W. KRZESZKIEWICZÓWNA
(Zakład Fizjologii Roślin S. G. G. W.)

ANALIZA PROCESU POBIERANIA SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD ROZWOJU ROŚLINY I OD CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH.

Absorption of mineral nutrients in relation to the degree of development of plant and to external factors.

(Wpłynęło 11. VI. 1937)

WSTĘP.

Dla lepszego zrozumienia mechanizmu pobierania składników pokarmowych przez rośliny ważną rzeczą jest określenie zależności, jaka istnieje pomiędzy intensywnością pobierania pokarmów a wiekiem rośliny. Osiągnąć to można przez prowadzenie doświadczeń w ciągu całego okresu wegetacyjnego. Takie bowiem doświadczenia mogą wykazać zmiany, zachodzące w energii pobierania pokarmów w zależności od okresu rozwoju roślin. W licznych pracach, w których przedstawiono wyniki oznaczeń pobierania składników pokarmowych w ciągu całego życia roślin, wykazano, że szybkość pobierania pokarmów nie jest jednakowa we wszystkich okresach rozwoju, że ta szybkość, stając się to mniejszą, to większą, jest związana ze stadium rozwojowym roślin. W pobieraniu składników pokarmowych istnieje więc okresowość.

Już w r. 1882 Hornberger (8), oznaczając pobieranie składników pokarmowych przez kukurydzę, hodowaną na poletkach doświadczalnych o pełnym nawożeniu i zbieraną do analizy w okresach tygodniowych, stwierdził, że ilości składników pobranych przez tę roślinę z gleby w poszczególnych tygodniach są różne, odpowiadające różnym okresom rozwoju rośliny. Późniejsze prace, jak np. Sigmond'a (28), Balic-

kiej-Iwanowskiej (3), Staniszkisa (31), Wagner'a (34), w których również oznaczano ilości pobranych składników pokarmowych na zasadzie analizy zbieranych próbek roślin, wykazały tak samo istnienie zależności pobierania pokarmów od wieku roślin, a ściślej, od okresu rozwoju roślin. Zmiany w energii pobierania składników pokarmowych występują przede wszystkim wyraźnie w związku z zaczynającym się okresem generatywnym. Należy tu również wspomnieć o pracach Stahl'a i Shive'a (29, 30) nad pobieraniem azotu amonowego i azotanowego przez owies i grykę. Za pomocą analizy płynów, dokonywanej co kilkanaście dni (do każdego pomiaru absorbcji brano płyny z pod innych roślin), znaleziono znaczne różnice w pobieraniu tych dwóch form azotu w zależności od stadium rozwoju roślin.

Powyższe prace nie mogą jednak dać nam pełnego, jasnego obrazu pobierania składników pokarmowych w ciągu całego rozwoju roślin. Wynika to już z samej metodyki oznaczania ilości pobranych pokarmów. W doświadczeniach tych analizowano co jakiś czas pewną ilość roślin, za każdym razem innych; jeżeli więc próbka zebrana w danym okresie nie była przeciętną całej populacji — co przecież łatwo mogło się zdarzyć — otrzymywano odchylenia od właściwej krzywej absorbcji. Poza tym drugą ważną przeszkodą dla otrzymania ścisłego przebiegu absorbcji było to, że oznaczenia robiono rzadko, nie częściej niż raz na tydzień.

W innych znowu pracach (1, 2, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 32, 33), w których oznaczano pobieranie poszczególnych jonów przez rośliny, były robione pomiary absorbcji przez analizę pożywek co kilka lub kilkanaście godzin dla większej ilości roślin umieszczonych w jednej kulturze. Doświadczenia dla jednych i tych samych roślin trwały jednak krótko, najwyżej kilkanaście dni. Nie chodziło tu bowiem o badanie całego rozwoju rośliny, od kiełka aż do przekwitnięcia i zamierania, lecz o zbadanie wpływu różnych czynników, (jak koncentracja pożywki, zmiany pH i t. p.) na przebieg pobierania poszczególnych jonów w danym, zwykle początkowym, okresie rozwoju. Jedynie tylko w pracy Korczewskiego i Majewskiego (9, 10), wykonanej metodą kultur wodnych, przeprowadzono doświadczenia z jednymi i tymi samymi roślinami w ciągu całego

ich życia, lecz pomiary absorbcji były robione raz na tydzień. Z tych doświadczeń nie wiemy więc, jaka może być wielkość wahań w pobieraniu składników pokarmowych w poszczególnych dniach w ciągu całego życia jednej i tej samej rośliny.

Zarówno z prac robionych w Zakładzie Fizjologii Roślin S.G.G.W. jak i z innych badań wiemy, że pomiędzy absorbcją składników pokarmowych w jednym dniu, a absorbcją w jakimś innym dniu mogą być duże różnice. Zachodzi pytanie czy te różnice stoją w związku z okresem rozwoju rośliny czy też są wywołane zmianami czynników zewnętrznych, jak oświetlenia, temperatury i t. p., czy też wreszcie są to wahania indywidualne. Ważnym jest zatem zbadanie, czy absorbcja u tej samej rośliny w następujących po sobie dniach odbywa się regularnie, czy też zachodzą duże skoki i wahania.

W poprzednich pracach nie oznaczano absorbcji pokarmów indywidualnie dla pojedyńczej rośliny, ale zawsze absorbcję przeciętną dla wielu roślin. Odnosi się to do doświadczeń zarówno tych, gdzie absorbcja oznaczana była dla kilku czy kilkunastu roślin rosnących w jednej kulturze, jak i do doświadczenia Korczewskiego i Majewskiego, gdzie pomimo tego, że w każdej kulturze znajdowała się tylko jedna roślina, oznaczana była średnia absorbcja dla całej serii. Nie jest więc wiadome, jak pobiera składniki pokarmowe jedna roślina i w jakim stopniu pobieranie kilku roślin różni się między sobą. Czy pobierają one proporcjonalnie do swej wagi, czy też nie?

Gdybyśmy znali absorbcję każdej poszczególnej rośliny i różnice indywidualne w absorbcji u szeregu takich osobników, to moglibyśmy zdać sobie sprawę, jaka jest wartość przeciętnych oznaczeń, które otrzymujemy dla serii z kilku lub kilkunastu roślin. Poza tym oznaczanie pobierania składników pokarmowych przez poszczególne rośliny posiada jeszcze i tę wartość, że pozwala nam lepiej ocenić wpływ warunków zewnętrznych na wielkość wahań absorbcji w krótkich odstępach czasu. Jeżeli bowiem zmiany w absorbcji zachodzące z dnia na dzień, zależałyby od indywidualnych wahań, w takim razie różne rośliny badane w jednakowych warunkach wykażą zmiany absorbcji niejednakowe — większe i mniejsze. Jeżeli natomiast absorbcja zależy przede wszyst-

kim od czynników zewnętrznych a mianowicie temperatury, oświetlenia i t. p., to wszystkie rośliny będą wykazywały zmiany absorbcji jednocześnie i w jednym kierunku, to znaczy wszystkie równocześnie będą ją zwiększać lub zmniejszać.

Głównym zadaniem niniejszej pracy jest więc określenie przebiegu absorbcji przez rośliny indywidualne w ciągu całego ich życia, znalezienie zmian absorbcji w czasie rozwoju rośliny i stwierdzenie ewentualnej okresowości. Dalszym, nie mniej ważnym zadaniem jest dokładna ocena wielkości wahań, zachodzących w absorbcji w poszczególnych dniach u tej samej rośliny, jak również oznaczenie wahań pomiędzy absorbcją kilku roślin hodowanych równolegle w jednakowych warunkach.

DOŚWIADCZENIE I (R. 1933).

Metoda. Aby rozwiązać postawione sobie wyżej zadania, oznaczano codziennie (z wyjątkiem niedziel) absorbcję fosforu dla sześciu, jednych i tych samych roślin kukurydzy, traktowanych indywidualnie, w ciągu całego ich rozwoju. Stosowano metodę kultur wodnych. Jest to metoda najodpowiedniejsza do tego rodzaju doświadczeń. Mamy bowiem środowisko syntetyczne, przez nas złożone, o odpowiedniej, ściśle określonej koncentracji składników pokarmowych, w którym wyeliminowane są wpływy najróżnorodniejszych procesów jakie zachodzą w glebie. Koncentracja pożywki może być utrzymana stale na tym samym poziomie za pomocą ciągłego przepływu, lub częstego zmieniania. Możemy oznaczać absorbcję składników pokarmowych dla jednych i tych samych roślin przez całe ich życie w dowolnych odstępach czasu, a to dzięki temu, że w każdej chwili można zanalizować płyn z pod roślin i porównywując ze składem dawanej pożywki, określić ilość pobranych składników przez dany okres czasu. Możemy ściśle oznaczać przyrosty świeżej masy całej rośliny, z łatwością bowiem w każdej chwili da się wyjąć, zważyć i z powrotem włożyć roślinę do płynnej pożywki. Dzięki temu potrafimy też bez trudu tworzyć serie roślin o tej samej średniej wadze (w przeliczeniu na 1 roślinę), która to średnia równocześnie odpowiada średniej wadze 1 rośliny w całej populacji. W ten sposób serie te są ściśle z sobą porównywalne.

