Dynamika wzrostu poszczególnych liści oraz całych roślin gryki i gorczycy jasnej w czasie wegetacji

Growth dynamics of buckwheat and white mustard leaves and of the whole plants
in the vegetation period

BRONISŁAW GEJ

Gryka i gorczyca jasna (biała) są cennymi roślinami uprawianymi prawie w całym kraju, chociaż ogólny areal ich uprawy jest stosunkowo niewielki. Grykę uprawia się przede wszystkim dla pozyskania ziarna do przerobu na zdrowe i smaczne kasze, gorczycę zaś — głównie dla otrzymania nasion, używanych jako przyprawy w gospodarstwie domowym lub jako surowiec w przemyśle tłuszczowym i farmaceutycznym.

Plon ziarna gryki, względnie plon nasion gorczycy zależy w dużym stopniu od przebiegu wzrostu tych roślin w czasie wegetacji, od wielkości aktywnej powierzchni asymilacyjnej ich liści, od nawożenia gleby itp. (K o m e n d a 1967; P i k u l 1962; R u s z k o w s k i 1965). Dotychczas nie przeprowadzono jednak systematycznych badań, które jednocześnie obejmowałyby charakterystykę wzrostu całych roślin i poszczególnych organów wymienionych gatunków. W literaturze naukowej niewiele jest również szczegółowych danych odnośnie wzrostu powierzchni kolejnych liści tych roślin w okresie ich wegetacji (H u m p h r i e s 1967; M i l t h o r p e 1956). Badania zaś dotyczące przebiegu wzrostu, względnie rozmieszczenia masy w ontogenezie niektórych innych gatunków roślin, zostały opisane m. in. przez B r o u w e r a (1962), G o o d a l l a (1945), S t r e b e y k ę ze współpracownikami (1965) i innymi.

METODYKA DOŚWIADCZEŃ

Celem niniejszych badań było bliższe poznanie dynamiki wzrostu masy niektórych organów i powierzchni asymilacyjnej liści poszczególnych pięter roślin gryki oraz gorczycy jasnej, rosnących w warunkach częściowo kontrolowanych. Analogiczne badania, lecz przeprowadzone z roślinami fasoli i słonecznika, zostały opracowane i opublikowane oddzielnie (G e j 1969).

Do opisanych niżej badań, prowadzonych w latach 1962—1965, użyto roślin gryki zwyczajnej (*Fagopyrum esculentum* Mnch.), populacji miejscowej IUNG w Puławach oraz gorczycy jasnej (*Sinapis alba* L.) zwanej też gorczycą białą, odm. 'Borowska'.

Ziarna gryki i nasiona gorczycy wysiewano do piasku w wazonach o pojemności 1,1 l. Skład stosowanej przedsięwzięcia pożywki mineralnej (w przeliczeniu na 1 wazon) był następujący: 0,05 g N, 0,04 g P_2O_5 , 0,05 g K_2O , 0,02 g MgO i 0,03 g CaO. Po 10 dniach od skielkowania stosowano pogłównie drugą dawkę azotu, również 0,05 g N na 1 wazon.

Grykę wysiewano w czterech, a gorczycę — w trzech okresach wegetacyjnych. Terminy siewu gryki i jej wschody były następujące: w 1962 r. — 20 i 23.IV, w latach 1963—1964 — 9 i 13.V oraz w 1965 r. — 7 i 11.VII; analogicznie dla gorczycy: w latach 1963—64 — 10 i 13.V oraz w 1965 r. — 7 i 11.VII, podobnie jak u gryki.

Przez cały okres wzrostu wazony z roślinami doświadczalnymi znajdowały się w hali wegetacyjnej SGGW. W okresie intensywnego wzrostu rośliny podlewano codziennie wodą wodociągową, utrzymując wilgotność podłoża na poziomie 60% pełnej kapilarnej pojemności wodnej. Rejestrowano przy tym temperaturę otoczenia i daty rozwijania się poszczególnych liści na pędzie głównym; notowano również terminy zakwitania roślin oraz wykształcania i dojrzewania nasion.

Wiek całych roślin (w dniach) liczono od daty wschodów, a wiek kolejnych liści (licząc od podstawy pędów) — od dnia pojawienia się ich na roślinie. W czasie wegetacji, co 6—11 dni, ścinano po 4 rośliny każdego gatunku i oznaczano świeżą oraz suchą masę (w 105°C) poszczególnych organów w częściach nadziemnych oraz masę wymytych z piasku korzeni (w latach 1963—65); jednocześnie, na podstawie ciężaru fotokopii tych liści wyciętych z światłoczułego papieru amoniakalnego, mierzono powierzchnię asymilacyjną oddzielnych liści.

