Przebieg wzrostu liści i całych roślin fasoli oraz słonecznika w czasie wegetacji

Growth course of bean and sunflower leaves and the whole plants
during vegetation period

BRONISŁAW GEJ

Badanie dynamiki wzrostu różnych organów roślinnych w ontogenezie, a szczególnie liści, ma — m. in. z punktu widzenia wielkości produkcji roślinnej — istotne znaczenie nie tylko dla oceny przewidywanego plonu roślin uprawnych, ale może też przyczynić się do lepszego poznania właściwości fizjologicznych tych organów. Według niektórych badaczy jednym z najważniejszych czynników determinujących wielkość produkcji masy organicznej w roślinie jest wielkość powierzchni zielonych liści charakteryzujących się intensywną asymilacją węgla przez długi okres w czasie wegetacji (Nicziporowicz 1955; Nicziporowicz i in. 1963).

W literaturze naukowej znane są prace opisujące wzrost liści różnego wieku roślin uprawnych, a wśród nich fasoli i słonecznika (Butler 1963; Hodgson 1967; Humphries i Wheeler 1963; Sunderland 1960), przy czym u fasoli badano przede wszystkim wzrost pierwszej pary (młodocianych) liści (Dale 1964; Więckowski 1966); nieliczne zaś są prace dotyczące dynamiki wzrostu liści trójdzielných u tej rośliny.

W ostatnich latach w naszym kraju przeprowadzono intensywne badania nad zmianami masy i powierzchni asymilacyjnej liści w ontogenezie także u roślin zbożowych (Birecka i in. 1963, 1966, 1967; Strebeyko i in. 1961, 1963a, b, c i 1964a, b).

Zadaniem niniejszej pracy było określenie zmian wielkości powierzchni poszczególnych zielonych liści i ich suchej masy oraz zmian masy całych roślin fasoli i słonecznika podczas wegetacji. Jednocześnie badania te stanowiły podstawę dla dalszych prac dotyczących aktywności fotosyntetycznej liści różnych pięt niektórych roślin dwuliściennych (Gej 1967).

MATERIAŁ I METODYKA BADAN

Przedmiotem badań, prowadzonych w kilku okresach wegetacyjnych, były rośliny fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris* L.) odmiany 'Saxa' i słonecznika zwyczajnego (*Helianthus annuus* L.) odm. 'Borowski IHAR'. Nasiona tych roślin wysiewano w małych wazonach napełnionych piaskiem wiślanym (po 1,80 kg suchej masy) z dodatkiem pożywki mineralnej zawierającej: 0,10 g N, 0,04 g P_2O_5 , 0,05 g K_2O , 0,03 g MgO i 0,03 g CaO — na wazon. Rośliny rosły w warunkach hali wegetacyjnej SGGW przy stałej, 60% wilgotności podłoża (podlewano je wodą wodociągową).

Po wykształceniu się 1—2 liści na roślinie, w większości przypadków w odstępach 7—12-dniowych (w zależności od szybkości wzrostu i warunków meteorologicznych), ścinano po 4 rośliny każdego gatunku i dzielono je na części odpowiadające poszczególnym organom. Badania obejmowały oznaczania suchej masy tych organów (w 105°C), zawartości wody oraz powierzchni liści (metodą fotokopii na papierze amoniakalnym — wg Roźniatowskiego, 1954). Z reguły oznaczano tylko ogólną powierzchnię poszczególnych zielonych liści. Liście nie, lub liście żółte, które wcześniej odpadły od łodygi, nie były uwzględniane przy określaniu powierzchni asymilacyjnej.

W czasie wegetacji notowano temperaturę powietrza w hali, daty pojawiania się poszczególnych liści w kolejnych węzłach rośliny (od tego dnia liczono wiek każdego liścia) oraz określano przebieg faz rozwojowych badanych roślin. Wiek całej rośliny (w dniach) liczono od dnia wschodów do jej sprzętu. Liście na łodydze oznaczano kolejnymi numerami, licząc od podstawy pędu. Rośliny fasoli weszły: w 1962 r. — 24.IV, w 1963 r. — 13.V, a w 1964 r. — 15.V; wschody słonecznika zaś obserwowano: w 1963 i 1964 r. w dniu 14 maja. Najdłużej badano dynamikę wzrostu roślin w 1962 r.

W okresie wzrostu roślin warunki meteorologiczne przedstawiały się następująco: w roku 1962 stosunkowo chłodne dni zanotowano między 29.IV a 7.V (temp. śr. dzienna — 5,8°C) i od 15 do 18.V (temp. śr. — 10,0°C) oraz od 2.VII do 14.VII (temp. śr. — 13,8°C, niższa od przeciętnej wieloletniej), a dni gorące od 15 do 24.VI (temp. maks. — 29,5°C) i od 20 do 27.VII (temp. dzienna do 30,3°C).

W czasie wegetacji 1963 r. wystąpiły dwa okresy względnie chłodne: od 16 do 20.V, gdy średnia dzienna temperatura nie przekraczała 13,8°C i od 31.V do 4.VI, gdy temperatura ta wynosiła 12,8°C. Najcieplej było od 25 do 30.V (temp. śr. — 18,8°C) i od 5 do 9.VI (temp. — 19,3°C). Maj i czerwiec 1963 r. były wyraźnie cieplejsze niż analogiczne miesiące w roku poprzednim.

