Wzrost masy i pobieranie składników mineralnych (N,P,K) u owsa

Growth and the absorption of mineral elements (N, P, K) in oats

P. STRFBEYKO

WSTĘP

Wyniki badań nad wpływem fosforu na wzrost owsa i pobieranie składników mineralnych, opublikowane w roku 1934, skłoniły nas w roku 1939 do przeprowadzenia bardziej szczegółowej analizy tych zjawisk. Nowe wyniki nie zostały opublikowane z powodu wybuchu drugiej wojny światowej, ale wszystkie materiały ocalały. Obecnie w związku z badaniami wzrostu zbóż w naturalnych warunkach polowych, opublikowanie dawno zebranego materiału stało się konieczne, gdyż stanowił on podstawę do ustalenia właściwych terminów sprzętu roślin; poza tym dawne doświadczenia z 1939 roku obejmowały również system korzeniowy, którego badanie w warunkach polowych jest prawie niemożliwe. Mimo 20 minionych lat wyniki naszych badań nie straciły wiele na aktualności.

Badania nad przebiegiem pobierania składników mineralnych u roślin uprawnych, a w szczególności u zbóż, podjęto już w połowie XIX wieku. Na przykład Norton (1847), Stöckhardt (1855) i Arendt (1859) przeprowadzili szczegółowe analizy popiołów owsa w różnych okresach wegetacji.

Obszerna praca Liebschera (1887) zapoczątkowała wielką serię tego rodzaju badań w latach następnych. Remy (1896), Haselhoff (1931) i Quitzau (1932) badali wzrost i pobieranie składników mineralnych u żyta; Adorján (1902), Wilfarth, Römer i Wimmer (1906), Gericke (1925), Haselhoff, Hann i Elbert (1931), Schlesier (1932), Quitzau (1932), Ballard i Petrie (1936) oraz Petrie (1937) — u pszenicy; Wilfarth, Römer i Wimmer (1900), Burd (1919), Pfeiffer i Rippel (1921), Knowles i Watkin (1931), Schlesier (1932) i Quitzau (1932) — u jęczmienia; a Pember (1917), Hoagland (1919), Brenchley (1929) i Tujeva (1929) przy pomocy kultur wodnych wykazali, że jęczmień jest zdolny do pobrania w początkowym okresie wzrostu tak dużych ilości składników mineralnych, np. fosforu, że to mu może wystarczać do końca wegetacji bez dodatkowego zaopatrzenia w ten pierwiastek.

Szczególnie liczne były badania nad przebiegiem wzrostu i pobierania składników mineralnych u owsa. Poza wspomnianymi badaniami XIX wieku nad zagadnieniem tym pracowali Paterson i Scott (1914), Zade (1918), Berry (1920), Korczewski (1929), Haselhoff, Hann i Elbert (1931), Schlesier (1932), Wagner (1932), Rippeli, Meyer (1933), Stahl i Shive (1933), Blanck i Giesecke (1933, 1934), Strebeyko (1934) i Rackmann (1935, 1936). Szczegółowe badania wzrostu u owsa, w związku z zaopatrzeniem w fosfor, przeprowadził Williams (1936 i 1938). Składniki mineralne są na ogół pobierane we wczesnych okresach wzrostu. Pobieranie azotu, fosforu i potasu przebiega szybciej i kończy się wcześniej niż przyrost suchej masy roślin. Toteż procentowa zawartość azotu, fosforu, potasu i wielu innych składników mineralnych z wiekiem roślin stopniowo maleje.

BADANIA WŁASNE

Nasze badania różniły się od poprzednich głównie tym, że analiza przyrostu suchej masy i pobierania składników mineralnych była prowadzona bardziej szczegółowo w krótkich, zaledwie 5-dniowych odstępach czasu.