Warunki meteorologiczne, jakie wystąpiły w okresie wzrostu badanych roślin w latach 1962—1964, opisano w pracy z fasolą i słonecznikiem (Gej 1969); natomiast w 1965 r. notowano stosunkowo niską temperaturę w dniach 1—15.VIII (średnia pentadowa — 13,7°) oraz od 9 do 13.VIII (temperatura średnia — 13,3°C). Najwyższa średnia dzienna temperatura była od 15 do 19.VII (20,2°) oraz od 4 do 8.VIII (19,3°C).

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone w kilku okresach wegetacyjnych systematyczne oznaczenia suchej masy poszczególnych organów oraz analizy powierzchni zielonych liści u gryki i gorczycy umożliwiły prześledzenie i opisanie dynamiki wzrostu oraz rozmieszczenia masy w tych roślinach, głównie w okresie ich intensywnego wzrostu.

W niniejszej pracy przedstawiono tylko niektóre wyniki doświadczeń z 1962, 1964 i 1965 r. Nie zamieszczono natomiast analiz dotyczących przebiegu wzrostu badanych roślin w okresie wegetacji 1963 r., bowiem przebieg ten w przybliżeniu był analogiczny jak w doświadczeniu 1964 r.; ponadto niektóre wyniki doświadczenia 1963 r. (m. in. zmiany wielkości powierzchni liści i zawartości wody w tych liściach) zostały omówione w odrębnej publikacji (G e j 1966).

Wyniki doświadczeń 1962 r. dotyczące przebiegu wzrostu różnych części nadziemnych roślin gryki zobrazowano na ryc. 1. Na ryc. 2 zaś przedstawiono wzrost powierzchni asymilacyjnej poszczególnych liści u tej rośliny. Przez pierwsze trzy tygodnie po wschodach przyrost masy części nadziemnych gryki był stosunkowo niewielki, prawdopodobnie wskutek wystąpienia wówczas okresu chłódów; średnia dzienna temperatura powietrza spadała bowiem w tym okresie nawet poniżej 6°C.

Ryc. 1. Wzrost suchej masy części nadziemnych (w mg na roślinę) i ogólnej powierzchni asymilacyjnej liści (w cm² na roślinę) u gryki. Doświadczenie 1962 r.

1 — ogólna sucha masa części nadziemnych; 2 — sucha masa łodygi łącznie z kwiatostanami; 3 — sucha masa zielonych liści; 4 — powierzchnia zielonych liści

Fig. 1. Growth of shoot dry weight (mg. per plant) and total leaf assimilatory surface area (cm² per plant) in buckwheat plants. Experiment 1962

1 — Dry weight of above-ground parts (total); 2 — dry weight of stem and inflorescences; 3 — dry weight of green leaves; 4 — surface area of green leaves

Ryc. 2. Wzrost suchej masy (w mg) i powierzchni (w cm^2) poszczególnych liści gryki. Doświadczenie 1962 r.

Objaśnienia: Odległości pionowe między liniami oznaczają zmiany średnich wielkości suchej masy (A) i powierzchni (B) kolejnych liści w czasie wegetacji rośliny; linie kropkowane — przypuszczalny przebieg wzrostu masy liścia od początku pojawienia się go na roślinie; 2l — dwa liścienie; I, II... — n-ry kolejnych liści; Lpb — liście pędów bocznych; średnie z 4 roślin

Fig. 2. Dry weight (mg) and surface area (cm^2) increment of particular leaves on the buckwheat plant. Experiment 1962

Explanation: The vertical distances between the lines indicate the changes of mean dry weight values (A) and surface area (B) in successive leaves during vegetation period. The dotted lines — probable growth course of leaf dry weight from the beginning of leaf unfolding on the plant; 2l — two cotyledons; I, II... — Nos of successive leaves; Lpb — leaves of side shoots; averages from 4 plants

Ciężar suchej masy łodyg tych roślin we wczesnym okresie ich wzrostu był niższy od masy liści. Intensywny wzrost całych roślin obserwowano w ciągu następnych czterech tygodni; po siedmiu tygodniach rośliny gryki osiągnęły już swą końcową wielkość, przekwitły i wykształciły nasiona. Powierzchnia asymilacyjna przestała wówczas się zwiększać, a ciężar suchej masy łodygi (łącznie z kwiatostanami) przekroczył więcej niż dwukrotnie masę zielonych liści.