W okresie przeprowadzania doświadczeń w 1964 r. stwierdzono

stosunkowo niską temperaturę między 16 a 20.V (średnia pentadowa — $10,3^{\circ}\text{C}$), a najcieplej było od 10 do 15.VI, gdy średnia dzienna temperatura powietrza wynosiła $21,7^{\circ}\text{C}$. Średnia dzienna temperatura maja w 1964 r. była niższa, czerwca zaś wyższa niż analogiczne temperatury w 1963 r.

WYNIKI DOŚWIADCZEŃ I DYSKUSJA

Przyrost masy badanych roślin i zielonej powierzchni ich liści w fazie intensywnego wzrostu ilustrują krzywe przedstawione na ryc. 1 i 3. Wynika z nich, że zarówno sucha masa, jak i powierzchnia

Ryc. 1. Dynamika wzrostu suchej masy części nadziemnych (w g) i ogólnej powierzchni liści (w dm^2) fasoli. Dośw. 1962 r.; średnie z 4 roślin
1 — sucha masa; 2 — ogólna powierzchnia liści

Fig. 1. Dynamics of dry weight growth in aerial parts (g) and in total leaf surface area (dm^2) of bean plant. Experiment 1962; averages of 4 plants
1 — dry weight; 2 — total leaf area

asymilacyjna stale się zwiększała w badanych okresach wzrostu, nie wykazując żadnego spadku, nawet pod koniec wegetacji.

W roślinach fasoli przyrost masy części nadziemnych i powiększanie się powierzchni liści przebiegały mniej więcej z jednakową intensywnością; natomiast u słonecznika nie stwierdzono tej zależności.

W początkowym okresie wegetacji fasoli przyrost suchej masy całych roślin był szybszy niż u słonecznika (ryc. 3), ale po 20—25 dniach od wschodów dominował już pod tym względem słonecznik, u którego największą część masy rośliny stanowiła wówczas łodyga.

Fasola miała jednak zawsze większą ogólną powierzchnię zielonych liści. Przyrost tej powierzchni ulegał zahamowaniu dopiero pod koniec wegetacji roślin, po wykształceniu strąków.

Summaryczna powierzchnia liści częściowo lub całkowicie żółtych u obu gatunków — w badanych okresach wzrostu — była stosunkowo nieznaczna i nie odgrywała istotnej roli w wytwarzaniu masy organicznej.

Po około trzech tygodniach wegetacji zaobserwowano u fasoli pewne zahamowanie tempa zwiększania się suchej masy i przejściowo

Ryc. 2. Przebieg wzrostu suchej masy (w g) i powierzchni (w dm^2) poszczególnych liści fasoli. Dośw. 1962 r.; średnie z 4 roślin

L. p. b. — liście pędów bocznych; I, II, III, IV — numery liści

Wyjaśnienie: Odległości między liniami ciągłymi oznaczają zmiany wielkości suchej masy, a między liniami przerywanymi — zmiany powierzchni kolejnych liści na łodydze. Linie kropkowane — przypuszczalny przebieg wzrostu masy liścia od początku pojawienia się jego na roślinie

Fig. 2. Growth course of dry weight (g) and lamina surface area (dm^2) of particular leaves in bean plant. Experiment 1962; averages of 4 plants.

L. p. b. — leaves of side shoots; I, II, III, IV — numbers of leaves

Explanation: The distances between the solid lines indicate the changes of dry weight magnitude and between the broken lines — the changes of lamina area of successive leaves on the stem. The spotty line — probable course of dry weight growth of particular leaf from the beginning of its unfolding on the plant

nieznaczne żółknięcie liści. Zmiany te występowały w tym czasie, gdy na korzeniach rozwijały się bakterie brodawkowe. Po następnych 1—2 tygodniach wzrosło normalne zabarwienie liści i zwiększała się szybkość przyrostu masy zakażonych roślin.

W początkowym okresie życia fasoli jej sucha masa zwiększała się przede wszystkim dzięki asymilacji węgla przez dwa liście młodociane (I piętro rośliny) (ryc. 2 i 4). Liścienie bowiem szybko żółkły i odpadały

Rys. 3. Porównanie przebiegu wzrostu suchej masy (w g) oraz ogólnej powierzchni liści (w dm²) w czasie wegetacji fasoli (1) i słonecznika (2). Dośw. 1963 i 1964 r.; średnie z 4 roślin

Fig. 3. Comparison of growth course of dry weight (g) and total leaf area (dm²) during the vegetation of bean (1) and sunflower (2) plants. Experiment 1963 and 1964; average of 4 plants

po 12—15 dniach od wschodów roślin. Stąd też nie uwzględniano masy i powierzchni liścieni przy charakteryzowaniu wzrostu powierzchni asymilacyjnej fasoli. Nieco dłużej niż u fasoli w stanie zielonym utrzymywały się liścienie na roślinach słonecznika (tab. 2 i ryc. 5).

Pierwszy liść trójdzielnny fasoli rozwijał się w pełni, gdy rośliny osiągały mniej więcej połowę okresu swego życia. Powiększanie się powierzchni tego liścia ustaje w przybliżeniu o 10 dni wcześniej niż przyrost jego suchej masy (ryc. 2). Szybkość wzrostu tego liścia w 1962 r. była mniejsza niż w latach 1963 i 1964 (ryc. 4). W tych latach temperatura powietrza w okresie intensywnego wzrostu liścia

II piętra fasoli była wyższa niż w 1962 r. Liść ten do końca wegetacji miał największą masę i powierzchnię w porównaniu z pozostałymi liśćmi fasoli. Udział jego powierzchni wynosił wówczas około 26—27% powierzchni asymilacyjnej wszystkich liści na roślinie (tab. 1 i 2). Ta ostatnia w niektórych latach przekraczała 5 dm².