Doświadczenie wazonowe z owsem założono na piasku, aby łatwiej można było wydobywać korzenie. Na 9 kilogramów piasku w wazonie dodano w pożywce 0,5 g azotu, 0,1 g fosforu (0,23 g P_2O_5), 0,33 g potasu (0,4 g K_2O), 0,03 g magnezu (0,05 g MgO), 0,035 g sodu i 0,025 g siarki w postaci: NH_4NO_3 , $Ca(NO_3)_2$, $Ca(H_2PO_4)_2$, KCl , K_2SO_4 , $MgCl_2$, $MgSO_4$ i Na_2SO_4 w odpowiednio dobranych ilościach. W nawiasach podano również ilości tlenków dla łatwiejszego porównania z doświadczeniami rolniczymi, w których ilości składników mineralnych są według dawnego zwyczaju obliczane w postaci P_2O_5 , MgO itd. Wydaje się jednak, że jest to forma przestarzała i niedogodna. Najwłaściwsze byłoby operowanie gramatomami zarówno w dawkowaniu pierwiastków, jak też w analizach chemicznych materiału roślinnego i zapewne przejdziemy stopniowo na ten system.

Wilgotność piasku utrzymywano na poziomie 60% kapilarnej pojemności wodnej przez codzienne podlewanie wodą destylowaną.

Owies „Orzeł Biały” zasiano 9.VI.1939 roku w ilości 20 nasion na wazon. Rośliny weszły po pięciu dniach. Wiek ich liczono od daty siewu. Rośliny sprzątano w krótkich odstępach czasu — co pięć dni, zaczynając od piętnastego dnia wegetacji (19.VI) aż do dojrzałości.

Okres wegetacji wskutek późnego siewu został niewątpliwie trochę skrócony, lecz wydaje się, że w tych warunkach różnice w tempie wzrostu lub pobierania składników mineralnych musiały być nawet wyraźniejsze.

Po 35 dniach wegetacji stożek wzrostu był już przekształcony w 2-milimetrowy kłosek, po 45 dniach owies się wykłosił, a po 55 dniach zakwitł. Rośliny sprzątnięto 23 sierpnia po 75 dniach wegetacji.

WYNIKI

W tabelach 1 i 2 przedstawiono suchą masę pędów i korzeni owsa oraz zawartość azotu, fosforu i potasu, w kolejnych terminach sprzętu od 15 do 75 dnia wegetacji (wiek roślin liczono od daty siewu). Przyrost suchej masy pędów i korzeni ilustruje wykres (ryc. 1). Z tabel i wykresu widzimy, że wzrost pędów odbywał się z malejącą szybkością aż do 65 dnia wegetacji. Natomiast wzrost korzeni ustał niemal całkowicie po 40 dniu wegetacji, a po 60 dniach wegetacji masa korzeni wyraźnie się zmniejszyła wskutek procesów rozkładu, co można też było stwierdzić na podstawie zmiany ich zabarwienia.

Tabela 1 — Table 1

Sucha masa pędów w gramach na wazon, procentowa zawartość azotu, fosforu i potasu w suchej masie pędów oraz ilość N, P, K w pędach (w miligramach na wazon)

Dry weight of shoots in grams per pot, the percentage of nitrogen, phosphorus and potassium in the dry matter of shoots and absolute amounts of N, P, K in shoots

Wiek roślin Age from planting	Sucha masa Dry weight	N		P		K	
		%	mg	%	mg	%	mg
Dni — Days							
15	0,7 g	5,66	40	0,60	4,2	—	—
20	1,5	5,59	84	0,55	8,2	6,15	92
25	3,0	5,54	163	0,44	13,2	6,43	193
30	5,2	4,54	238	0,34	17,7	5,27	276
35	7,8	3,59	280	0,27	21,0	4,11	320
40	10,4	2,76	287	0,25	26	3,28	340
45	14,0	2,11	295	0,24	33	2,80	392
50	18,5	1,70	314	0,19	35	2,26	418
Ziarno — Grain	3,2	2,63	84	0,42	13	1,15	37
Słoma — Straw	17,1	1,30	222	0,14	24	2,18	373
Razem — Total	20,3	—	306	—	37	—	410
60 Dni—Days							
Ziarno — Grain	5,4	2,43	132	0,42	22,5	0,83	45
Słoma — Straw	17,4	0,98	171	0,10	17,5	2,14	373
Razem — Total	22,8	—	303	—	40	—	418
75 Dni—Days							
Ziarno — Grain	9,2	2,57	247	0,36	33	0,90	82
Słoma — Straw	15,6	0,59	92	0,035	3	2,13	332
Razem — Total	24,8	—	339	—	38	—	414

Z tabel 1 i 2 obliczono przyrost suchej masy roślin w okresach 5-dniowych dla pędów (ryc. 2 A) i korzeni (ryc. 2 B), co jeszcze wyraźniej obrazuje różnice przebiegu ich wzrostu.