Ogólny obraz krzywej wzrostu roślin gryki w latach następnych (ryc. 3) był podobny do obrazu opisanego powyżej; w 1964 i 1965 r. nie stwierdzono jednak wyraźnego osłabienia intensywności wzrostu w po-

Ryc. 3. Porównanie przebiegu wzrostu suchej masy (w mg na roślinę) gryki i gorczycy w 1964 i 1965 r.

Gryka: 1 — sucha masa całej rośliny, 2 — sucha masa łodygi łącznie z kwiatostanami, 3 — sucha masa korzeni. Gorczyca: 4 — sucha masa całej rośliny, 5 — sucha masa łodygi łącznie z kwiatostanami, 6 — sucha masa korzeni

Fig. 3. Comparison of dry weight increment (mg per plant) in buckwheat and white mustard plants in 1964 and 1965

Buckwheat plant: 1 — dry weight of whole plant, 2 — dry weight of stem and inflorescences, 3 — dry weight of roots. White mustard plant: 4 — dry weight of whole plant, 5 — dry weight of stem with inflorescences, 6 — dry weight of roots

czątkowym okresie wegetacji, prawdopodobnie ze względu na inne warunki meteorologiczne niż w 1962 r. Ponadto w 1964 r. ogólna powierzchnia asymilacyjna zielonych liści — w okresie intensywnego wzrostu roślin — była znacznie wyższa (ryc. 4) niż w pozostałych latach badań. Powierzchnia ta, w zależności od przeprowadzonych doświadczeń, wahała się od 1,6 do 2,4 dm² w przeliczeniu na 1 roślinę; w warunkach polowych przy średniej rozstawie rzędów sięga ona 5—6 dm², a przy bardzo rzadkiej — nawet 10—13 dm² na roślinę (K o m e n d a 1967).

Jedną z charakterystycznych cech wzrostu i rozwoju gryki jest wykształcanie ulistnionych pędów bocznych w kątach 1, 2 oraz 3, a niekiedy i 4 liścia na pędzie głównym. W warunkach optymalnych ogólna masa tych pędów w okresie kwitnienia rośliny jest równa masie pędu głównego. Zmiany wielkości powierzchni asymilacyjnej gryki zależą więc w dużej mierze od liczby i stopnia rozwoju liści na pędach bocznych. W miarę wzrostu roślin sumaryczna powierzchnia tych liści powiększa

Ryc. 4. Porównanie przebiegu wzrostu suchej masy (w mg na roślinę) i ogólnej powierzchni asymilacyjnej (w cm^2 na roślinę) liści gryki i gorczycy w 1964 i 1965 r. Gryka: 1 — ogólna sucha masa liści, 2 — ogólna powierzchnia zielonych liści. Gorczyca: 3 — ogólna sucha masa liści, 4 — ogólna powierzchnia zielonych liści

Fig. 4. Comparison of course of dry weight increment (mg per plant) and total assimilatory area (cm^2 per plant) of leaves on buckwheat and white mustard plants in 1964 and 1965

Buckwheat plant: 1 — total dry weight of leaves, 2 — total surface area of green leaves. White mustard plant: 3 — total dry weight of leaves, 4 — total surface area of green leaves.

się i np. w fazie kwitnienia gryki w 1964 r. wynosiła ona blisko 30% całkowitej powierzchni asymilacyjnej rośliny, a w fazie brunatnienia nasion — około 40%. Przy rzadkim siewie w warunkach połowych procentowy udział zielonej powierzchni liści pędów bocznych w ogólnej powierzchni asymilacyjnej rośliny prawdopodobnie jest jeszcze większy.

Stwierdzono też, że udział masy liści pędu głównego zmniejszał się z wiekiem roślin gryki z około 60% (w fazie trzech liści) do 20% (w fazie brunatnienia nasion) w stosunku do ogólnej masy części nadziemnych.

Porównując obraz krzywych przedstawionych na ryc. 3 i 4 można przypuszczać, że wzrost powierzchni asymilacyjnej gryki ustaje wówczas, gdy masa korzeni zaczyna się zmniejszać, a więc gdy następuje ich obumieranie. W tym okresie obserwuje się też żółknięcie, a następnie zasychanie i opadanie liści dolnych pędu głównego. Masa korzeni osiągała

swą maksymalną wielkość po 34—38 dniach wegetacji; masa ta stanowiła wówczas około 10—12% ogólnej suchej masy rośliny. W 1964 r. masa korzeni, podobnie jak i masa części nadziemnych, była większa niż w 1965 r. Należy podkreślić, że w 1965 r. grykę wysiano dopiero w lipcu; rosła więc ona w nieco odmiennych warunkach meteorologicznych i fotoperiodycznych niż w poprzednich latach doświadczeń.