Rys. 4. Przebieg wzrostu suchej masy (w g) i powierzchni (w dm²) kolejnych liści na roślinie fasoli. Dośw. 1963 i 1964 r.; średnie z 4 roślin.

I — dwa liście młodociane; II, III, IV, V — liście trójdzielne; pozostałe objaśnienia — patrz ryc. 2.

Fig. 4. Growth course of dry weight (g) and lamina surface area (dm²) of successive leaves on the bean plants. Experiment 1963 and 1964; averages of 4 plants.

I — two primery leaves; II, III, IV, V — trifoliate leaves; others explanations — see fig. 2.

Następne liście trójdzielne (tzn. III, IV... piętra roślin fasoli) wykształcały się sukcesywnie co 9—13 dni i pozostawały zielone na roślinie prawie do końca wegetacji. Najintensywniejszy wzrost poszczególnych liści trójdzielnych przebiegał w czasie pierwszych dwóch tygodni ich życia. Były one z reguły grubsze od liści młodocianych. Ciężar suchej masy 1 dm² tych ostatnich w omawianych doświadczeniach nie przekraczał 0,39 g, podczas gdy w liściach trójdzielnych

Rys. 5. Przebieg wzrostu suchej masy (w g) i powierzchni (w dm²) poszczególnych par liści słonecznika. Dośw. 1963 i 1964 r.; średnie z 4 roślin.

L — dwa liścienie; I, II, III, IV, V — pary liści; pozostałe objaśnienia — patrz fig. 2.

Fig. 5. Growth course of dry weight (g) and lamina area (dm²) of particular leaf pairs in sunflower. Experiment 1963 and 1964; averages of 4 plants.

L — two cotyledons; I, II, III, IV, V — pairs of leaves; others explanations — see fig. 2.

sięgał 0,55 g (tab. 1). Stwierdzono również, że sucha masa 1 dm² liścia z określonego piętra fasoli zwiększała się z wiekiem rośliny. Ponadto wskaźnik ten miał nieco wyższe wartości w trójdzielnych liściach górnych pięter rośliny (z wyjątkiem młodych liści wierzchoł-

Tabela 1 — Table 1

Charakterystyka poszczególnych liści fasoli różnego wieku (Dośw. 1962 r.; średnie z 4 roślin)

The characteristic of particular leaves in bean plants at different age (Experim. 1962; averages of 4 plants)

Nr liścia (od pod- stawy rośliny)	Wiek liścia dni	Sucha masa jedn. pow.	Za- war- tość wody	Wiek liścia dni	Sucha masa jedn. pow.	Za- war- tość wody	Wiek liścia dni	Część ogól. pow. liści*	Sucha masa jedn. pow.	Za- war- tość wody	Wiek liścia dni	Część ogól. pow. liści*	Sucha masa jedn. pow.	Za- war- tość wody	Wiek liścia dni	Część ogól. pow. liści*	Część ogól. pow. liści*
No. of leaf (from the base of plant)	Age of leaf days	Dry weight of area unit g/dm ²	Water con- tent %	Age of leaf days	Dry weight of area unit g/dm ²	Water con- tent %	Age of leaf days	Part of total area of leaves*	Dry weight of area unit g/dm ²	Water con- tent %	Age of leaf days	Part of total area of leaves*	Dry weight of area unit g/dm ²	Water con- tent %	Age of leaf days	Part of total area of leaves*	Part of total area of leaves*
Wiek rośliny — Age of plant																	
17 dni — days			23 dni — days			27 dni — days			37 dni — days								
III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	0,43	83,3	13	8,2	26,3
II	5	0,41	83,8	11	0,43	83,4	18,5	15	0,46	83,7	25	26,1	0,46	83,2	25	26,1	34,7
I	13	0,37	86,2	19	0,36	85,9	81,5	23	0,36	85,6	33	65,7	0,35	85,3	33	65,7	39,0
48 dni — days			55 dni — days			63 dni — days			70 dni — days								
L.p.b.	10	0,47	83,8	17	0,49	83,3	11,5	25	0,50	82,8	32	12,9	0,52	80,5	32	12,9	13,5
IV	8	0,43	81,1	15	0,48	79,8	9,5	23	0,52	78,9	30	12,3	0,55	78,1	30	12,3	12,7
III	24	0,45	82,1	31	0,49	80,5	24,8	39	0,51	79,6	46	24,3	0,54	79,0	46	24,3	24,5
II	36	0,47	82,9	43	0,47	82,3	28,7	51	0,48	81,8	58	27,4	0,48	81,4	58	27,4	26,6
I	44	0,37	84,8	51	0,38	84,4	25,5	59	0,39	83,9	66	23,1	0,38	82,7	66	23,1	22,7

* Udział powierzchni poszczególnego liścia (w %) w ogólnej powierzchni asymilacyjnej liści, przyjętej za 100%.

Contribution of particular leaf area to total assimilatory area of leaves, accepted as 100%.

L. p. b. = Liście pędów bocznych — The leaves of side shoots.

kowych) niż w liściach dolnych, starszych. Najmłodsze liście pędu głównego i liście pędów bocznych charakteryzowały się stosunkowo niższą wartością tego wskaźnika.

Podobne do opisywanych wyżej prawidłowości, dotyczących zmian wielkości ciężaru suchej masy jednostki powierzchni w liściach fasoli, zaobserwowano w trzech badanych okresach wegetacji. Porównanie analogicznych wartości liczbowych tego wskaźnika w poszczególnych latach doświadczeń pozwala przypuszczać, że w 1964 r. (tab. 2) wszystkie liście były cieńsze niż w 1962 r. (tab. 1), gdyż odpowiednie ciężary suchej masy 1 dm² liści miały mniejsze wartości w 1964 r.