W wyniku tych różnic stosunek masy pędów do masy korzeni z wiekiem roślin ciągle wzrastał (ryc. 3). Na początku wegetacji, w 15 dni po

Ryc. 1. Przeciętna sucha masa pędów (1) i korzeni (2) w gramach na wazon
Average dry weight of shoots (1) and roots (2) in gms per pot

Ryc. 2. Przyrost suchej masy pędów (A) i korzeni (B) w gramach na wazon, w 5-dniowych okresach wzrostu
Increase in dry weight of shoots (A) and roots (B) in gms per pot at different stages of growth (growth periods 5 days)

posadzeniu nasion stosunek masy pędów do masy korzeni wynosił około 1,6, a po upływie 2 miesięcy przy końcu wegetacji wynosił on 8,7. Szczególnie gwałtowne zmiany nastąpiły po 40 dniu, gdy ustał wzrost systemu korzeniowego.

Wydaje się, że zahamowanie procesów wzrostowych u korzeni wiąże się ze zróżnicowaniem stożka wzrostu w łodygach i przejściem od rozwoju wegetatywnego do generatywnego. Zakończenie wzrostu korzeni musiało z kolei wywrzeć wpływ na dalszy wzrost pędów.

Na wykresie (ryc. 4) przedstawiono przyrost suchej masy pędów w procentach, przyjmując na 100 masę początkową dla każdego 5-dniowego okresu. Widzimy, że przyrost masy odbywał się jak gdyby w trzech etapach: przez pierwsze trzy tygodnie tempo wzrostu regularnie malało, aż do momentu zróżnicowania stożka wzrostu i utworzenia kłoska. Następnie przez dwa tygodnie utrzymywało się na jednakowym poziomie i wreszcie przed kwitnieniem znacznie się obniżyło i stopniowo malało aż do całkowitego zaniku procesów wzrostowych. To samo zjawisko w procentach składanych przedstawia ryc. 5. Początkowo szybkość wzrostu sięgała 15% dziennie, przed kłoszeniem opadła do 6%, a przed kwitnieniem do 2% dziennie.

Wydaje się, że utrzymanie przyrostu masy pędów na równym poziomie w okresie od 35 do 50 dnia wegetacji było związane z zakończeniem wzrostu korzeni; wówczas wszystkie produkty fotosyntezy mogły być zużywane do wzrostu pędów. Natomiast ponowne zahamowanie wzrostu przed kwitnieniem musiało być spowodowane przez stopniowe usychanie liści i zahamowanie procesu fotosyntezy.

Ogólna ilość azotu, fosforu i potasu, pobrana przez pędy i korzenie razem została przedstawiona w tabeli 3 i na wykresie (ryc. 6). Z wykresu tego widzimy, że pobieranie azotu zakończyło się wcześniej niż potasu, a pobieranie potasu wcześniej niż fosforu. Azot był pobierany do 40 dnia wegetacji. Wprawdzie w pędach zawartość azotu jeszcze wzrastała do 50 dnia (tabela 3), ale to było tylko przemieszczaniem azotu z korzeni do pędów, gdyż ogólna ilość azotu w całej roślinie już się nie zmieniała.

Potas był pobierany z gleby do 50 dnia wegetacji (ryc. 6). Gromadzenie potasu w korzeniach ustało już 35 dnia (tab. 3), ale zawartość jego w pędach wzrastała do 50 dnia, częściowo w wyniku przemieszczania z korzeni do pędów, a częściowo w wyniku pobierania z gleby.

Fosfor rośliny pobierały o 20 dni dłużej niż azot, przy jednoczesnym przemieszczaniu tego pierwiastka z korzeni do pędów.