Do doświadczenia wzięto kukurydzę „Bydgoską" oryg. Rośliny, użyte w niniejszej pracy zostały wybrane z materiału

przygotowanego do innego obszernego doświadczenia, założonego przez Zakład Fizjologii Roślin. Średnia waga nasion nastawionych dnia 2.VI na kiełkowanie, wynosiła 380 ± 10 mg. Dnia 14.VI roślinki przeniesiono na pożywkę do słojów 2,5 litrowych, przy czym wybierano tylko takie, których waga nie odbiegała zbytnio od średniej wagi (= 1,915 g) wszystkich 180 roślin i mieściła się w granicach od 1,80 do 2,10 g.

Pożywkę przyrządzano na wodzie wodociągowej w ten sposób, że do wody, zawierającej w 1 litrze: 2,5 mg K, 80 mg Ca, 15 mg MgO, 20 mg Cl, 30 mg SO_4 i ślad PO_4 dodawano 4,5 mg K, (jako KCl), 14 mg N (jako $Ca(NO_3)_2$) i 7,1 mg P_2O_5 (jako $Ca(H_2PO_4)_2$). Pożywkę zakwaszano mieszaniną HCl i H_2SO_4 (1 : 1) do pH = 5. W każdym słoju 2,5 litrowym umieszczona była 1 roślina.

Właściwe doświadczenie zaczęto 12 lipca. Wydzielono wtedy z ogólnej ilości roślin 6 osobników, o średniej wadze 40,1 g. (była to średnia wszystkich roślin). Jednocześnie zebrano 10 roślin o tej samej średniej wadze, aby oznaczyć skład chemiczny roślin w czasie zakładania doświadczenia. Poczynając od 12 lipca, zmieniano codziennie, z wyjątkiem niedziel, pożywkę w ten sposób, aby można było dokładnie oznaczyć ilość pobranego fosforu. Przygotowywano więc w dużej butli jedną pożywkę dla wszystkich 6 roślin; przy zmianie pożywki, po wyjęciu rośliny, opłukiwano korzenie wodą destylowaną i słój z płynem ważono. Po wymieszaniu brano odpowiednią próbkę płynu do analizy. Świeżą pożywkę nalewano również według wagi, do 2,5 kg. Błąd, popełniany przy napełnianiu słoja świeżą pożywką i pobieraniu próbek płynu do analizy, nie przekraczał 0,8%.

Raz na tydzień przy zmianie płynów ważono rośliny wyjęte z pożywek.

pH pożywek oznaczano elektrometrycznie co tydzień, począwszy od drugiej połowy doświadczenia.

Co 24 godz. oznaczano dla każdej rośliny absorbcję fosforu, odejmując od ilości fosforu danej w pożywce (analizowanej również codziennie) ilość fosforu znalezioną w płynie, na którym przebywała roślina w ciągu doby. W każdy poniedziałek oznaczano absorbcję dla dwuch dni i przeliczano na 24 godziny.

Oznaczenia fosforu robiono metodą kolorymetryczną Zin-

zadze'go (35). Odpowiednią ilość płynu odparowywano, substancje organiczne utleniano nadmanganianem potasowym w obecności kwasu siarkowego; następnie płyn przesączano i oznaczano w nim zawartość P_2O_5. Analizę przeprowadzano w powtórzeniu dwukrotnym. Zgodność pomiędzy dwoma oznaczeniami dawała nam wskazówkę, czy te oznaczenia były wykonane poprawnie. Jeżeli różnice pomiędzy próbkami równoległymi przekraczały dopuszczalną granicę 2% błędu, brano do analizy jeszcze trzecią próbkę.

Doświadczenie przeprowadzono w hali wegetacyjnej Zakładu Fizjologii Roślin. Kultury rosły na wolnym powietrzu, w razie deszczu wsuwano wózki z roślinami pod dach. Zbiór nastąpił 22 sierpnia; kończył się wtedy okres wegetacji, przyrosty świeżej masy były już bardzo małe i kolby zaczynały dojrzewać. W zebranym materiale oznaczono fosfór met. Lorenz'a, azot met. Kjeldahl'a. Wyniki przeliczono na suchą masę.

Wyniki. Przechodząc do omówienia wyników, rozpatrzymy najpierw tablicę, w której podana jest absorbcja P_2O_5, oznaczana codziennie, dla każdej z sześciu roślin oddzielnie. (Tabl. I, wykres). Na podstawie zebranych liczb możemy zdać sobie sprawę z przebiegu absorbcji fosforu w ciągu całego życia rośliny i ocenić wielkość wahań, jakie zachodzą w pobieraniu w poszczególnych dniach. Dokładne przejrzenie danych liczbowych da nam również możność oceny wpływu warunków zewnętrznych, przede wszystkim temperatury, na intensywność absorbcji.

Aby ocenić zmiany w ilościach pobranego fosforu, należy tu zwrócić uwagę na wielkość różnic pomiędzy poszczególnymi liczbami i przekonać się, czy te różnice przewyższają dopuszczalne błędy. Otóż błędy popełniane przy pobieraniu próbek płynów do analizy i przy oznaczeniach fosforu nie przekraczały 3%; różnice natomiast pomiędzy wielkością absorbcji w poszczególnych dniach są o wiele większe i wskutek tego należy uważać je za istotne.

Przede wszystkim widzimy z tablicy, że rośliny pobierały fosfór w granicach szerokich, od 0.11 do 3 mg P_2O_5 na litr. Pomimo dużej rozpiętości, spotykanej w ciągu całego doświadczenia, zmiany absorbcji fosforu u tych samych roślin nie występują nagle, lecz przebiegają stopniowo, tak, że

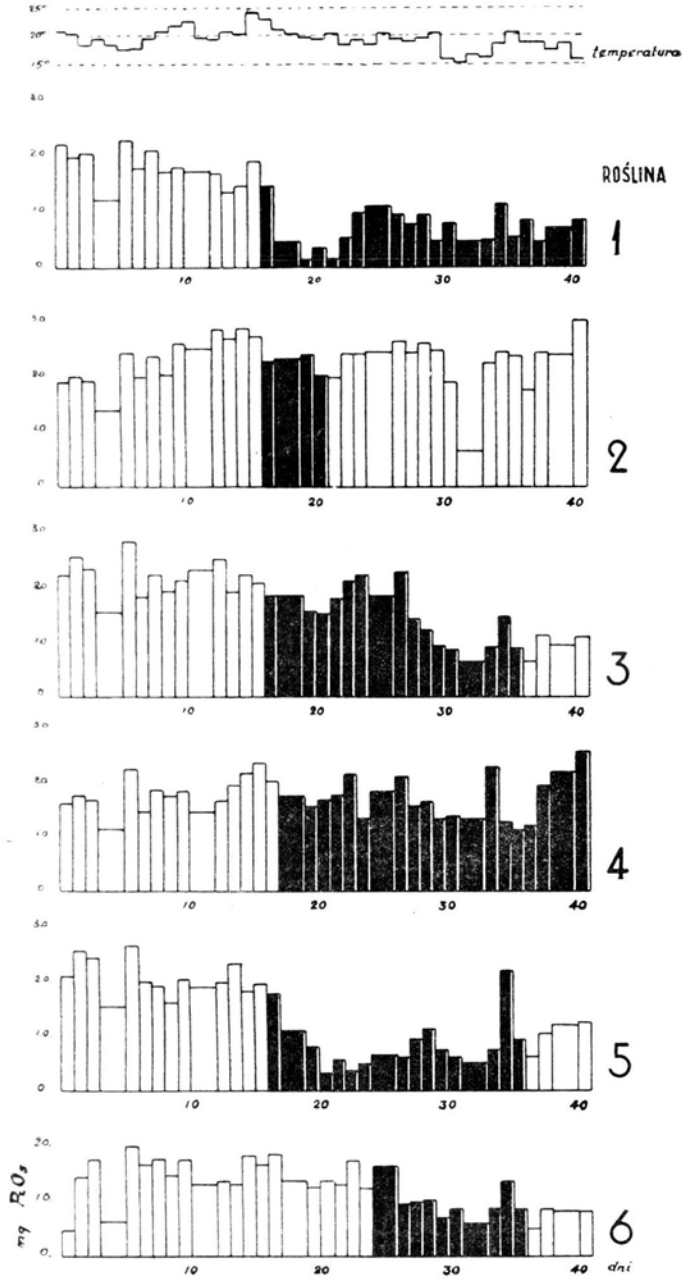

Fig. 50.