Nieco odmiennie, w porównaniu z fasolą, przebiegał wzrost liści słonecznika. Należy przy tym zaznaczyć, że do doświadczeń użyto wazonów o małej pojemności. Wzrost roślin słonecznika był w nich stosunkowo bardzo słaby. Rośliny pod koniec wegetacji nie osiągały nigdy takiej wysokości, a zwłaszcza takiej wielkości powierzchni i liczby liści, co w normalnych warunkach polowych. Wprawdzie w okresie wykształcania kwiatostanów ogólna sucha masa słonecznika była wyraźnie większa niż masa roślin fasoli, ale jego sumaryczna powierzchnia zielonych liści była mniejsza i wynosiła w przybliżeniu tylko 3 dm² na roślinę (ryc. 3).

Spśród pięciu par liści słonecznika największą masę i powierzchnię wykazywały liście II i III piętra rośliny (ryc. 5). Na przykład w fazie wzrostu kwiatostanów powierzchnia liści II piętra wynosiła około 30%, a liści III piętra — około 26% ogólnej powierzchni asymilacyjnej zielonych liści (tab. 2, wiek roślin — 37 dni).

Najmniejszą powierzchnię miały wówczas liście V piętra, które przylegały prawie do kwiatostanu, stanowiąc częściowo jego osłonę. Podobnie jak u fasoli, udział (wyrażony w %) powierzchni młodych rosnących górnych liści słonecznika w ogólnej powierzchni asymilacyjnej wszystkich liści (przyjętej za 100%) ulegał zwiększeniu wraz z wiekiem rośliny, wskutek intensywnego powiększania się ich rozmiarów. Analogiczny zaś udział liści dolnych, których wielkość powierzchni nie ulegała już prawie żadnej zmianie, stawał się coraz mniejszy w miarę rozwoju nowych liści na roślinie.

Stwierdzono, że im wyżej liście były zlokalizowane na łodydze słonecznika, tym wykazywały większy ciężar suchej masy jednostki powierzchni blaszek liściowych, z wyjątkiem oczywiście liścieni, których sucha masa 1 dm² była największa i wynosiła 0,56 g (tab. 2). Podobnie jak w roślinach fasoli, ciężar suchej masy jednostki powierzchni określonego piętra liści słonecznika zwiększał się również z wiekiem rośliny, aż do czasu osiągnięcia przez nie swych końcowych wymiarów. W 1964 r. średni ciężar suchej masy 1 dm² z wszystkich pięciu liści na roślinie słonecznika (w wieku 37 dni) wynosił ok. 0,46 g.

Tabela 2 — Table 2

Charakterystyka poszczególnych liści fasoli i słonecznika różnego wieku. (Dośw. 1964 r.; średnie z 4 roślin)

The characteristic of particular leaves in bean plants and sunflowers at different age. (Experim. 1964; averages of 4 plants)

Nr liścia No. of leaf	Wiek liścia dni Age of leaf days	Sucha masa jedn. pow. Dry weight of area unit g/dm ²	Zawar- tość wody Water content %	Część og. powie- rzchni liści* Part of total area of leaves* %	Wiek liścia dni Age of leaf days	Sucha masa jedn. pow. Dry weight of area unit g/dm ²	Zawar- tość wody Water content %	Część og. powie- rzchni liści* Part of total area of leaves* %	Wiek liścia dni Age of leaf days	Sucha masa jedn. pow. Dry weight of area unit g/dm ²	Zawar- tość wody Water content %	Część og. powie- rzchni liści* Part of total area of leaves* %
Wiek fasoli — Age of bean plants												
16 dni — days												
25 dni — days												
37 dni — days												
L.p.b.	—	—	—	—	—	—	—	—	7	0,32	84,2	4,1
V	—	—	—	—	—	—	—	—	8	0,38	83,2	7,9
IV	—	—	—	—	2	0,36	85,8	2,4	16	0,41	84,1	19,1
III	4	0,38	85,8	5,9	11	0,39	86,2	28,8	21	0,40	84,6	21,3
II	9	0,36	86,7	41,2	17	0,37	86,3	38,2	27	0,39	84,9	26,7
I	12	0,32	87,8	52,9	22	0,34	87,3	30,6	33	0,35	86,5	20,9
Wiek słonecznika — Age of sunflower												
16 dni — days												
25 dni — days												
37 dni — days												
V	—	—	—	—	7	0,48	81,9	4,2	16	0,50	81,0	7,8
IV	—	—	—	—	10	0,46	82,3	13,3	21	0,48	81,9	18,9
III	6	0,36	34,6	6,0	13	0,45	83,9	27,2	24	0,47	82,2	26,2
II	11	0,38	85,9	42,3	17	0,44	85,0	34,8	28	0,45	84,8	30,1
I	13	0,37	87,3	39,6	21	0,42	87,1	20,5	33	0,42	86,0	17,0
L	15	0,56	87,6	12,1	—	—	—	—	—	—	—	—

* Patrz objaśnienia w tabeli 1; (see explanations in tab. 1);

L — liście (cotyledons)

i był wyższy od analogicznej wielkości wyliczonej dla liści fasoli (0,39 g).