W roślinach gryki kolejne liście na pędzie głównym pojawiają się przeciętnie co 4—6 dni (ryc. 2 i 5). Pierwsze trzy—cztery liście (I—III, IV piętra — licząc od podstawy rośliny) wykształcają się jeszcze przed pojawieniem się pędów bocznych. Od rozmiarów tych liści zależy więc wtedy wielkość powierzchni asymilacyjnej całej rośliny. W tym okresie organami asymilującymi są również liścienie, które utrzymują się zielone przez około 4—5 tygodni życia rośliny. Pod względem wielkości powierzchni są one w przybliżeniu równe dorosłemu trzeciemu liściowi.

W okresie intensywnego wzrostu gryki, gdy następuje zawiązywanie pączków kwiatowych, powierzchnia pierwszych dwóch liści pędu głównego wynosi 30—40% ogólnej powierzchni asymilacyjnej rośliny, a pod koniec okresu kwitnienia — około 25% tej powierzchni. Udział procentowy powierzchni liści I i II piętra zmniejsza się stopniowo z wiekiem rośliny, przede wszystkim ze względu na wzrastający udział powierzchni liści pędów bocznych (tab. 1 i 2).

Liście górne (od V do VIII węzła na pędzie głównym) rozwijają się na początku drugiej połowy okresu życia rośliny i nie osiągają nigdy tych rozmiarów, co liście dolne. W okresie kwitnienia sumaryczna powierzchnia tych liści nie przekraczała około 10—15% ogólnej powierzchni wszystkich zielonych liści. Można dodać, że w górnej części pędu gryki (podobnie i u gorczycy) kolejne liście mają stopniowo coraz to mniejsze blaszki i krótsze ogonki, dzięki czemu liście dolne w stosunkowo małym stopniu są zasłaniane przez liście wyżej położone.

W warunkach przeprowadzonych doświadczeń dolne i środkowe liście gryki (I—V piętra rośliny) pozostawały w pełni zielone przez około 4—5 tygodni, podczas gdy liście górne — przez 3—4 tygodnie. Biorąc więc pod uwagę wielkość powierzchni asymilacyjnej i długość życia poszczególnych liści gryki można przypuszczać, że w pierwszej połowie okresu intensywnego wzrostu tej rośliny liście dolne, a szczególnie liście I i II piętra, odgrywają istotną rolę w produkcji masy organicznej; w okresie późniejszym coraz bardziej pod tym względem zwiększa się rola liści pędów bocznych.

Z danych zamieszczonych w tab. 1 i 2 wynika również, że liście dolne i środkowe na pędzie głównym oraz liście pędów bocznych wykazywały większy ciężar suchej masy 1 dm² niż liście górne. Największą jednak wartość tego wskaźnika stwierdzono w liścieniach. Warto również zazna-

Tabela 1 — Table 1

Charakterystyka poszczególnych liści gryki różnego wieku

Doświadczenie 1962; średnie z 4 roślin

The characteristic of particular leaves in buckwheat plants of various age
Experiment 1962; averages from 4 plants

Nr liścia (od podstawy rośliny) No. of leaf	Wiek liścia dni Age of leaf days	Sucha masa jedn. pow. Dry weight of surfa- ce area unit g/dm ²	Zawar- tość wody Water content %	% ogół- nej po- wierzch. asymil. liści*** % of total assimil. area of leaves***	Wiek liścia dni Age of leaf days	Sucha masa jedn. pow. Dry weight of surfa- ce unit g/dm ²	Zawar- tość wody Water content %	% ogół- nej po- wierzch. asymil. liści*** % of total assimil. area of leaves***	Wiek rośliny — Age of plant			
									17 dni — days	23 dni — days	26 dni — days	
IV	—	—	—	—	—	—	—	—	4	0,26	83,8	8,1
III	2	0,23	88,8	6,7	7	0,25	86,8	13,8	10	0,27	85,7	17,7
II	6	0,24	89,7	30,4	11	0,27	87,1	29,7	15	0,28	86,8	24,4
I	11	0,24	90,8	36,8	17	0,28	88,2	34,0	20	0,28	87,5	31,3
L*	16	0,31	91,0	26,1	22	0,33	89,0	22,5	25	0,34	88,7	18,5
49 dni — days												
Lpb**	12	0,28	81,4	17,7	21	0,30	80,8	26,8	24	0,32	80,3	27,8
VII	—	—	—	—	—	—	—	—	6	0,28	77,8	1,9
IV	7	0,26	78,4	2,3	14	0,27	78,1	3,6	16	0,29	78,3	3,5
V	13	0,28	78,9	5,7	20	0,29	79,0	7,3	22	0,30	79,1	8,4
IV	16	0,29	81,8	9,5	25	0,30	80,9	10,0	27	0,31	80,4	9,6
III	21	0,29	83,7	15,5	29	0,31	83,1	14,1	31	0,32	82,8	14,0
II	26	0,28	85,6	20,9	34	0,31	84,8	20,4	37	0,32	83,9	19,1
I	31	0,23	86,5	19,3	39	0,30	86,2	17,8	42	0,31	85,8	15,7
L*	36	0,34	87,6	9,1	—	—	—	—	—	—	—	—