Absorbcja fosforu w mg P_2O_5 na 1 litr i na 24 godz. Pola zaciemnione oznaczają absorbcję od czasu ukazania się kwiatostanów męskich do zapylenia.

TABLICA I.

Absorbcja P_2O_5 przez pojedyńcze rośliny w mg na 1 litr i 24 godz. (w litrze 7,1 mg P_2O_5).

Dni	Numery roślin						Przeciętna z 6 roślin	Średnia dzienna temperatura powietrza °C
	1	2	3	4	5	6		
1	2,29	1,91	2,23	1,57	2,12	0,48	1,77	20,8
2	2,02	2,03	2,57	1,71	2,53	1,44	2,05	20,5
3	2,07	1,98	2,36	1,67	2,47	1,78	2,05	18,2
4 } 5	1,25	1,41	1,56	1,15	1,56	0,69	1,27	19,7 18,8
6	2,31	2,45	2,83	2,23	2,68	2,03	2,42	17,8
7	1,84	2,03	1,86	1,48	2,03	1,62	1,81	17,7
8	2,17	2,40	2,24	1,86	1,95	1,80	2,07	19,7
9	1,76	2,08	1,96	1,71	1,61	1,47	1,76	20,8
10	1,85	2,62	2,13	1,81	2,07	1,76	2,04	22,1
11 } 12	1,79	2,52	2,32	1,44	1,96	1,31	1,89	22,7 19,9
13	1,72	2,88	2,51	1,68	2,02	1,33	2,02	19,7
14	1,39	2,73	1,97	1,98	2,35	1,30	1,95	20,7
15	1,50	2,88	2,24	2,14	1,87	1,83	2,08	20,4
16	1,98	2,79	2,10	2,37	2,00	1,66	2,15	24,5
17	1,50[1])	2,32[1])	1,89[1])	2,01	1,80[1])	1,87	1,90	23,0
18 } 19	0,48	2,34[2])	1,89	1,72[1])	1,14	1,37	1,49	21,0 20,3
20	0,11	2,45	1,58	1,59	0,82	1,23	1,30	19,8
21	0,32	2,08[3])	1,54[2])	1,67	0,33	1,39	1,22	19,4
22	0,15	2,01	1,81	1,75	0,59	1,29	1,27	21,4
23	0,55[2])	2,44	2,12	2,11[2])	0,38	1,72	1,55	18,4
24	1,00	2,44	2,21[3])	1,32[3])	0,46	1,23	1,44	19,0
25 } 26	1,12	2,45	1,87	1,82	0,69	1,63[1])	1,60	18,6 20,1
27	0,98	2,68	2,29	2,09	0,64	0,93	1,60	19,6
28	0,80	2,47	1,45	1,52	0,94	0,98	1,36	19,2
29	0,98	2,65	1,25	1,63	1,18	0,99	1,45	19,7
30	0,50	2,00	0,92	1,30[2])	0,79	0,68	1,03	20,7
31	0,81	1,95	0,88[2])	1,35	0,63	0,83	1,07	15,8
32 } 33	0,46	0,68	0,66	1,32	0,53[2])	0,58[2])	0,70	15,1 16,2
34	0,48	2,26	0,95	2,25	0,78	0,85	1,26	16,1
35	1,14	2,44	1,48	1,27	2,20	1,32	1,64	18,4
36	0,52	2,39	0,89[3])	1,10	0,96[3])	0,85[3])	1,12	20,2
37	0,87	1,76	0,65	1,17	0,66	0,47	0,93	18,6
38	0,47	2,46	1,12	1,96	1,07	0,84	1,32	18,6
39 } 40	0,71	2,44	0,96	2,16	1,24	0,81	1,39	17,4 18,5
41	0,82	3,01	1,09	2,54	1,26	0,81	1,59	15,4
Suma	46,52	92,27	69,64	70,06	55,43	49,56	63,90	

[1]) Ukazanie się kwiatostanu męskiego.

[2]) Ukazanie się kolby.

[3]) Zapylenie.

różnice w absorbcji w następujących po sobie dniach poza nielicznymi wyjątkami, osiągają tylko nieznaczne wartości.

Z porównania przebiegu absorbcji u wszystkich sześciu roślin, widzimy, że tylko w dniach 5—9, 30 i 41 zmiany absorbcji zachodziły równocześnie w jednym kierunku, t. j. wszystkie rośliny w tym samym dniu zwiększały absorbcję lub też ją zmniejszały. Nie można tego wytłumaczyć zmianami temperatury, bo jak wskazują liczby, krzywa temperatury nie przebiegała równolegle do krzywych absorbcji. Na pobieranie fosforu w tych dniach musiały wywierać wpływ bardzo silny inne czynniki zewnętrzne, jak np. usłonecznienie, wilgotność powietrza i t. p.

Poza tymi kilkoma dniami rośliny wykazują niejednakowe wahania w absorbcji fosforu. Jedne zwiększają absorbcję, inne zaś w tym samym dniu, w tych samych warunkach, w mniejszym lub większym stopniu ją zmniejszają. A więc wahania indywidualne były tak duże, że nie tylko wyrównywały, ale i przewyższały wpływ czynników zewnętrznych.

To samo możnaby powiedzieć o wpływie temperatury, przynajmniej w tym zakresie jej wahań, jakie podczas doświadczenia wystąpiły. Często absorbcja pozostawała na tym samym poziomie pomimo, że temperatura ulegała wahaniom, lub też, co jeszcze bardziej podkreśla znaczenie wahań indywidualnych, przy wzroście temperatury można było stwierdzić zmniejszenie się absorbcji i odwrotnie. Widzimy to np. z dnia 15 na 16, gdy temperatura wzrosła z 20,4° na 24,5°, zaś rośliny Nr 2, 3 i 6 obniżyły absorbcję. W innym znowu wypadku, gdy wystąpiła silna obniżka temperatury z dnia 30 na 31, rośliny Nr 1, 4 i 6 zwiększyły absorbcję.

Rozpatrując w dalszym ciągu liczby tablicy I, na której zaznaczony jest również czas ukazywania się kwiatostanów męskich i znamion kolb, widzimy wyraźne zmiany w absorbcji w chwili rozpoczynającego się okresu generatywnego. Przed pojawieniem się kwiatostanów męskich absorbcja fosforu osiąga maximum, następnie obniża się i w czasie końcowego okresu kształtowania się kolb ma wartość najniższą. Wkrótce po zapyleniu pobieranie znowu się zwiększa, lecz już nie dochodzi do tego poziomu, na jakim było przed kwitnieniem. Zaznaczyć tu trzeba, że u niektórych roślin pojawia się drugie minimum w czasie rozwoju i zapylenia drugiej kolby.

Ten charakterystyczny przebieg krzywych absorbcji występuje u wszystkich roślin. Maximum i minimum absorbcji jest zależne nie tyle od czasu i od warunków zewnętrznych, ile raczej od okresu rozwoju roślin. Jeżeli weźmiemy średnie absorbcji z sześciu roślin, to w tej krzywej maximum i minimum również jest zaznaczone, ale wskutek wahań indywidualnych i niejednakowego okresu rozwoju roślin, nie występuje ono już tak wyraźnie jak u roślin pojedyńczych.

Występowanie zmian absorbcji w zależności od okresu wegetacyjnego widoczne jest również i z tablicy II, w której podane są średnie z tygodnia dla każdej rośliny. Minimum pojawia się w IV lub V tygodniu i jest bardzo wyraźne.

TABLICA II.

Średnie tygodniowe pobieranie P_2O_5 w mg na 1 litr i 24 godz.

Tygodnie	Numery roślin						Przeciętna z 6 roślin
	1	2	3	4	5	6	
I 1— 6	*1,86*	1,86	2,18	1,58	*2,15*	1,18	1,80
II 7—13	1,85	2,44	*2,19*	1,63	1,94	1,51	1,93
III 14—20	1,06	*2,55*	1,94	*1,93*	1,59	*1,52*	1,77
IV 21—27	0,76	2,36	1,96	1,80	0,54	1,40	1,47
V 28—34	0,64	1,81	0,97	1,53	0,77	0,78	1,08
VI 35—41	0,75	2,42	1,02	1,77	1,23	0,84	1,34

Z wyjątkiem rośliny Nr 2, widzimy u wszystkich roślin obniżenie się pobierania fosforu w czasie kwitnienia. Roślina Nr 2 wykazuje obniżenie się absorbcji dopiero po zapyleniu (w V tygodniu).

Z kolei należy rozpatrzyć związek, jaki istnieje pomiędzy intensywnością absorbcji a masą roślin. W tablicy III zestawione są wyniki ważeń, dokonywanych co tydzień.

TABLICA III.

Tygodniowe wagi i przyrosty świeżej masy roślin w gramach i procentach.