Badane gatunki różniły się także pod względem intensywności wzrostu korzeni. Przez cały okres wegetacji większą masę tych organów wykazywała fasola, a mniejszą słonecznik. W wieku 3 tygodni wzrostu sucha masa wymytych z piasku korzeni fasoli była dwukrotnie większa od masy korzeni słonecznika. W drugiej połowie okresu wzrostu roślin różnica ta zmalała do 1 i 1/2 raza, a mianowicie: masa korzeni fasoli wynosiła średnio 0,63 g, a słonecznika — 0,43 g na 1 roślinę.

W tabelach 3 i 4 przedstawiono niektóre wskaźniki charakteryzujące stosunki rozmieszczenia i stosunki przyrostu zarówno masy ogółem części nadziemnej, jak i poszczególnych organów: liści, łodyg oraz korzeni badanych gatunków roślin w różnych fazach rozwojowych. Stwierdzono, że w roślinach słonecznika znacznie szybciej zwiększał się stosunek suchej masy wszystkich części nadziemnych (A) do masy liści (B) niż u fasoli w ontogenezie tych roślin. Wartość tego stosunku w początkowym okresie wzrostu fasoli nawet malała (do 35—37 dnia od wschodów) w wyniku niewielkiej szybkości przyrostu masy łodygi; później zaś przeważający udział w masie części nadziemnych tej rośliny stanowiły strąki. Masa części nadziemnych słonecznika — w drugiej połowie okresu wegetacji, w fazie wykształcania kwiatostanów — była ponad trzykrotnie większa w porównaniu z masą liści. W roślinach fasoli — w analogicznej fazie rozwojowej — wartość tego wskaźnika była o połowę mniejsza niż u słonecznika (tab. 4).

Podobny kierunek zmian, jaki obserwowano w odniesieniu do wielkości wskaźnika A/B w różnych fazach rozwojowych, wykazywał też stosunek oznaczony symbolem A/P, charakteryzujący wielkość produkcji suchej masy rośliny przypadającej na jednostkę powierzchni asymilacyjnej liści. W każdej fazie rozwojowej wielkość ta była wyraźnie większa u słonecznika niż u fasoli.

Stosunki zaś ciężaru suchej masy łodygi (C) fasoli do masy jej liści (B) ulegały tylko nieznacznym zmianom w okresie wegetacji, przy czym masa liści była w przybliżeniu dwukrotnie większa od masy łodygi. U słonecznika natomiast wartość omawianego stosunku zmniejszała się w miarę wzrostu roślin i pod koniec okresu wykształcania kwiatostanów ciężar suchej masy liści wynosił tylko około połowę ciężaru masy łodygi.

Badane gatunki różniły się istotnie również pod względem wielkości stosunku masy części nadziemnych (A) do masy korzeni (K). W czasie wegetacji wartość tego stosunku ulegała zwiększeniu, ale przyrost masy części nadziemnych w stosunku do przyrostu masy korzeni był znacznie szybszy u fasoli niż u słonecznika. I tak, u fasoli

Tabela 3 — Table 3

Niektóre wskaźniki rozmieszczenia suchej masy w roślinach fasoli i słonecznika
(Dośw. 1962 i 1964 r., średnie na 1 roślinę)

Some indexes of dry weight distribution in bean and sunflower plants.
(Experim. 1962 and 1964; averages per plant)

Dośw. Expt.	Wiek rośliny, dni Age of plant, days	A/B	C/B	A/P	Fazy wzrostu i rozwoju roślin Stages of vegetative and reproductive growth
1962	Fasola — Bean plants				
	17	1,60	0,57	0,47	Faza wzrostu pierwszego liścia trójdział. Growth of first trifoliate leaf
	23	1,51	0,50	0,49	Początek wzrostu 2-go liścia trójdziałnego Growth of 2 nd trifoliate leaf (initial)
	27	1,45	0,44	0,44	Faza dwóch liści trójdziałnych Stage of two trifoliate leaves
	37	1,40	0,41	0,42	Początek wzrostu 3-go liścia trójdział. The early growth of 3 rd trifoliate leaf
	48	1,42	0,43	0,51	Wzrost pędów bocznych. Początek kwit- nienia Growth of the side shoots. Flowering (initial)
	55	1,86	0,57	0,70	Kwitnienie (c. d.) Flowering (continuance)
	63	2,74	0,59	1,13	Faza wzrostu strąków i nasion Stage of pod and seed growths
	70	3,08	0,64	1,20	Początek dojrzewania strąków The beginning of ripeness of pods
1964	Fasola — Bean plants				
	16	1,41	0,36	0,42	Początkowa faza wzrostu III liści The initial stage in the growth of III leaves
	25	1,38	0,39	0,47	Początek wzrostu IV piętra liści The beginning of growth of IV leaves
	37	1,50	0,43	0,53	Początek kwitnienia i wzrost pędów bocznych. The beginning of flowering and growth of side shoots

1964	Słonecznik — Sunflower				
	16	1,53	0,59	0,62	Faza wzrostu III pary liści Growth of III pair of leaves
	25	2,21	1,27	0,98	Faza wzrostu IV—V pary liści Growth of IV—V leaves
	38	3,16	2,01	1,35	Wykształcanie kwiatostanów Development of the flower buds

Objaśnienia (Explications): A — Sucha masa cz. nadziemnych (w g) — Dry weight of aerial parts, (g); B — Sucha masa liści (w g) — Dry weight of leaves (g); C — Sucha masa łodygi (w g) — Dry weight of stem (g); P — Powierzchnia liści, ogółem (w dm²) — Total leaf area (dm²).

nawet po wykształceniu strąków, stosunek A/K był wyraźnie mniejszy niż w początkowej fazie wzrostu roślin słonecznika (tab. 4), mimo że, jak zaznaczono wyżej, ciężar suchej masy korzeni fasoli (wyrażony w wartościach bezwzględnych) przekraczał zawsze masę korzeni słonecznika.