* Liscienie — Cotyledons;

** Liście pedów bocznych — Leaves of side shoots;

*** Powierzchnia liścia, wyrażona w % w odnie-

sieniu do ogólnej powierzchni asymilacyjnej liści na roślinie, przyjętej za 100%. — Leaf surface area (%) in relation to total assimilatory area of leaves on the plant — accepted as 100%.

Tabela 2 — Table 2

Charakterystyka poszczególnych liści gryki różnego wieku
 Doświadczenie 1964 r.; średnie z 4 roślin
 Characteristic of particular leaves in buckwheat plants of various age
 Experiment 1964; averages — from 4 plants

Nr liścia No. of leaf (from base of plant)	Wiek liścia dni Age of leaf days	Sucha masa jedn. pow. Dry wt. of surfa- ce unit g/dm ²	Zawar- tość wody Water content %	% ogólnej pow. asymil. liści % of total assimil. area of leaves	Wiek liścia dni Age of leaf days	Sucha masa jedn. pow. Dry wt. of surfa- ce unit g/dm ²	Zawar- tość wody Water content %	% ogólnej pow. asymil. liści % of total assimil. area of leaves
Wiek rośliny — Age of plant								
16 dni — days					25 dni — days			
Lpb**	—	—	—	—	6—8	0,26	83,8	20,4
VI	—	—	—	—	5	0,23	83,6	5,8
V	—	—	—	—	8	0,24	84,9	7,9
IV	—	—	—	—	10	0,25	86,4	12,1
III	5	0,20	88,0	17,5	13	0,25	87,3	13,8
II	8	0,22	88,9	29,8	17	0,26	88,1	17,0
I	11	0,24	89,4	31,6	20	0,26	88,3	15,0
L*	15	0,36	90,3	21,1	24	0,38	89,0	8,0
34 dni — days					42 dni — days			
Lpb**	14—18	0,27	83,5	31,2	21—26	0,28	82,0	40,1
VIII	—	—	—	—	7	0,24	79,8	1,2
VII	6	0,23	81,7	2,2	14	0,25	80,5	2,5
VI	13	0,24	82,5	5,2	20	0,26	81,1	4,8
V	16	0,25	84,1	9,3	24	0,27	82,3	7,0
IV	19	0,26	85,2	11,6	27	0,27	83,4	9,1
III	22	0,26	86,2	12,6	30	0,28	84,0	11,1
II	26	0,27	87,4	15,3	33	0,28	84,8	13,5
I	29	0,27	88,0	12,8	37	0,27	85,3	10,7

* Liścienie — Cotyledons;

** Liście pędów bocznych — Leaves of the side shoots.

czyć, że ciężar jednostki powierzchni każdego liścia zwiększał się w miarę starzenia rośliny. W doświadczeniu 1962 r. średnia wielkość tego wskaźnika, obliczona dla liści całej rośliny, różniła się niewiele od pomiarów dokonanych w tym zakresie w 1964 r., natomiast w 1965 r. — była nieco mniejsza. Zmiany tej wartości wskazują pośrednio na istnienie różnic w grubości określonych liści.

Jeśli chodzi o rośliny gorczycy, to w analogicznych warunkach wzrostu wykazywały one słabszy przyrost i miały zawsze mniejszą ogólną masę niż gryka. Różnice te powiększały się z wiekiem roślin (ryc. 3) i wynikały głównie ze słabszego tempa wzrostu masy i powierzchni liści

gorczycy (ryc. 4) w porównaniu z intensywnością wzrostu liści gryki. W warunkach przeprowadzonych doświadczeń ogólna powierzchnia zielonych liści gorczycy powiększała się głównie w pierwszej połowie jej okresu wegetacyjnego. Pod koniec kwitnienia i w początkowym okresie wzrostu łuszczyń powierzchnia ta nie przekraczała $1,3 \text{ dm}^2$ na roślinę.

