towards Soybeans Grown in Soil and Solution-Cultures. Soil Science Vol. V, pp. 87—122.

14. Staniszkis, W. 1909. Znaczenie kwasu fosforowego w życiu roślin, jego pobieranie i przerabianie. Rocz. Nauk Rol. T. IV, pp. 319—354.

15. Vorbrodt, W. 1912—1919. Studja nad związkami fosforu w nasionach ze szczególnem uwzględnieniem fityny. Rocz. Nauk Roln. T. VI, pp. 1—80.

16. Zaleski, W. 1907. Über den Umsatz der Phosphorverhindungen in reifen Samen. Ber. d. Bot. Gesellschaft, Bd. 25, pp. 58—66.

Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit wurde mit Hafer in Vegetationsgefässen auf reinem Sand, dem die nötigen Nährstoffe zugegeben wurden, ausgeführt. Es wurden zwei Versuchsreihen angestellt: Die eine (A) mit normalen Pflanzen und die andere (B) mit Pflanzen, bei denen durch frühzeitige Entfernung von Samenanlagen (es wurden die Spelzen abgeschnitten) die Entwickelung von Samen verhindert wurde. Die A-Reihe lieferte also den normalen Ertrag an Korn, Stroh und Wurzeln, während in der B-Reihe die ganze produzierte Pflanzenmasse nur in Form von Stroh, Wurzeln und den unentwickelten (abgeschnittenen) Spelzen erscheinen konnte.

Es wurde nun untersucht, welchen Einfluss diese verschiedenartige Behandlung der beiden Reihen auf den Gesamtertrag, sowie auf die Aufnahme von Phosphorsäure und Stickstoff bei drei verschiedenen Phosphorsäuregaben, ausübt. Besondere Aufmerksamkeit wurde auf die Verhältnisse bei einer hohen Phosphorsäuregabe gerichtet, wo der grösste Teil der in Überschuss aufgenommenen Phosphorsäure in der Mineral-Form auftritt. Es war zu erwarten, dass in der B-Reihe dieser Überschuss an mineralischer Phosphorsäure in der Pflanzensubstanz noch stärker hervortreten wird, da durch die Verhinderung der Samenbildung der normale Abfluss der Mineral-Phosphorsäure nach den Samen, wo sie in Form von organischen Verbindungen aufgespeichert wird, hier nicht stattfinden konnte.

Die Phosphorsäure wurde, wie gesagt, in jeder Reihe in drei Abstufungen gegeben (0·6, 3·2, 9·6 *g* P_2O_5 pro Gefäss als $Ca(H_2PO_4)_2$) darin eine sehr hohe Gabe von 9·6 *g*, welche bei 8 *kg* Sand schon eine Ertragserniederung hervorruft. Stickstoffgaben waren überall konstant (0·75 *g* N *pro* Gefäss).

Beginn der Keimung fand am 18. V. statt. Am 14. VII. wurden wurden die ersten Rispen bemerkbar. Es wurden sofort die Spelzen abgeschnitten und ausserdem je 2 Gefässe aus jeder PO_4-Gabe zur Analyse genommen. Die Ernte erfolgte am 21. VIII. Die Pflanzen der A-Reihe waren volkommen reif, nicht aber die Pflanzen der B-Reihe, welche nach Entfernung der Samenanlagen sehr starkes Wachstum zeigten und fortdauernd immer neue Seitentriebe und Infloreszenzen bildeten.

Die Resultate der Messungen und Analysen sind in den Tabellen I—XV zusammengestellt.

Die Verhinderung der Samenbildung hatte auf die Produktion der Pflanzensubstanz keinen hemmenden Einfluss ausgeübt. Der fehlende Kornertrag wurde durch entsprechenden Mehrertrag an Stroh und Wurzeln kompensiert. Die Vegetationsdauer wurde verlängert und die Bildung neuer Triebe stark begünstigt.

Die Menge der aufgenommenen Phosphorsäure war bei der höchsten P_2O_5-Gabe in der B-Reihe grösser als in der A-Reihe. Bei niedrigeren Gaben war die P_2O_5-Aufnahme in beiden Reihen ziemlich gleich. Wie zu erwarten, war das Verhältniss der Mineral-Phosphorsäure zu der Gesamt-Phosphorsäure in der B-Reihe stark zugunsten der Mineral-P_2O_5 verschoben. Ihre Menge im Verhältnis zur Gesammt-Phosphorsäure betrug (in Prozenten):

in der A-Reihe: 0·6 — 21·5%, 3·2 — 63·2%, 9·6 — 76·0%
in der B-Reihe: 0·6 — 61·0%, 3·2 — 83·1%, 9·6 — 86·7%

Trotzdem war der Gehalt sowohl an Mineral- wie an Gesammt-Phosphorsäure im Stroh und in den Wurzeln der B-Reihe nicht höher, sondern wegen der weit grösseren Menge an Trockensubstanz dieser Pflanzenteile in der B-Reihe niedriger als in der A-Reihe. Von allen Formen des Phosphors bildete nur das Phytin hier eine Ausnahme (s. Tabelle IX); ihr Gehalt in Wurzeln und Stroh war in der B-Reihe höher als in der A-Reihe. Es scheint also, dass das Phytin als lösliche organische Verbindung schon in den vegetativen Organen gebildet und von dort zu den Samen übergeführt wird. Diese Synthese wird durch das Fehlen der Samenbildung nicht beeinträchtigt; da aber die Auswanderung von Phytin nach den Samen in der B-Reihe nicht möglich war, sammelte es sich in höherer Konzentration im Stroh und Wurzeln.

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule in Warschau.