Numery roślin	1		2		3		4		5		6		Średnia waga 1 rośliny g	Średnie odchylenie od średniej wagi	Średni błąd
Tygodnie	Waga g	Przyrost g i %	Waga g	Przyrost g i %	Waga g	Przyrost g i %	Waga g	Przyrost g i %	Waga g	Przyrost g i %	Waga g	Przyrost g i %			
Na pocz. dośw.	51,4		42,0		41,0		40,2		39,1		27,0		40,1	± 5,36	± 2,19
I	75,0	23,6 45,9	64,5	22,5 53,6	62,5	21,5 52,4	58,7	18,5 46,0	65,5	26,4 67,5	40,0	13,0 48,1	61,0	± 11,64	± 4,73
II	105,2	30,2 40,3	100,2	35,7 55,3	92,7	30,2 48,3	82,7	24,0 40,9	107,0	41,5 63,4	60,0	20,0 50,0	91,3	± 17,74	± 7,24
III	120,0	14,8 14,1	148,5	48,3 48,2	121,7	29,0 31,3	111,8	36,1 43,6	137.0	30,0 28,0	83,5	23,5 39,2	120,4	± 22,37	± 9,13
IV	129,5	9,5 7,9	180,0	31,5 21,2	139,9	18,2 14,9	145,5	26,7 23,9	148,5	11,5 8,4	102,0	18,5 22,2	140,9	± 25,52	± 10,42
V	132,2	2,7 2,1	199,5	19,5 10,8	148,2	8,3 5,9	153,2	7,7 5,3	158,0	9,5 6,4	118,5	16,5 16,2	151,6	± 27,64	± 11,25
VI	130,1	− 2,1 − 1,5	207,5	8,0 4,0	157,0	8,8 5,9	172.5	19,3 12,6	191,2	33,2 21,0	135,5	17,0 14,3	165,6	± 30,65	± 12,51

Już z rozpatrywania tablicy I i II można było wyciągnąć wniosek, że wielkość absorbcji nie zależała od masy roślin. Absorbcja fosforu w miarę wzrostu roślin nie ulegała powiększeniu. Przez porównanie wyników oznaczeń masy roślin i absorbcji brak zależności jeszcze bardziej się uwydatnia. W pierwszym tygodniu doświadczenia średnia masa roślin wynosiła 40,1 g, przy końcu doświadczenia masa powiększyła się 4-krotnie, a absorbcja nie zwiększyła się wcale.

Z drugiej znów strony możemy uzyskać potwierdzenie niezależności absorbcji od masy roślin przez porównanie ilości pobranego fosforu z wagą roślin w poszczególnych tygodniach. I tak np. w pierwszym tygodniu waga roślin Nr 1, 5, 6 wynosiła 75,0, 65,5 i 40,0 g, absorbcja — 1,86, 2,15 i 1,18 mg P_2O_5; w czwartym znowu tygodniu waga tych samych roślin była 129,5, 148,5 i 102,0 g, gdy absorbcja równa była 0,76, 0,54 i 1,40 mg, a więc roślina Nr 6, najmniejsza, pobierała fosfór najsilniej. Zupełnie odmienny stosunek absorbcji i wag w drugim wypadku można tłumaczyć tylko różnicą w rozwoju roślin. Rośliny Nr 1 i 5 będąc przy końcu kwitnienia, znajdowały się w okresie najmniejszej absorbcji, u rośliny Nr 6 kończył się dopiero okres rozwoju wegetatywnego.

Jeżeli nie można znaleść żadnej zależności absorbcji od masy roślin, to można jednak zauważyć związek pomiędzy intensywnością absorbcji a przyrostami świeżej masy. Uwydatnia się to w tablicy IV, w której mamy podaną absorbcję

TABLICA IV.

Średnia tygodniowa absorbcja P_2O_5 i tygodniowy przyrost świeżej masy przeliczone według wartości maksymalnych = 100.

Numery roślin	1		2		3		4		5		6	
Tygodnie	P_2O_5	Przyrost masy	P_2O_5	Przyrost masy	P_2O_5	Przyrost masy	P_2O_5	Przyrost masy	P_2O_5	Przyrost masy	P_2O_5	Przyrost masy
I	*100,0*	78,1	72,9	46,5	99,5	71,2	81,9	51,2	*100,0*	63,6	77,6	55,3
II	99,5	*100,0*	95,7	73,9	*100,0*	*100,0*	84,5	66,4	90,2	*100,0*	99,3	85,1
III	57,0	49,0	*100,0*	*100,0*	88,6	96,0	*100,0*	*100,0*	74,0	72,5	*100,0*	*100,0*
IV	40,9	31,4	92,5	62,5	89,5	60,2	93,3	73,9	25,1	27,7	92,1	78,7
V	34,4	8,9	71,0	40,3	44,3	27,4	79,3	39,6	35,8	23,6	51,3	70,2
VI	40,3	—6,9	94,9	16,5	46,6	29,1	91,7	53,4	57,2	80,0	55,3	72,3

fosforu i przyrosty tygodniowe świeżej masy w liczbach względnych, przyjmując maksymalne wartości za 100.

Maximum absorbcji wypada dla roślin Nr 2, 3, 4 i 6 w tym samym czasie co i maximum przyrostów świeżej masy; dla roślin Nr 1 i 5 oba maxima występują blisko siebie. Minima absorbcji i przyrostów świeżej masy występują także równocześnie, z wyjątkiem roślin Nr 1 i 2, których przyrosty masy zmniejszają się nieprzerwanie do końca wegetacji, natomiast pobieranie fosforu zwiększa się w ostatnim tygodniu.

Korelacja obliczona między absorbcją fosforu a przyrostami świeżej masy wykazuje dodatni współczynnik, $r = +0{,}69$, przy czym zależność ta jest istotna.

Z podobieństwa krzywej przyrostów świeżej masy i krzywej absorbcji fosforu wynika, że w czasie kwitnienia wypada również minimum przyrostów masy. Okres generatywny wywołuje więc zmiany także w szybkości wzrostu rośliny.

Ubocznie wspomnieć też należy o zmianie koncentracji jonów wodorowych. Po upływie jednej doby zawsze znajdowano zmniejszenie się stężenia jonów wodorowych, od pH = 5,0 do 6,0 — 6,2.

Wreszcie należy omówić wyniki oznaczeń azotu i fosforu w suchej masie zebranych roślin, przy końcu doświadczenia.

TABLICA V.

Sucha masa w gramach.

Numery roślin	Łodygi	Kolby	Korzenie	Razem
1	22,73	0,10	2,55	25,38
2	19,06	11,42	2,16	32,64
3	20,96	1,20	4,10	26,26
4	19,24	1,89	2,88	24,01
5	22,44	1,68	3,55	27,67
6	14,81	1,70	1,73	18,24

W tablicy VI podane są procentowe zawartości N i P_2O_5 w suchej masie i ilości absolutne w miligramach. Przez odjęcie od tych liczb ilości N i P_2O_5, jakie znajdowały się w próbce roślin, zebranych do analizy w czasie zakładania doświadczenia, można było obliczyć ilości N i P_2O_5 pobranych przez

TABLICA VI.

N i P_2O_5 w miligramach i w procentach suchej masy.

Nr rośliny	N przy końcu doświadczenia		N w mg na początku doświadczenia b	Ilość N pobranego w czasie dośw. $(a - b)$	P_2O_5 przy końcu doświadczenia		P_2O_5 w mg na początku doświadczenia d	Ilość P_2O_5 pobranego w czasie dośw. $(c - d)$	Ilość P_2O_5 pobranego w czasie dośw. (z analizy płynów) e	Różnica (w %) pomiędzy oznaczeniami P_2O_5 z pożywki i z analizy roślin $e - (c - d)$
	%	mg a			%	mg c				
1	1,63	413,7	117,9	295,8	0,64	162,7	59,5	103,2	116,3	— 11,3
2	2,08	678,9	„	561,0	0,89	290,8	„	231,3	230,7	+ 0,3
3	1,93	506,8	„	388,9	0,82	216,1	„	156,6	174,1	— 10,1
4	2,02	485,0	„	367,1	0,86	206,0	„	146,5	175,1	— 16,3
5	1,49	412,3	„	294,4	0,56	156,1	„	96,6	138,6	— 30,3
6	2,14	390,3	„	272,4	0,87	158,9	„	99,4	123,9	— 19,8
					średnio na 1 roślinę			138,9	159,8	— 13,1

rośliny podczas doświadczenia. Z danych tablicy widać, że istnieje duża współzależność pomiędzy azotem i fosforem. Tak procentowa zawartość azotu jak i jego ilości absolutne odpowiadają liczbom odnoszącym się do fosforu.

Obok ilości fosforu, obliczonych z analizy roślin, podane są ilości tego składnika otrzymane po zsumowaniu dziennego pobierania. Zestawienie tych cyfr daje nam możność porównania ze sobą dwóch różnych metod oznaczania pobierania składników pokarmowych, a więc metody bezpośredniej, przez codzienne oznaczanie pobranych ilości danego składnika z analizy płynów i metody pośredniej — przez analizę zebranych roślin. Zasadniczo obydwie metody powinny dać wyniki identyczne.