Jeśli suchą masę korzeni wyliczono w procentach w stosunku do ogólnej masy rośliny, to udział korzeni fasoli, np. w wieku 31 dni, wynosił 19%, a korzeni słonecznika — 12%.

Wyniki oznaczeń zawartości wody (w stosunku do świeżej masy) w poszczególnych liściach badanych roślin — w dwóch okresach wegetacji — przedstawiono w tabeli 1 i 2. Oznaczenia te wykazały, że zawartość wody zmniejszała się nieco w określonym liściu w miarę jego starzenia się, niezależnie od terminu siewu rośliny. W badanych okresach wzrostu roślin obniżało się uwodnienie także pozostałych organów (łodyg, kwiatostanów itp.).

Przeciętna zawartość wody w częściach nadziemnych obniżyła się w ciągu 25 dni wzrostu w 1963 r. u fasoli z 85,7% na 82,8%, czyli ok. o 3%, a u słonecznika — z 90,6% na 85,6%, czyli o 5% w stosunku do świeżej masy tych roślin. Zawartość ta w 1964 r. w ciągu 24 dni wzrostu zmniejszyła się u fasoli z 86,1% na 84,2%, czyli o ok. 2%, u słonecznika zaś — z 85,2% na 82,0%, czyli o ok. 3% w odniesieniu do świeżej masy roślin.

Zarówno w 1963 r., jak i w pozostałych latach obserwowano u badanych roślin dwuliściennych wyraźne różnice we względnej (procentowej) zawartości wody w zależności od zlokalizowania liścia na roślinie, tzn. różnice między liśćmi dolnymi i górnymi. Najmniejszą procentową zawartością wody wyróżniały się liście najmłodsze, tj. podwierzchołkowe i wierzchołkowe. U dorosłej fasoli np. liście młodociane (I piętro rośliny) zawierały około 83%, a liście IV piętra (trójdzielne) — 78% wody (tab. 1). Podobne różnice stwierdzono w liściach

Tabela 4 — Table 4

Niektóre wskaźniki rozmieszczenia suchej masy w roślinach fasoli i słonecznika
(Dośw. 1963 r.; średnie na 1 roślinę)

Some indexes of dry weight distribution in bean and sunflower plants
(Experiment 1963; averages per plant)

Wiek rośliny, dni Age of plant days	A/B	C/B	A/K	A/P	Fazy wzrostu i rozwoju roślin Stages of vegetative and reproductive growth
Fasola — Bean plant					
18	1,40	0,41	2,95	0,45	Początek wzrostu 2-go liścia trójdzielnego The initial period of growth of 2nd trifoliate leaf
31	1,37	0,39	4,04	0,48	Rozwój pąków kwiatowych Development of the flower buds
43	1,55	0,50	4,70	0,55	Początkowa faza wykształcania strąków i nasion The beginning stage of pod and seed development
Słonecznik — Sunflower					
18	1,42	0,64	6,40	0,59	Faza trzech par liści Stage of third pair of leaves
31	2,85	1,77	7,15	1,08	Początek wykształcania kwiatostanów The beginning of the inflorescence development
43	3,20	1,91	9,02	1,33	Faza V par liści; początek kwitnienia Stage of fifth pair of leaves; the beginning of flowering

Objaśnienia (Explications): A, B, C, P — patrz objaśnienia w tab. 3 (see explications in tab. 3; K — Sucha masa korzeni (w g) — Dry weight of roots (g).

słonecznika, a mianowicie: liście I piętra roślin w wieku 37 dni wykazywały 86%, a liście V piętra (wierzchołkowe) — 81% wody (tab. 2).

Na ogół lodygi, szczególnie w starszym wieku, zawierały o 1—2% wody mniej niż liście dolne badanych roślin. Można dodać, że procentowa zawartość wody w górnej połowie lodygi — w okresie przed kwitnieniem roślin — była wyższa niż w dolnej, tzn. odwrotnie niż to zaobserwowano w kolejnych piętrach liści.

Różnice w stopniu uwodnienia jedynie samych liści między badanymi gatunkami nie były duże, niemniej jednak stwierdzono tenden-

cję większej procentowej zawartości wody w liściach fasoli niż słonecznika. Biorąc zaś pod uwagę stopień uwodnienia całych dorosłych roślin (liści łącznie z łodygą) więcej wody — w przeliczeniu na jednostkę ciężaru masy rośliny — zawierały części nadziemne słonecznika, a mniej — fasoli, ze względu na niejednakową procentową zawartość wody w łodydze.

Dane dotyczące szczegółowych oznaczeń procentowej zawartości wody, jak też powierzchni poszczególnych liści badanych roślin różnego wieku, otrzymane w wyniku doświadczenia 1963 r., zamieszczono w oddzielnej publikacji dotyczącej zmian w zawartości chlorofilów w liściach (Gej 1966).

Zmiany we względnej zawartości wody w poszczególnych liściach fasoli i słonecznika charakteryzowały się podobnymi prawidłowościami, jakie uprzednio stwierdzono w kolejnych piętrach liści pszenicy jarej (Gej 1962).

Zaobserwowane w niniejszej pracy różnice w intensywności wzrostu i w uwodnieniu liści, jak też i całych roślin w poszczególnych okresach wegetacji mogą być częściowo tłumaczone niejednakowymi warunkami meteorologicznymi w czasie przeprowadzania doświadczeń. Rośliny wysiane w późniejszym terminie, względnie rosnące w warunkach okresowo wyższej temperatury powietrza (np. w latach 1963 i 1964) szybciej wykształcały poszczególne swe organy i nieco szybciej dojrzewały (Dale, 1965).