Ryc. 5. Wzrost suchej masy (w mg — A) i powierzchni (w cm^2 — B) poszczególnych liści gryki. Doświadczenie 1964 r.

Objaśnienia dodatkowe — patrz ryc. 2

Fig. 5. Dry weight (mg — A) and surface area (cm^2 — B) of particular leaves in buckwheat plant. Experiment 1964

For additional explanations — see Fig. 2

W okresie kwitnienia zarówno sucha masa jak i ogólna powierzchnia zielonych liści była więc prawie dwukrotnie mniejsza u gorczycy niż u gryki. W odróżnieniu od gryki — gorczyca bowiem wykształcała w późniejszym okresie wzrostu w kątach górnych liści tylko bardzo małe ulistnione pędy boczne, których powierzchnia asymilacyjna nie przekraczała 10% ogólnej powierzchni zielonych liści na roślinie.

Należy zaznaczyć, że na podstawie przebiegu krzywych przedstawionych na ryc. 4 można stwierdzić, iż w początkowym okresie wzrostu roślin gryki szybkość powiększania się rozmiarów powierzchni asymilacyjnej liści dominowała nad szybkością przyrostu ich masy; w późniejszym zaś okresie dominowało już szybsze tempo wzrostu masy tych liści. Natomiast u gorczycy przez cały okres intensywnego wzrostu roślin tempo przyrostu ogólnej powierzchni asymilacyjnej liści było słabsze od tempa zwiększania się ich masy.

W późniejszych fazach rozwoju gorczycy większość masy tej rośliny przypada na masę łodygi i części generatywne (kwiatostany, łuszczyzny i nasiona). Wzrost masy łodyg (łącznie z kwiatostanami) u gryki i u gorczycy miał na ogół podobny przebieg i w przybliżeniu ciężar suchej masy tych organów był równy u obu badanych gatunków (ryc. 3). Masa korzeni zaś, początkowo mniejsza u gorczycy, w drugiej połowie okresu wegetacji przekraczała nieco masę korzeni gryki; fakt ten wskazuje pośrednio na wolniejsze obumieranie korzeni gorczycy niż gryki. Należy jednak zaznaczyć, że stosowana metoda wydobycia korzeni z piasku w wazonach jest mało dokładna i wobec tego uzyskane wyniki dotyczące wielkości masy korzeni badanych roślin obarczone są dużymi błędami.

Gorczyca (podobnie jak gryka) odznacza się stosunkowo krótkim okresem wegetacyjnym, szczególnie gdy jest siana w późnym terminie (patrz doświadczenie 1965 r.); w warunkach długiego dnia liście gorczycy wcześniej żółkną i cała roślina dojrzewa względnie szybko. Według Berniera (1963) gorczyca dla przejścia w fazę generatywną wymaga fotoindukcji następującej w warunkach nawet pojedynczego cyklu długiego dnia — krótkiej nocy, a więc pod względem fotoperiodycznym jest typową rośliną dnia długiego.

Z ryc. 6 wynika, że podstawową powierzchnię asymilacyjną tej rośliny stanowiły liście dolne, tj. liście wykształcone w pierwszych pięciu węzłach. Nawet na początku drugiej połowy okresu wegetacji powierzchnia każdego z tych liści przekraczała 10% sumarycznej powierzchni zielonych liści na roślinie (tab. 3). Najszybciej rosły oraz największą masę i powierzchnię osiągały liście III i IV piętra (ryc. 6); prawdopodobnie więc u gorczycy liście tych pięter odgrywają zasadniczą rolę w produkcji masy organicznej. Humphries (1967), który badał wzrost liści gorczycy w stałej temperaturze i w warunkach sztucznego oświetlenia stwierdził, że największą powierzchnię miały liście IX piętra oraz że w tych warunkach gorczyca wykształcała blisko dwukrotnie więcej liści na roślinie niż w warunkach omawianych doświadczeń własnych.