Jak widzimy z tablicy VI ilości pobranego fosforu oznaczone tymi dwiema metodami nie są sobie jednak równe. Przeciętnie znaleziono drogą analizy roślin o 13,1% P_2O_5 mniej. Trudno jest dać wytłumaczenie tej różnicy; przyczyna leży prawdopodobnie w samej metodzie, którą stosujemy do oznaczeń fosforu w płynach. W pracy M. Korczewskiego, F. Majewskiego i Ireny Wafflard (10) i następnych pracach Zakładu Fizjologii Roślin, jeszcze nie opublikowanych, otrzymywano zawsze większe ilości pobranego fosforu z bezpośrednich oznaczeń w płynach, niż na podstawie analizy suchej masy.

Rozbieżność jaką widzimy pomiędzy oznaczeniami absorbcji u poszczególnych roślin (od $+0,3$ do $-30,3\%$) wypływa stąd, że dla oznaczenia pobierania fosforu na podstawie analizy suchej masy przyjmujemy za początkową zawartość P_2O_5 w roślinie ilość jego znalezioną średnio na jedną roślinę (= 59,5 mg) z analizy 10 roślin, zebranych na początku doświadczenia. Przyjmujemy zatem, że w każdej roślinie na początku doświadczenia znajdowało się 59,5 mg P_2O_5, co jest nieścisłe, bo pomiędzy roślinami zachodziły niewątpliwie duże różnice indywidualne. W danym okresie jedna roślina mogła zawierać mniej fosforu, druga więcej, aniżeli wynosiła wartość średnia. Odejmując wartość początkową fosforu w roślinach od wartości końcowej, znajdujemy ilość pobranego fosforu w ciągu doświadczenia, ale oczywiście co najmniej z tym błędem, jakim jest obarczona wartość początkowa.

DOŚWIADCZENIE II (R. 1934).

Opis doświadczenia i metoda. Doświadczenie II założone zostało w celu sprawdzenia wyników poprzedniego roku i dalszego rozwinięcia zagadnienia zależności pobierania składników pokarmowych od okresu rozwoju roślin. Poprzednie doświadczenie prowadziło do wniosku, że istnieje minimum absorbcji w okresie kwitnienia roślin. Nasunęło się za tym pytanie, czy sztucznie wywołane zaburzenia w procesie kwitnienia i zapylania, jak wycinanie kwiatostanów męskich lub niedopuszczenie do zapylenia kolb, może wpłynąć na absorbcję. W celu uzyskania odpowiedzi na to pytanie utworzono w doświadczeniu II-im cztery serie. Seria I, kontrolna, rosła przez cały czas normalnie, w serii II wycinano kwiatostany męskie, seria III miała wycinane kwiatostany męskie i niezapylone kolby, wreszcie w serii IV kwiatostany męskie pozostawiono na roślinach, ale nie dopuszczono do zapylenia kolb. Schematycznie przedstawić można plan doświadczenia następująco:

Seria	I	+ ♂	+	♀
„	II	— ♂	+	♀
„	III	— ♂	—	♀
„	IV	+ ♂	—	♀

Do doświadczenia wzięto tę samą odmianę kukurydzy, co w roku poprzednim. Nasiona, o wadze 370 ± 10 mg, na-

stawiono na kiełkowanie 23.V. Do słojów 2,5 litrowych na pożywkę taką jak dawniej i codziennie zmienianą, przeniesiono rośliny dnia 6.VI. Wybierano przy tym tylko takie rośliny, których waga jak najmniej odbiegała od średniej całej populacji (= 1,685 g) i mieściła się w granicach 1,55 — 1,80 g.

Dnia 4 lipca zaczęło się właściwe doświadczenie. Z ogólnej ilości roślin, przygotowanych do innego doświadczenia, wybrano wtedy 44 o średniej wadze równej 31,3 g. Utworzono 4 serie: I zawierała 10 roślin, trzy pozostałe po 8. Oprócz tego zebrano 10 roślin do analizy, aby określić skład chemiczny roślin w chwili zakładania doświadczenia. Średnie wszystkich seryj były dokładnie równe 31,3 g; dzięki temu mieliśmy pewność, że serie te są ze sobą porównywalne.

Od dnia 4.VII rośliny otrzymały inną pożywkę. Do wody wodociągowej dodawano $Ca(H_2PO_4)_2$, KCl i NH_4NO_3 w takich ilościach, żeby w 1 litrze znajdowało się: 7,1 mg P_2O_5, 12,0 mg K i 28,0 mg N. Ponieważ azot dostarczono roślinom w postaci azotanu amonu, przesunięto reakcję pożywki z kwaśnej (pH = 5 w poprzednim doświadczeniu) na obojętną — pH = 7. Przy takiej koncentracji jonów wodorowych sól amonowa, jak to wykazali Prianisznikow (23, 24), Pirschle (19), Dikussar (7), jest korzystnym źródłem azotu dla roślin. Aby osiągnąć pH = 7, dodawano do pożywki drobne ilości mieszaniny HCl i H_2SO_4. Pożywkę we wszystkich seriach zmieniano codziennie.

W tym doświadczeniu oprócz absorbcji fosforu oznaczano także ilości pobranego N z jonu azotanowego i amonowego. Oznaczenia absorbcji nie były robione codziennie, tylko co trzy, a potem co cztery dni, przy czym absorbcję oznaczano tylko z jednego dnia. Jednakże dla porównania z doświadczeniem poprzednim dokonywano w serii I codziennych pomiarów pobierania fosforu. Z dnia 4 na 5 lipca absorbcja nie była oznaczana, gdyż chodziło o dokładne przepłukanie korzeni nową pożywką. Pierwszego pomiaru absorbcji dokonano 6.VII. Absorbcji nie oznaczano już indywidualnie dla każdej rośliny z osobna, ale oznaczano średnią absorbcję u wszystkich roślin całej serii.

Aby oznaczyć dla całej serii średnią ilość pobranych składników, postępowano przy zmianie płynów w następujący sposób: płyn z pod roślin całej serii zbierano do dużego na-

czynia, następnie ważono w celu oznaczenia ilości wyparowanej wody i odpowiedniego przeliczenia późniejszych wyników analiz. Po wymieszaniu płynu, brano odpowiednią próbkę do oznaczeń. Pożywkę świeżą nalewano naczyniem o objętości 2,5 litra.

Azotany oznaczano met. kolorymetryczną z kwasem fenolo-siarkowym, azot amonowy — półmikrometodą, przez destylację. Resztę oznaczeń, t. j. fosforu w płynach, azotu i fosforu w roślinach, dokonywano metodami przedtem podanymi.

Rośliny ważono raz na tydzień. Wycinanie kwiatostanów męskich w seriach II i III następowało w miarę ich ukazywania się, począwszy od 23 dnia rozwoju, t. j. od 28 lipca. Dla uniemożliwienia zapylenia kolb, obwiązywano je w seriach III i IV papierem pergaminowym, zanim ukazały się znamiona (od 28 dnia t. j. od 2 sierpnia).

Doświadczenie trwało 50 dni, od 4 lipca do 23 sierpnia.

Wyniki. Przystępując do omówienia wyników, rozpatrzymy najpierw pobieranie fosforu dla serii I, kontrolnej i dla pozostałych trzech seryj. Przez porównanie wyników serii I z wynikami doświadczenia poprzedniego mamy możność przekonać się, czy codzienna absorbcja fosforu podlegała w obydwóch latach tym samym prawidłowościom. Seria I rosła bowiem normalnie i absorbcja oznaczana była codziennie, tak jak w poprzednim doświadczeniu, z tą różnicą, że nie dla pojedyńczych roślin, lecz jako średnia dla całej serii, składającej się z 10 roślin.

Z danych tablicy VII widzimy, że absorbcja fosforu była w drugim doświadczeniu wyższa, niż w pierwszym; osiągnęła ona bowiem najniższą wartość 0,42 mg i najwyższą — 3,73 mg P_2O_5 na 1 litr i na 24 godziny. Natomiast i w tym doświadczeniu można było stwierdzić, że w pobieraniu fosforu nie występowały wielkie nieregularne skoki z dnia na dzień. Zmiany w absorbcji zachodziły stopniowo, zależnie od okresu wegetacyjnego.

Co do wpływu temperatury na wahania absorbcji, widzimy, że tak jak w poprzednim doświadczeniu wpływ ten był niewielki lub też wcale się nie zaznaczył. Przeważnie bowiem podniesieniu lub obniżeniu się temperatury nietylko nie towarzyszyło proporcjonalne zwiększenie lub zmniejszenie się absorbcji, lecz przeciwnie, zdarzało się, że przy wzroście

TABLICA VII.