Z chwilą zakończenia wzrostu korzeni ustało pobieranie azotu, pobieranie potasu trwało jeszcze o 10 dni, a fosforu o 20 dni dłużej. Było to jednak pobieranie słabe, nie przekraczające 15—20% maksymalnej ilości pobieranych przez rośliny składników.

Wydaje się, że pobieranie składników mineralnych wiązało się ściśle ze wzrostem systemu korzeniowego. Z kolei nasuwa się przypuszczenie, iż niedobór składników mineralnych mógł być bezpośrednią przyczyną zakończenia wegetacji. Zwykle zjawiska te łączymy z procesami rozwojo-

Tabela 2 — Table 2

Sucha masa korzeni w gramach na wazon, procentowa zawartość azotu, fosforu i potasu w suchej masie korzeni oraz ilość N, P, K w korzeniach w miligramach na wazon

Dry weight of roots in grams per pot, the percentage of nitrogen, phosphorus and potassium in the dry matter of roots and absolute amounts of N, P, K in roots

Wiek roślin Age from planting	Sucha masa Dry weight g	N		P		K	
		%	mg	%	mg	%	mg
Dni — Days							
15	0,43	3,02	13	0,52	2,2	3,44	15
20	0,58	2,88	17	0,55	3,2	3,64	21
25	1,01	3,21	32	0,36	3,6	3,21	32
30	1,71	2,72	46	0,25	4,3	2,22	38
35	3,29	1,92	63	0,24	7,9	1,40	46
40	3,90	2,01	78	0,25	9,7	0,79	31
45	3,84	1,18	45	0,16	6,2	0,62	25
50	3,96	1,16	46	0,16	6,3	0,52	20
55	4,22	1,09	46	0,14	5,9	0,47	20
60	4,16	1,02	42	0,13	5,4	0,45	19
75	2,84	1,02	29	0,14	4,0	0,23	7

Tabela 3 — Table 3

Ogólne ilości azotu, fosforu i potasu pobrane przez rośliny w miligramach na wazon

Absolute amounts of nitrogen, phosphorus and potassium absorbed by plants in mgs per pot

Wiek roślin Age from planting	N			P			K		
	pędy shoots	korzenie roots	razem total	pędy shoots	korzenie roots	razem total	pędy shoots	korzenie roots	razem total
Dni — Days									
15	40	13	53	4,2	2,2	6,4	—	15	—
20	84	17	101	8,2	3,2	11,4	92	21	113
25	163	32	195	13,2	3,6	16,8	193	32	225
30	238	46	284	17,7	4,3	22,0	276	38	314
35	280	63	343	21,0	7,9	28,9	320	46	366
40	287	78	365	26	9,7	35,7	340	31	371
45	295	45	340	33	6,2	39,2	392	25	417
50	314	46	360	35	6,3	41,3	418	20	438
55	306	46	352	37	5,9	42,9	410	20	430
60	303	42	345	40	5,4	45,4	418	19	437
75	339	29	368	38	4,0	42,0	414	7	421

wymi, jakie zachodzą w pędach, ale można zagadnienie odwrócić i postawić pytanie, czy to nie korzenie decydują o długości okresu wegetacyjnego?

Niełatwo jest rozstrzygnąć, czy pobieranie składników mineralnych ustaje w wyniku zmian fizjologicznych, starzenia się i zamierania pędów, czy też wskutek starzenia się i zamierania

Ryc. 3. Stosunek suchej masy pędów do masy korzeni w różnym wieku roślin

Relation of dry weight of shoots to roots at different age of plants

Ryc. 4. Przyrost suchej masy pędów w procentach, przyjmując za 100 masę początkową dla każdego 5-dniowego okresu

Increase of dry weight of shoots in percent on the basis of initial dry weight (100) at each growth period (5 days)

Ryc. 5. Przyrost suchej masy pędów w procentach składanych

Increase of dry weight of shoots expressed in compound interest

Ryc. 6. Przebieg pobierania azotu, fosforu i potasu przez rośliny w ciągu wegetacji

Absorption of nitrogen, phosphorus and potassium at different age of plants

systemu korzeniowego. Odcięcie dopływu składników mineralnych i wody może wywierać ogromny wpływ na procesy starzenia i usy-

chania pędów oraz dojrzewania nasion. Natomiast zakończenie wzrostu u korzeni zależy chyba od zjawiska fotoperiodyzmu i ogólnych procesów metabolicznych w organizmie roślinnym.