Prawdopodobnie także mniejszy ciężar suchej masy z jednostki powierzchni tkanki liściowej roślin fasoli rosnących w 1964 r. w porównaniu z analogicznym ciężarem w 1962 r. był spowodowany m. in. różnicami w intensywności oświetlenia roślin (niejednakowa liczba dni słonecznych lub pochmurnych) w tych latach. Stąd należałoby wyciągnąć wniosek, że ściśle badania nad wzrostem roślin powinny być prowadzone w możliwie wszechstronnie kontrolowanych warunkach środowiska. Niestety, w okresie przeprowadzania niniejszych badań autor nie miał możliwości wykonania doświadczeń w komorach fitotronowych, lecz jedynie w warunkach hali wegetacyjnej.

Nasuwa się też pytanie, jakie mogły być fizjologiczne przyczyny większej produkcji masy roślinnej u słonecznika w porównaniu z produkcją u fasoli (pomijając względy uwarunkowane genetycznie w filogenezie), jeśli ogólna powierzchnia zielonych liści słonecznika (rosnącego w wazonach) była mniejsza niż u fasoli. Prawdopodobnie jedną z głównych przyczyn była wysoka intensywność asymilacji węgla przez liście słonecznika, o czym świadczy pośrednio wysoki wskaźnik przyrostu masy przypadającej na jednostkę powierzchni zielonych liści (tab. 3 i 4). Wyniki bezpośrednich oznaczeń asymilacji $^{14}\text{CO}_2$ (do-

tychczas nie opublikowanych) również potwierdziły przypuszczenie o większej intensywności fotosyntezy liści słonecznika niż fasoli.

Szybsze tempo wzrostu roślin słonecznika — w porównaniu z roślinami fasoli — mogło mieć też i inne przyczyny, które nie zostały wykryte w niniejszej pracy. Gaastra (1962) przeprowadził badania, z których wynika, że wielkość produkcji masy organicznej różnych gatunków roślin zależy m. in. od stopnia wykorzystania energii światła słonecznego. Ponadto, znaną jest rzeczą, że różnice w intensywności nagromadzania suchej masy przez rośliny mogą być uwarunkowane niejednakową szybkością zużywania tej masy w procesie oddychania. Ze względów technicznych w badaniach niniejszych nie zdołano jednak dokonać pomiarów porównawczych oddychania roślin fasoli i słonecznika.

Trudny też do wytłumaczenia jest fakt słabego wzrostu roślin słonecznika w wazonach użytych do doświadczeń. Można przypuszczać, że w tych warunkach normalny wzrost tego gatunku był ograniczany małą pojemnością wazonów i wielkość tych ostatnich nie stwarzała korzystnych warunków dla dobrego rozwoju systemu korzeniowego. To z kolei zaś było prawdopodobnie jedną z przyczyn wytwarzania stosunkowo małej masy części nadziemnych. Wydaje się jednak, że pełne wyjaśnienie opisanego zjawiska wymagałoby dalszych, dodatkowych badań.

STRESZCZENIE

W ciągu trzech okresów wegetacyjnych przeprowadzono doświadczenia wazony nad dynamiką wzrostu poszczególnych liści i całych roślin fasoli oraz słonecznika w warunkach hali wegetacyjnej. W odstępach 7—12-dniowych oznaczano suchą masę poszczególnych organów, procentową zawartość wody i powierzchnię zielonych liści (metodą fotokopii na papierze amoniakalnym i ważenia wyciętych odbitek).

W pierwszych trzech tygodniach wzrostu ciężar suchej masy słonecznika był mniejszy niż fasoli (ryc. 3). W późniejszych fazach rozwojowych, aż do dojrzewania roślin, dominował już wzrost słonecznika, mimo że ogólna powierzchnia asymilacyjna liści słonecznika była mniejsza niż u fasoli. Powierzchnia ta w początkowym okresie wykształcania kwiatostanów słonecznika wynosiła około 3 dm², u fasoli zaś — w fazie kwitnienia — ok. 5 dm² na roślinę. Maksymalną powierzchnię zbiorową zielonych liści rośliny fasoli osiągały po wykształceniu strąków, a rośliny słonecznika — w fazie wykształcania nasion.

W drugiej połowie okresu wegetacji stosunkowo duży procent suchej masy części nadziemnych słonecznika stanowiła masa łodygi (55—65%); u fasoli zaś udział łodygi w ogólnym ciężarze rośliny nie przekraczał wówczas 18—19%.

W roślinach fasoli stwierdzono też wyraźnie mniejsze wartości wskaźników przyrostu suchej masy części nadziemnych, w przeliczeniu na jednostkę powierzchni liści, w porównaniu z analogicznymi wskaźnikami u słonecznika (tab. 3 i 4).

Pojawianie się nowych liści na roślinach fasoli następowało w odstępach

9—13 dni, przy czym najintensywniejszy wzrost każdego liścia przebiegał w czasie pierwszych dwóch tygodni jego życia; u słonecznika okres intensywnego wzrostu poszczególnego liścia był krótszy. U obu gatunków dłuższy okres wzrostu miały liście dolne niż górne. W roślinach fasoli największą masą i powierzchnią wyróżniały się liście II piętra, tj. pierwsze liście trójdzielne (ryc. 4), u słonecznika zaś były to liście II i III piętra (ryc. 5).