Absorbcja P_2O_5 w mg na 1 litr i 24 godz. (w litrze 7,1 mg P_2O_5)

Data	Serie / Dni	I + ♂+ ♀	II − ♂+ ♀	III −♂− ♀	IV + ♂− ♀	Średnia dzienna temp. powietrza °C
6.VII	1	0,77	0,83	0,82	0,57	12,9
	2	0,46				15,1
	3	0,42				15,0
	4	1,94	1,91	2,08	1,97	16,4
10.VII	5	2,22				18,9
	6	1,89				18,1
	7	1,49	1,69	1,87	1,61	17,1
	8	1,95				19,9
	9	2,26				22,1
	10	2,10	2,07	1,91	2,07	20,3
	11	2,24				21,5
17.VII	12	2,13				23,0
	13	2,62				24,3
	14	2·42	2,47	2,53	2,83	24,6
	15	2,38				24,8
	16	2,43				23,6
	17	2,32				23,3
	18	2,09	2,14	2,61	2,53	19,4
24.VII	19	2,15				18,4
	20	1,78				16,4
	21	1,18				18,6
	22	1,96	1.99	2,16	1,95	16,4
	23[1])	1,74				15,2
	24	1,90				16,0
	25	1,94				16,2
31.VII	26	1,84	1,62	2,03	1,85	18,3
	27	2,09				20,7
	28[2])	2,67				19,3
	29	2,16				21,0
	30	2,76	2,58	3,03	2,89	23,5
	31	3,28				21,7
	32	2,42				15,8
7.VIII	33	2,21				19,6
	34	2,47	2,06	2,62	2,34	21,0
	35	2,56				20,1
	36	2,98				20,9
	37	3,24				20,6
	38	3,37	2,59	3,06	3,23	20,0
	39	3,44				17,6
14.VIII	40	3,73				16,8
	41	2,79				17,6
	42	2,68	2,54	3,09	2,76	18,1
	43	2,99				17,7
	44	2,99				18,1
	45	2,72				17,0
	46	3,04	2,54	3,00	3,01	16,6
21.VIII	47	2,26				17,4
	48	2,73				18,6
	49	2,63	2,65	2,92	2,92	22,2

[1]) Początek wycinania kwiatostanów męskich w serii II i III.

[2]) Początek obwiązywania kolb w serii III i IV.

temperatury występowała obniżka absorbcji i odwrotnie. Np. z dnia 1 na 2 temperatura podniosła się z 12,9° na 15,1°, absorbcja spadła z 0,77 mg na 0,46 mg P_2O_5; z dnia 20 na 21 temperatura wzrosła z 16,4° na 18,6°, pobieranie P_2O_5 obniżyło się z 1,78 na 1,18 mg. Przykładów takich przy przeglądaniu tablicy można znaleść znacznie więcej.

Rozpatrując przebieg absorbcji u wszystkich czterech seryj w ciągu całego czasu doświadczenia widzimy, że na początku pobieranie fosforu było bardzo małe, potem wzrosło, w czasie kwitnienia (około 31.VII) znowu zmniejszyło się, a najwyższą wartość osiągnęło po rozwinięciu się kolb przy końcu doświadczenia. Przebieg krzywych absorbcji jest więc trochę inny, niż w poprzednim doświadczeniu, w którym stwierdzono wyraźne maximum w okresie poprzedzającym kwitnienie roślin; drugi wzrost absorbcji przy końcu rozwoju nie doszedł już do tego poziomu. Na tę różnicę w intensywności pobierania fosforu w pewnym okresie wpłynęły prawdopodobnie wyjątkowo niekorzystne warunki meteorologiczne, powodujące również zahamowanie ogólnego rozwoju roślin.

Pomimo tych różnic w kształcie krzywych absorbcji w obydwóch latach jeden z zasadniczych wniosków został potwierdzony, mianowicie ten, że w okresie kwitnienia występuje obniżenie absorbcji fosforu. To obniżenie jest w drugim doświadczeniu stosunkowo dość małe, tym więcej, że dokładnie w tym samym czasie był znaczny spadek temperatury. Można więc na pierwszy rzut oka przypuszczać, że zmniejszenie absorbcji fosforu jest wywołane tylko przez obniżenie się temperatury. Jednakże tak nie jest. Jak wynika z danych doświadczeń temperatura wywiera minimalny wpływ na pobieranie fosforu. Wahania indywidualne, zachodzące w absorbcji fosforu, nie tylko równoważą wpływ temperatury, lecz często go przewyższają. Również z danych Kreyzi'go (11) i Peipers'a (za 11) wynika, że zmiany temperatury nie powodują zmian w absorbcji fosforu. Można więc z dużym prawdopodobieństwem przypuszczać, że spadek temperatury nie był decydującym czynnikiem, wpływającym na obniżenie się absorbcji fosforu w czasie kwitnienia. Do wystąpienia zaś mniej wyraźnego minimum w doświadczeniu II, mogły się przyczynić również inne warunki. Mamy

TABLICA VIII.

Średnie wagi tygodniowe i przyrosty świeżej masy w gramach i procentach.

Serie	I		II		III		IV	
Daty	Średnia waga	przyrost g %	Średnia waga	przyrost g %	Średnia waga	przyrost g %	Średnia waga	przyrost g %
4.VII	31,3 ± 4,4 (± 1,4)		31,3 ± 4,3 (± 1,5)		31,3 ± 2,7 (± 0,9)		31,3 ± 4,4 (± 1,5)	
10.VII	40,2 ± 5,7 (± 1,8)	8,9 28,4	41,5 ± 5,9 (± 2,1)	10,2 32,6	41,3 ± 3,1 (± 1,1)	10,0 31,9	41,5 ± 7,7 (± 2,7)	10,2 32,6
17.VII	68,5 ± 10,3 (± 3,2)	28,3 70,4	73,8 ± 10,2 (± 3,6)	32,3 77,8	70,1 ± 5,5 (± 1,9)	28,8 69,7	71,0 ± 16,0 (± 5,7)	29,5 71,1
24.VII	103,2 ± 18,0 (± 5,7)	34,7 50,7	106,3 ± 16,2 (± 5,7)	32,5 44,0	106,9 ± 11,8 (± 4,2)	36,8 52,5	114,9 ± 26,6 (± 9,4)	43,9 61,8
31.VII	115,9 ± 21,8 (± 6,9)	12,7 12,3	120,0 ± 21,5 (± 7,6)	13,7 12,9	121,0 ± 19,6 (± 6,9)	14,1 13,2	130,9 ± 31,3 (± 11,1)	16,0 13,9
7.VIII	151,7 ± 30,2 (± 9,5)	35,8 30,9	151,2 ± 33,3 (± 11,8)	31,2 26,0	156,1 ± 34,7 (± 12,3)	35,1 29,0	168,1 ± 44,8 (± 15,8)	37,2 28,4
14.VIII	196,4 ± 40,9 (± 12,9)	44,7 29,5	184,6 ± 46,8 (± 16,5)	33,4 22,1	195,2 ± 44,8 (± 15,8)	39,1 25,0	208,9 ± 57,9 (± 20,5)	40,8 24,3
21.VIII	225,5 ± 57,9 (± 18,3)	29,1 14,8	211,6 ± 56,4 (± 20,0)	27,0 14,6	223,3 ± 52,9 (± 18,7)	28,1 14,4	239,4 ± 73,8 (± 26,1)	30,5 14,6
23.VIII	220,8 ± 64,6 (± 20,4)	—5,2 —2,3	217,6 ± 53,9 (± 19,1)	6,0 2,8	226,2 ± 53,7 (± 19,0)	2,9 1,3	244,4 ± 77,0 (± 27,2)	5,0 2,1

Obok średniej wagi roślin podane są średnie odchylenia od średniej $\left(\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}}\right)$ i średni błąd średniej $\left(= \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$

tu bowiem do czynienia z seriami roślin, w których pojedyńcze rośliny wykazywały znaczne różnice w rozwoju i wielką rozpiętość w czasie rozpoczynania się okresu generatywnego, wskutek czego i obraz pobierania fosforu musiał wypaść trochę zatarty.

Opierając się na poprzednim doświadczeniu, w którym stwierdzono w okresie kwitnienia niezależne od temperatury minimum pobierania fosforu dla każdej rośliny oddzielnie, możemy przyjąć, że i w tym doświadczeniu okres generatywny a nie obniżenie temperatury wywołuje obniżenie absorbcji fosforu.

Z porównania wyników absorbcji z masą roślin (tablica VIII) można wyprowadzić wniosek, że intensywność absorbcji nie zależy od masy roślin. Podczas doświadczenia rośliny zwiększyły swą masę kilkakrotnie, w absorbcji zaś nie widać żadnej wybitniejszej zwyżki.

Możemy natomiast zauważyć znowu wyraźną zależność pomiędzy przyrostami masy a przebiegiem absorbcji. Uwydatnia się to w tablicy IX, w której podane są w liczbach względnych tygodniowe przyrosty świeżej masy i tygodniowe pobieranie fosforu dla serii I.