STRESZCZENIE

Przeprowadzono dosyć dokładne badania wzrostu owsa i pobierania składników mineralnych. Rośliny sprzątano i analizowano co pięć dni, oznaczając suchą masę pędów i korzeni oraz zawartość azotu, fosforu i potasu (tab. 1).

Na podstawie tych danych obliczono szybkość wzrostu masy i szybkość pobierania składników mineralnych. Uzyskane wyniki wskazują, że wzrost systemu korzeniowego odbywał się tylko do początków rozwoju generatywnego roślin. Z ustaniem wzrostu korzeni ustało pobieranie azotu. Pobieranie potasu odbywało się o 10 dni dłużej niż azotu, a pobieranie fosforu o 10 dni dłużej niż potasu. Było to jednak pobieranie na ogół słabe.

Pobieranie składników mineralnych wiązało się ściśle ze wzrostem systemu korzeniowego i nasuwa się przypuszczenie, że niedobór składników mineralnych i wody może być bezpośrednią przyczyną zakończenia wegetacji i obumierania pędów. Można sądzić, że długość okresu wegetacyjnego jest regulowana przez korzenie w powiązaniu ze zjawiskami fotoperiodycznymi.

*Zakład Fizjologii Roślin
Uniwersytetu Warszawskiego*

Wpłynęło dn. 15.6.1960 r.

SUMMARY

Detailed observations were carried out on the growth and the absorption of mineral elements in oats. The plants were cropped and analysed every five days. The dry mass of the shoots and roots was weighed and determinations were made of the nitrogen, phosphorus and potassium contents (Table 1).

From the assembled data the rate of the mass increase and the absorption rate of the mineral elements was calculated. The assembled results indicate that the growth of the root system is continued only to the generative development of plants. When the growth of the root system stopped the absorption of nitrogen also ended. The absorption of potassium lasted 10 days longer than of nitrogen, and the absorption of phosphorus 10 days longer than of potassium. However, in this last stage the absorption of phosphorus was on the whole rather weak.

The absorption of mineral elements was strictly associated with the development of the root system and it seems that the deficiency of mineral elements and water may be the direct cause of vegetative growth stop and the dying of plants. It seems that the length of the vegetative period may be regulated by the roots, in connection with the photoperiodic phenomena.