Jak wiadomo, kolejne liście położone w górnej części łodygi gorczycy są coraz mniejsze, ale liczba komórek na jednostce powierzchni nie

Tabela 3 — Table 3

Charakterystyka poszczególnych liści gorczycy różnego wieku

Doświadczenie 1964 i 1965 r.; średnie z 4 roślin

The characteristic of particular leaves in white mustard plants at different age

Experiment 1964 and 1965; averages — from 4 plants

Dośw.	Nr liścia No. of leaf (from base of plant)	Wiek roślin — Age of plants											
		16 dni — days		27 dni — days		40 dni — days		39 dni — days		30 dni — days		39 dni — days	
Exp.	Wiek liścia dni Age of leaf days	Sucha masa jedn. pow. Dry weight of surfa- ce unit g/dm ²	Zawar- tość wody Water content %	% ogólnej pow. asymil. liści % total assimil. area of leaves	Wiek liścia dni Age of leaf days	Sucha masa jedn. pow. Dry weight of surfa- ce unit g/dm ²	Zawar- tość wody Water content %	% ogólnej pow. asymil. liści % total assimil. area of leaves	Wiek liścia dni Age of leaf days	Sucha masa jedn. pow. Dry weight of surfa- ce unit g/dm ²	Zawar- tość wody Water content %	% ogólnej pow. asymil. liści % total assimil. area of leaves	
1964	Lpb**	—	—	—	—	—	—	—	6—11	0,33	81,0	10,1	
	VIII .	—	—	—	—	—	—	—	12	0,31	78,8	2,3	
	VII	—	—	—	6	0,30	84,5	5,9	17	0,32	80,1	6,6	
	VI	—	—	—	9	0,31	85,6	8,9	21	0,32	81,4	8,9	
	V	2	0,28	86,2	6 5	0,30	86,0	12,9	24	0,31	82,8	12,0	
	IV	4	0,26	86,7	13,9	0,28	86,3	15,8	28	0,30	83,7	15,5	
	III	7	0,25	88,1	22,2	0,27	87,2	17,3	30	0,28	84,5	16,4	
	II	9	0,25	88,6	25,0	0,26	87,9	16,9	32	0,27	86,7	15,8	
1965	I	12	0,24	89,4	20,4	0,25	88,6	13,9	34	0,26	87,6	12,4	
	L*	15	0,35	90,0	12,0	0,40	87,8	8,4	—	—	—	—	
	—	17 dni — days		30 dni — days		39 dni — days		30 dni — days		39 dni — days		39 dni — days	
	Lpb**	—	—	—	—	—	—	—	7—10	0,36	80,5	7,2	
	VIII	—	—	—	—	—	—	—	9	0,34	79,4	2,1	
	VII	—	—	—	8	0,33	81,5	4,3	17	0,35	80,3	3,6	
	VI	—	—	—	11	0,34	82,7	8,1	20	0,33	81,2	8,3	
	V	—	—	—	14	0,33	83,6	14,4	23	0,33	82,5	14,8	
1965	IV	3	0,29	86,3	7,0	0,32	84,8	20,7	26	0,31	83,6	18,9	
	III	5	0,30	86,9	14,2	0,31	86,1	17,6	28	0,30	85,1	17,8	
	II	9	0,29	87,8	32,8	0,29	86,8	15,2	31	0,28	86,2	15,0	
	I	11	0,27	89,3	30,5	0,27	88,2	14,1	33	0,26	87,8	12,3	
	L*	16	0,36	91,0	15,5	0,41	89,4	5,6	—	—	—	—	

* Liścienie — Cotyledons

** Liście pedów bocznych — Leaves of the side shoots

Ryc. 6. Wzrost suchej masy (w mg — A) i powierzchni (w cm² — B) poszczególnych liści gorczycy. Doświadczenie 1964 r.

Inne wyjaśnienia — jak na rys. 2

Fig. 6. Dry weight (mg — A) and surface area (cm² — B) increment of particular leaves of white mustard plant. Experiment 1964

Other explanations — as on Fig. 2

uległa zmniejszeniu (Milthorpe 1956). Na podstawie wyników badań Humphriesa (1967) można przypuszczać, że stopniowe zmniejszanie się powierzchni liści górnych w kierunku wyżej położonych węzłów na łodydze gorczycy i jednocześnie zmniejszanie się wielkości komórek tych liści zależy nie od działania warunków zewnętrznych w okresie wzrostu rośliny, lecz głównie od wpływu bliżej nieznanych czynników wewnętrznych.

Pomiary powierzchni liści górnych (liście VI—VIII piętra gorczycy) wykazały, że nie przekracza ona 18—20% ogólnej powierzchni asymilacyjnej wszystkich liści. Liście górne traciły swą aktywność fotosyntetyczną i stawały się żółte po około 20 dniach fotosyntezy, liście dolne i środkowe — po około 22—23 dniach, a liścienie żółkły przeciętnie po 25 dniach swego życia. Zarówno w roślinach gryki, jak i gorczycy liście dolne zaczynają żółknąć dopiero po rozwinięciu się liści górnych. Pod tym względem rośliny te różnią się od roślin zbożowych, u których dolne liście tracą zielone zabarwienie i usychają przed wykształceniem się najmłodszych liści górnych (Strebecko i in. 1965).