TABLICA IX.

Seria I (normalna). Średnie tygodniowe pobieranie P_2O_5 i przyrosty świeżej masy w liczbach absolutnych i względnych (max. = 100).

Dni trwania dośw.	Data	Absorbcja P_2O_5		Przyrosty świeżej masy	
		mg P_2O_5 na 1 litr i 24 godz.	Względna wartość	g	Względna wartość
5	10.VII	1,16	37,3	8,9	19,9
12	17.VII	2.01	64,6	28,3	63,3
19	24.VII	2,34	75,2	34,7	77,6
26	31.VII	1,76	56,6	12,7	28,4
33	7.VIII	2,51	80,7	35,8	80,1
40	14.VIII	3,11	*100,0*	44,7	*100,0*
47	21.VIII	2,78	89,4	29,1	65,1

Maximum absorbcji i przyrostów masy wystąpiło równocześnie; a w innych tygodniach zwiększeniu lub zmniejsze-

niu absorbcji odpowiada również zwiększenie lub zmniejszenie przyrostów świeżej masy. Jeżeli więc chodzi o stosunek absorbcji do wagi roślin i do przyrostów świeżej masy, wyniki poprzedniego doświadczenia są także w całej rozciągłości potwierdzone.

Należy teraz przejść do wpływu wycinania kwiatostanów męskich i niedopuszczenia do zapylenia kolb na rozwój roślin i pobieranie fosforu. Z tablicy VIII i X widzimy, że wycięcie kwiatostanów męskich czy niezapylenie kolb nie odbiło się na świeżej, ani też na suchej masie roślin. Różnice, jakie otrzymano pomiędzy poszczególnymi seriami, są nieznaczne i mieszczą się całkowicie w granicach błędu doświadczenia. Nawet masa samych kolb zapylonych i niezapylonych nie wykazuje większych różnic.

TABLICA X.

Sucha masa roślin w gramach średnio na 1 roślinę.

Serie	Łodygi	Okrywy	Kolby	Korzenie	Cała roślina
I	15,08 ± 3,93 (± 1,24)	6,31 ± 2,24 (± 0,71)	3,18 ± 2,21 (± 0,70)	4,21 ± 0,93 (± 0,29)	28,78 ± 6,95 (± 2,20)
II	16,29 ± 2,78 (± 0,98)	5,31 ± 2,15 (± 0,76)	2,41 ± 2,36 (± 0,83)	3,96 ± 0,64 (± 0,23)	27,97 ± 6,35 (± 2,24)
III	16,11 ± 3,13 ± 1,01)	6,50 ± 2,13 (± 0,75)	2,25 ± 1,31 (± 0,46)	4,87 ± 1,31 (± 0,46)	29,73 ± 6,76 (± 2,39)
IV	19,46 ± 5,56 (± 1,97)	5,61 ± 2,89 (± 1,02)	2,14 ± 1,37 (± 0,48)	4,60 ± 1,22 (± 0,43)	31,81 ± 9,76 (± 3,45)

Zrozumiałem jest, że i w absorbcji fosforu żadnych różnic pomiędzy seriami nie można zauważyć. Przyczyniły się do tego bardzo niepomyślne warunki zewnętrzne, a więc bardzo niska temperatura na początku i duże jej wahania. Rośliny rozwijały się gorzej i bardzo nierównomiernie. Gdyby rozwój roślin był inny i gdyby stosunek masy kolb do pozostałych części roślin był większy, można by z pewnością oczekiwać znacznych różnic w rozwoju i absorbcji fosforu między poszczególnymi seriami.

TABLICA XI.

Ilość P_2O_5 w miligramach i procentach suchej masy.

Serie	Procentowa zawartość P_2O_5					P_2O_5 w mg średnio na 1 roślinę					P_2O_5 w mg na pocz. dośw.	Ilość P_2O_5 pobranego w czasie dośw.		Różnica (w %) pomiędzy oznaczeniami absorbcji P_2O_5 b—a
	Łodygi	Okrywy	Kolby	Korzenie	Średnia w całej roślinie	Łodygi	Okrywy	Kolby	Korzenie	Cała roślina		z analizy roślin a	z analizy pożywek b	
I	0,93	0,63	1,02	1,41	0,94	140,2	39,8	32,4	59,4	271,8	40,7	231,1	282,1	18,1
II	0,80	0,61	1,00	1,36	0,86	130,3	32,4	24,1	53,9	240,7	„	200,0	259,5	22,9
III	0,89	0,68	1,14	1,28	0,93	143,4	44,2	25,6	62,3	275,5	„	234,8	293,5	20,0
IV	0,77	0,63	1,04	1,28	0,84	149,8	35,3	22,3	58,9	266,3	„	225,6	285,5	21,0

TABLICA XII.

Ilość N w miligramach i procentach suchej masy.

Serie	Procentowa zawartość N					N w mg średnio na 1 roślinę					N w mg na pocz. dośw.	Ilość N pobranego w czasie dośw.
	Łodygi	Okrywy	Kolby	Korzenie	Średnia w całej roślinie	Łodygi	Okrywy	Kolby	Korzenie	Cała roślina		
I	1,95	1,25	2,24	4,28	2,17	294,0	78,9	71,2	180,2	624,3	98,0	526,3
II	1,86	1,25	2,16	4,41	2,13	303,0	66,4	52,1	174,6	596,1	„	498,1
III	2,00	1,22	2,56	4,05	2,21	322,2	79,3	57,6	197,2	656,3	„	558,3
IV	1,85	1,28	2,49	3,97	2,10	360,0	71,8	53,3	182,6	667,7	„	569,7

Rozpatrzmy wreszcie wyniki analizy roślin, zebranych przy końcu doświadczenia.

Procentowa zawartość P_2O_5 i jego ilości absolutne, przeliczone na 1 roślinę, były we wszystkich seriach zbliżone, niezależnie zupełnie od tego, czy roślina została zapylona, czy też nie. Zestawiając ilości pobranego fosforu, otrzymane z analizy roślin, z wynikami analizy płynów, okazuje się, że pierwsza metoda dała wyniki około 20% niższe w porównaniu z metodą drugą. Różnica jest zatym większa, niż w poprzednim doświadczeniu. Przyczyniło się do tego prawdopodobnie mniej dokładne oznaczanie absorbcji z całych seryj. Pewien błąd w seriach II, III i IV popełniany był również i przez to, że absorbcja oznaczana była co kilka dni. Najmniejszy procent różnicy w serii I, dla której pobieranie oznaczano codziennie, potwierdza to przypuszczenie.

Zupełnie podobnie do fosforu zachowywał się w roślinach azot. Również i dla niego nie można znaleść żadnej wybitnej różnicy w poszczególnych seriach. Przy porównywaniu absorbcji azotu, dokonanej drogą analizy roślin i analizy płynów, pomiędzy tymi oznaczeniami okazała się niezwykle duża różnica. Ilości pobranego azotu, oznaczone z analizy płynów, były prawie trzy razy większe od ilości, znalezionych drogą analizy roślin. W płynach, pomimo tego, że zmieniane były codziennie, następowały bardzo duże straty azotu. Wobec tego, że wyniki pobierania azotu, drogą analizy pożywek, nie są miarodajne i wobec niezbadanej przyczyny, wywołującej te ogromne różnice, wszystkie liczby dotyczące pobierania azotu, pominięto, nie wyciągając z nich żadnych wniosków.

OGÓLNE OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI.

Z przedstawionych wyników obydwóch doświadczeń mogliśmy zdać sobie sprawę z rozpiętości wahań absorbcji fosforu w następujących po sobie dniach tak dla oddzielnych roślin, jak i dla całych seryj. Mogliśmy również ocenić wpływ czynników zewnętrznych i wewnętrznych, regulujących intensywność pobierania tego składnika.

Przekonaliśmy się przede wszystkim, że w absorbcji fosforu nie pojawiają się wielkie, nieregularne wahania z dnia na dzień. Wpływ czynników zewnętrznych, a więc tempe-

ratury i t. p. nie zaznaczył się wyraźnie. W większości wypadków wahania indywidualne nie tylko zatarły ten wpływ, lecz nawet go przewyższały, zmieniając absorbcję w odwrotnym kierunku; gdy np. temperatura opadała, to zdarzało się, że absorbcja fosforu pozostawała na tym samym poziomie lub nawet zwiększała się.

Decydującym natomiast czynnikiem, wpływającym na wielkość pobierania fosforu okazał się stopień rozwoju roślin. Wyraźne minimum absorbcji pojawiało się u różnych osobników w różnym czasie, ale ściśle zależnym od okresu kwitnienia roślin. W przytoczonych już na wstępie pracach Hornberger'a, Balickiej-Iwanowskiej, Staniszkisa, Wagner'a znaleziono zmniejszenie się pobierania składników pokarmowych, tak samo w okresie kwitnienia roślin.