Przeciętna sucha masa 1 dm² tkanki liścia fasoli była nieco mniejsza niż liści słonecznika. W miarę starzenia się roślin wielkość tego wskaźnika ulegała zwiększeniu; była ona także większa w liściach wyżej zlokalizowanych na łodydze (tab. 1 i 2).

Procentowa zawartość wody w poszczególnych liściach obu badanych gatunków była tym mniejsza, im liść pochodził z wyższego piętra rośliny; zawartość ta zmniejszała się nieco w każdym liściu wraz z wiekiem całej rośliny.

Autor dziękuje pani prof. dr H. Bireckiej za cenne sugestie wysunięte w czasie opracowywania wyników przeprowadzonych doświadczeń.

*Katedra Fizjologii Roślin SGGW
w Warszawie*

(Wpłynęło: dn. 29.III.1968 r.)

SUMMARY

Experiments on the dynamics of growth of particular leaves and of the whole bean and sunflower plants were carried out during three vegetation periods in greenhouse conditions. Dry weight of the particular plant organs, water content (%) and surface area of green leaves (using photocopy method and weighing of the paper copies) were determined at 7—12 day intervals.

In the first three weeks of growth the dry weight of sunflower plants was smaller than that of bean plants (fig. 3). At later stages of development up to ripeness the growth of sunflower dominated in spite of the fact that the total assimilatory leaf area of sunflower was smaller than that of bean plants. The total leaf surface area of sunflower at the beginning of the bud development period was approximately 3 dm², and in bean plants — at the flowering stage — about 5 dm² per plant. Bean plants attained the maximum total leaf green area after the development of pods, and sunflower plants — at the seed development stage.

In the second half of the plant growth period the dry weight percentage of the sunflower stem was relatively higher (55—65%) than that of any other aerial parts of the plant; the contribution of the stem dry weight to the total dry weight of the bean plant did not exceed 18—19%.

It was also found that in the aerial parts of bean plants the dry weight increment indexes — in reference to a unit of leaf surface area — were distinctly smaller in comparison with analogous indexes in sunflower (tab. 3 and 4).

New leaves on the bean plants appeared at 9—13 day intervals. Moreover, most intensive growth of every bean leaf was observed in the first two weeks of its life; in sunflower plants the particular leaf growth period was a little shorter. In both plant species the growth period of lower leaves was longer than that of the upper ones.

The highest dry weight and leaf area values were found in the 2nd leaves (first trifoliate leaves, see fig. 4) in bean plants, and in the 2nd and 3rd pair of leaves from the plant base in sunflower (fig. 5).

The average dry weight per unit surface area (1 dm^2) of leaf was somewhat smaller in bean plants than in sunflower. The value of this index increased with the plants age; it was also larger in the higher leaves of the stem (tables 1 and 2).

The relative water content (fresh weight %) in the particular leaves of both species examined was the smaller the higher the position of the leaf on the plant; it decreased a little in every leaf with ageing of the whole plant.

LITERATURA

- Birecka H., Skupińska J., Wojcieszka U., Zinkiewicz E., 1963. *Acta Soc. Bot. Pol.* 32 (2): 435—461.
- Birecka H., Dakić-Włodkowska L., 1966. *Acta Soc. Bot. Pol.* 35 (4): 637—662.
- Birecka H., Skupińska J., Bernstein I., 1967. *Acta Soc. Bot. Pol.* 36 (2): 387—409.
- Butler R. D., 1963. *J. Exp. Bot.* 14 (40): 142—152.
- Dale J. E., 1964. *Ann. Bot.* 28 (112): 579—589.
- Dale J. E., 1965. *Ann. Bot.* 29 (114): 293—308.
- Gaastra P., 1962. *Neth. J. Agric. Sci.* 10 (5): 311—324.
- Gej B., 1962. *Acta Soc. Bot. Pol.* 31 (4): 603—619.
- Gej B., 1966. *Acta Soc. Bot. Pol.* 35 (2): 209—224.
- Gej B., 1967. Wzrost i intensywność fotosyntezy liści różnego wieku niektórych roślin dwuliściennych. Warszawa Dz. Wyd. SGGW.
- Hodgson G. L., 1967. *Ann. of Bot. (London)* N. S. 31 (122): 291—308.
- Humphries E. C., Wheeler A. W., 1963. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 14: 385—410.
- Nicziporowicz A. A., 1955. Świetowe i ugleodnoje pitanie rastienij (fotosintez). Moskwa Izd. AN SSSR.
- Nicziporowicz A. A. (red.), 1963. Fotosintez i woprosy produktiwnosti rastienij. Moskwa Izd. AN SSSR.
- Rożniatowski I. I., 1954. *Bot. Żurnał* 39 (3): 419—420.
- Strebeiko P., Domańska H., Nelken D., 1961. *Roczn. Nauk Roln.* 90-D: 1—74.
- Strebeiko P., Madej L., 1963a. *Hod. Rośl. Aklim. i Nasien.* 7 (4): 391—402.
- Strebeiko P., Krzywacka T., Madej L., 1963b. *Hodowla Rośl. Aklim. i Nasien.* 7 (5): 475—479.
- Strebeiko P., Wisłocka M., Krzywacka T., 1963c. *Physiol. Plantar.* 16 (2): 359—367.
- Strebeiko P., Góra B., 1964a. *Biol. Plantar. (Praha)* 6 (2): 152—157.
- Strebeiko P., Rosiek N., 1964b. *Acta Agrobot.* 15: 13—20.
- Sunderland N., 1960. *J. Exp. Bot.* 11: 68—89.
- Więckowski S., 1966. *Acta Soc. Bot. Pol.* 35 (3): 437—443.