LITERATURA

- Adorján J., 1902, Die Nährstoffaufnahme des Weizens, Journ. f. Landw. 50:193.
- Arendt N., 1859, Untersuchungen über einige Vorgänge bei der Vegetation der Haferpflanze, Landw. Vers. Stat. 1, 31.
- Ballard L. A. T. and Petrie A. H. K., 1936, Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. 1. The effect of nitrogen supply on the growth of the plant and its parts, Austral. J. exp. Biol. 14: 135—163.
- Berry R. A., 1920, Composition and properties of oat grain and straw, J. Agric. Sci. 10, 359.
- Blanck E., Giesecke F. u. Heukesthoven W., 1933, Ein vorläufiger Beitrag zur Frage nach dem Verlauf der Nährstoffaufnahme des Hafers während seiner Vegetationszeit, Jour. f. Landw. 81, 91.
- Blanck F., Giesecke F. u. Heukesthoven W., 1934, Zwierter Beitrag zur Frage nach dem zeitlichen Verlauf der Nährstoffaufnahme des Hafers, Jour. f. Landw. 82: 33.
- Brenchley W. E., 1929, The phosphate requirement of barley at different periods of growth, Ann. Bot. 43: 89—110.
- Burd J. S., 1919, Rate of absorption of soil constituents at successive stages of plant growth, J. Agric. Res. 18: 51—72.
- Gericke W. F., 1925, Salt requirements of wheat at different growth phases, Bot. Gaz. 80: 410—425.
- Gregory F. G., 1921, The increase in area of leaves and leaf surface of *Cucumis sativus*, Ann. Bot. 35: 93.
- Haselhoff E., Hann F. u. Elbert W., 1931, Versuche über die Nährstoffaufnahme der Pflanzen, Landw. Vers. Stat. 111: 11—62.
- Hoagland D. R., 1919, Relation of the concentration and reaction of the nutrient medium to the growth and absorption of the plant, J. Agric. Res. 18: 73—117.
- Knowles F. a. Watkin J. E., 1931, The assimilation and translocation of plant nutritions in wheat during growth, J. Agric. Sci. 21: 612—637.
- Korczewski M., 1929, Wachstum und Ertrag, Acta Soc. Bot. Pol. 6: 46—68.
- Liebscher G., 1887, Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngelehre, Jour. f. Landw. 35: 335—518.
- Paterson J. W. a. Scott P. R., 1914, On the assimilation of soil constituents by oats, J. Dept. Agr. Victoria 12: 193.
- Pember F. R., 1917, Studies by means of both pot and solution culture of the phosphorus and potassium requirements of the barley plant during its different periods of growth, Bull. 169, Agric. Exp. Stat. Rhode Island State Coll.
- Petrie A. H. K., 1937, Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition, 3. The effect of nitrogen supply on the drifting composition of the leaves, Austral. J. exp. Biol. 15: 385—404.
- Pfeiffer T. u. Rippel A., 1921, Über den Verlauf der Nährstoffaufnahme und Stoffverzeugung bei der Gersten — bzw. Bohnenpflanze, Jour. f. Landw. 69: 137.
- Quitau G., 1932, Nährstoffaufnahme bei Wintergetreide, Kühn-Archiv 30: 319—342.
- Rackmann K., 1935, Über Beziehungen zwischen Pflanzenwachstum, Boden und Nährstoffverhältnis in der Düngung I, Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 40: 148.
- Rackmann K., 1936, Über Beziehungen zwischen Pflanzenwachstum, Boden und Nährstoffverhältnis in der Düngung II, Pflanzenern., Düng. Bodenkunde 41: 313.

- Remy T., 1896, Der Verlauf der Stoffaufnahme und das Düngerbedürfnis des Rogens, Jour. f. Landw. 44: 31.
- Rippel A. u. Meyer R., 1933, Weitere Untersuchung über das Ertragsgesetz bei Pflanzen, Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 27 A: 257.
- Schlesier W., 1932, Die Nährstoffaufnahme bei Sommerfrüchten, Kühn-Archiv 30: 141—161.
- Stahl A. L. a. Shive J. W., 1933, Studies on nitrogen absorption from culture solutions: I Oats, Scil Sci. 35: 375.
- Tujeva O. E., 1929, Issliedovanije nad usvojenijem fosfornoj kisloty jazmieniem v vodnoj kulturie, Bull. Int. Rech. Biol. et Sta. Biol. Univ. Perm. 6: 261
- Strebeyko P., 1934, Wpływ fosforu na rozwój owsa i na pobieranie składników mineralnych (PNS) w różnych okresach vegetacji, Acta Soc. Bot. Polon. 11: 213—237.
- Wagner H. 1932, Zum Wachstumverlauf verschiedener Getreidearten, insbesondere von Hafer, Pflanzern., Düng. Bodenkunde 25 A: 48.
- Wilfarth H., Römer H. u. Wimmer G., 1906, Über die Nährstoffaufnahme der Pflanzen in verschiedenen Zeiten ihres Wachstums, Landw. Vers. Stat. 63: 1.
- Williams R. F., 1936, Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. 2. The effect of phosphorus supply on the growth of the plant and its parts, Austral. J. exp. Biol. 14: 165—185.
- Williams R. F. 1938, Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition, 4. The effect of phosphorus supply on the total-, protein-, and soluble-nitrogen contents, and water content of the leaves and other plant parts, Austral. J. exp. Biol. 16: 65—83.
- Zade A., 1918, Der Hafer, Jena 1918.