Intensywność, z jaką roślina pobiera składniki pokarmowe, musi ulegać zmianom w ciągu jej życia, a specjalnie od chwili zawiązywania się kwiatów. Następuje bowiem wtedy w roślinie zburzenie dotychczasowego stanu równowagi fizjologicznej. Zaczynają się wytwarzać, zużywając wiele energii, nowe tkanki, następuje rozkład substancyj zapasowych, gromadzonych w liściach i łodygach i proste związki przechodzą do kwiatów i zawiązujących się owoców. Wskutek tego mechanizm, dobrze nam nieznany, który unieruchamiał wnikające do komórki jony, aby w dalszym ciągu mogło postępować ich pobieranie, został chwilowo zniszczony. Pobieranie więc składników pokarmowych musi być utrudnione i wykazuje w tym czasie minimum. Po przekwitnięciu, w czasie dojrzewania nasion, roślina wraca do dawnego stanu równowagi fizjologicznej i pobieranie składników pokarmowych podnosi się do pierwotnego poziomu, a nawet może być większe z powodu gromadzenia się związków zapasowych w nasionach.

Omawiając w dalszym ciągu wyniki pracy niniejszej, widzimy, że nie ma związku między wagą rośliny a absorbcją fosforu. W tym samym dniu roślina o mniejszej wadze pobierała często więcej fosforu niż roślina cięższa. W ciągu doświadczenia waga roślin wzrastała kilkakrotnie, zaś absorbcja fosforu pozostawała na tym samym poziomie. Widać natomiast korelację między absorbcją fosforu a przyrostami

świeżej masy. Jednocześnie ze zwiększaniem się absorbcji zwiększają się i przyrosty świeżej masy. Maxima i minima absorbcji fosforu i szybkości wzrostu wypadają w tym samym czasie. Z wyników pracy Hornberger'a daje sie również stwierdzić wyraźny związek między pobieraniem azotu i fosforu, a przyrostami świeżej masy. Trudno rozstrzygnąć co jest pierwotną przyczyną; czy większy przyrost świeżej masy pociąga za sobą zwiększenie się absorbcji składników pokarmowych, czy odwrotnie. Z podobieństwa dwóch krzywych: szybkości wzrostu i pobierania pokarmów wynika, że w czasie kwitnienia wypada również minimum przyrostów świeżej masy. Analogiczną krzywą szybkości wzrostu kukurydzy, z wyraźnym minimum w okresie kwitnienia, widzimy w pracy Korczewskiego i Majewskiego (9). Powodem występowania minimum szybkości wzrostu w okresie kwitnienia są oczywiście procesy zachodzące w tym czasie w roślinie.

Gdy materiały zapasowe przechodzą z liści i łodyg do zawiązujących się owoców, następują duże zmiany w komórkach liści i znaczne osłabienie asymilacji, co pociąga za sobą zmniejszony przyrost masy roślinnej.

Z oznaczeń absorbcji fosforu, dokonywanych codziennie dla pojedyńczych roślin lub też całych seryj wyprowadzić można następujące wnioski:

1. Decydującym czynnikiem, wpływającym na wielkość absorbcji fosforu okazał się stopień rozwoju roślin. W okresie kwitnienia wystąpiło minimum.

2. Zmiany w absorbcji, wywołane wpływem temperatury i innych czynników zewnętrznych były zatarte przez wahania indywidualne i nie dały się wyraźnie dostrzec.

3. Pomiędzy absorbcją fosforu a wagą roślin nie znaleziono żadnego związku. Stwierdzono natomiast wyraźną korelację między absorbcją fosforu a szybkością wzrostu (przyrostami świeżej masy).

4. Krzywa szybkości wzrostu wykazuje minimum w czasie kwitnienia, podobnie jak krzywa absorbcji.

5. W warunkach niniejszego doświadczenia nie można było stwierdzić wpływu wycinania kwiatostanów męskich i niedopuszczenia kolb do zapylenia na pobieranie fosforu.

W zakończeniu niniejszej pracy uważam sobie za miły obowiązek złożyć serdeczne podziękowanie Panu Prof. Drowi M. Korczewskiemu za temat i wskazówki, jakich mi udzielał w czasie wykonywania pracy i Panu Adiunktowi Drowi F. Majewskiemu za wydatną pomoc.

SUMMARY.

In this paper are presented the results of experiments upon the daily absorption of phosphorus by single plants or by whole series, consisting from 8 — 10 plants. The determination of the absorption of phosphorus was carried on during the whole period of growth. The influence of internal and external factors upon the intensity of the absorption was also investigated.

Plants were grown in water culture. Each plant was in 2,5 l glass-pot containing complete mineral nutrition. Phosphorus in the nutrient solution was estimated by the colorimetrical method of Zinzadze.

One of the most important factors, influencing the absorption was the age, i. e. the degree of development of the plants. A minimum of absorption was observed during the blossoming period.

The effects of the temperature and other factors were small as compared with the variations induced by the changes in the plant itself during its development. It was found that there was no dependence between the rate of absorption of phosphorus and the size (fresh weight) of plants. However, it was noted that there exists a correlation between the absorption of phosphorus and the weekly gain in fresh weight; the correlation coefficient equals +0,69.

The curve of growth, similarly to that of the absorption, attained the minimum in the time of blossoming.

LITERATURA.

1. Arrhenius, O. — Journ. of. Gen. Physiol. 1923, *5*, 81—87.
2. Arrhenius, O. — Zeitschrift für Pflanzenernährung u. Düng. 1930, *16*, 94.
3. Balicka-Iwanowska, G. — 1906.
4. Briggs, G. E., Kidd, F. and West, C. — The Annals of Applied Biology. 1920, 7, 104—123.

5. Davidson, J. — Journ. of Agr. Res. 1927, *35*, 335—346.
6. Dikussar, I. G. — Naucz. Agron. Żurnał, 1929, *6*, 74—83.
7. Dikussar, I. G. — Landw. Jahrb. 1930, *72*, 79—104.
8. Hornberger, R. — Landw. Jahrb. 1882, *11*, 359—522.
9. Korczewski, M. i Majewski, F. — Roczn. Nauk Roln. i Leśn. 1929, *22*, 1—34.
10. Korczewski, M., Majewski, F. i Wafflard, I. — Roczn. Nauk Roln. i Leśn. 1934, *31*, 1—48.
11. Kreyzi, R. — Zeitschrift für Pflanzenern. u. Düng., 1932, *25*, 156—179.
12. Loo Tsung Lê — Journ. of the Faculty of Agricul., Hokkaido Imp. Univ. 1931, *30*, 1—117.
13. Mevius, W. — Planta, 1928, *6*, 380—455.
14. Mevius, W. u. Engel, H. — Planta. 1930, *9*, 1.
15. Parker, F. W. — Soil Sc. 1927, *24*, 129—146.
16. Pirschle, K. — Ber. d. Deut. Bot. Gesel. 1929, *47*, 86—92.
17. Pirschle, K. — Planta, 1930, *9*, 84—104.
18. Pirschle, K. — Planta, 1931, *14*, 583—676.
19. Pirschle, K. — Zeitschrift für Pflanzenern. u. Düng. 1931, *22*, 51—86.
20. Prianischnikow, D. — Die Landw. Versuchs-Station, 1922, *99*, 267—286.
21. Prianischnikow, D. N. — Ergebn. der Biol. *1*, 1926, 407—446.
22. Prianischnikow, D. — Bioch. Zeitschrift. 1927, *182*, 204—214.
23. Prianischnikow, D. — Zeitschrift für Pflanzenern. u. Düng. 1933, *30*, 38—82.
24. Prianischnikow, D. — Zeitschrift für Pflanzenern. u. Düng. 1934, *33*, 134—170.
25. Redfern, G. — Ann. of Bot. 1922, *36*, 168—174.
26. Rippel, A. — Bioch. Zeitschrift. 1927, *187*, 272—282.
27. Seidler, L. — Die Landw. Versuchs-Stationen, 1913, *79/80*, 563—610.
28. Sigmond, A. — Journ. für Landw. 1900, *48*, 251—264.
29. Stahl, A. L. and Shive, J. W. — Soil Sc. 1933, *35*, 375—399.
30. Stahl, A. L. and Shive, J. W. — Soil Sc. 1933, *35*, 469—483.
31. Staniszkis, W — Roczn. Nauk Roln. 1909, *4*, 319—354.
32. Teakle, L. J. H. — Plant Physiology, 1924, *4*, 213—233.
33. Ungerer, E. — Zeitschrift für Pflanzenern. u. Düng. 1934, *36*, 15.
34. Wagner, H. — Zeitschrift für Pflanzenern. u. Düng. 1932, *26*, 8—57.
35. Zinzadze, S. R. — Zeitschrift für Pflanzenern. u. Düng. 1930, *16*.