Stwierdzono, że grubość blaszek liściowych gorczycy jest podobna do grubości liści gryki. Maksymalny ciężar suchej masy 1 dm^2 liścia na pędzie głównym u gorczycy wynosił 0,35 g, a liścieni — 0,41 g (tab. 3). Wartość liczbowa tego wskaźnika z reguły była tym większa im liść był wyżej zlokalizowany na łodydze, a więc odwrotnie niż u gryki. W roślinach gryki i gorczycy omawiana wartość zwiększała się w miarę starzenia określonego liścia na roślinie. Wartość ta u gorczycy ulegała jednak pewnemu zmniejszeniu, gdy następowało żółknięcie liścia.

W okresie intensywnego wzrostu badanych roślin stwierdzono podobne prawidłowości w zmianach procentowej zawartości wody w liściach (tab. 1, 2 i 3), jakie zaobserwowano też u innych roślin dwuliściennych (Gej 1969). Zawartość ta w poszczególnych liściach, a także w łodygach, kwiatostanach itd., ulegała stopniowemu zmniejszaniu się z wiekiem roślin. Uwodnienie liści było różne w zależności też od położenia ich na łodydze i zmniejszało się stopniowo w liściach rozwijających się w wyżej położonych węzłach rośliny. Liście górne, młodsze wiekiem, zawierały więc mniej wody (w % świeżej masy) niż liście dolne, starsze, nawet wówczas gdy te ostatnie zaczynały już żółknąć. Różnica ta była dość znaczna, bowiem u gryki w wieku 46 dni (tab. 1) uwodnienie liści najniżej położonych było o 8,1% większe niż liści rozwiniętych w najwyższym węźle tej rośliny; u gorczycy w wieku 40 dni (tab. 3) wartość ta wynosiła 8,8%.

Należy zanotować również, że w okresie intensywnego wzrostu górne części łodygi wykazywały na ogół nieco większą procentową zawartość wody niż części dolne. Uwodnienie kwiatostanów przekraczało zaś w tym okresie zawartość wody (w %) w łodydze.

Na podstawie wyników zamieszczonych w tab. 4 i 5 można stwierdzić, że w miarę wzrostu badanych roślin sucha masa wszystkich części nadziemnych (A) przypadająca na jednostkę suchej masy liści (B) była coraz większa. Omawiane wskaźniki rozmieszczenia suchej masy u gorczycy miały wyższe wartości liczbowe niż u gryki; na przykład po 6 tygodniach wzrostu gorczycy stosunek A/B wynosił w przybliżeniu 5,3, a u gryki w takim samym wieku — około 3,6. Podobnie, choć mniej wyraźnie, kształtowały się zmiany stosunku A/P , tj. zmiany ciężaru suchej masy pędów nadziemnych przypadającej na jednostkę powierzchni liści (P).

Stopniowe zmiany stosunku masy poszczególnych części rośliny w czasie jej wzrostu i rozwoju oznaczają, że intensywność wzrostu tych części jest różna. Większe wartości stosunku A/P stwierdzone w roślinach gorczycy wynikały z szybkiego przyrostu masy łodyg i kwiatostanów i ze stosunkowo słabszego przyrostu powierzchni blaszek liściowych; w analogicznych warunkach doświadczalnych gryka wykazywała mniej-

Tabela 4 — Table 4

Niektóre wskaźniki rozmieszczenia suchej masy w roślinach gryki
Wartości średnie (na 1 roślinę) z dośw. 1962—1965 r.

Some indexes of dry matter distribution in buckwheat plants
Mean values (per plant) from experiments 1962—1965

Wiek rośliny dni Age of plant days	A/B	A/K	A/P	Łodyga* Stem* %	Faza wzrostu i rozwoju rośliny Growth and development stage of plant
16	1,51	5,10	0,43	34,2	Wzrost trzeciego liścia Growth of third leaf
22	1,87	4,40	0,50	46,5	Faza czterech liści. Początek wykształcania kwiatostanów i p. bocznych Leaf IV. The beginning in the development of inflorescences
26	2,28	4,65	0,63	55,6	Początek okresu kwitnienia Beginning of bloom time
31	2,73	4,90	0,81	60,5	Pełne kwitnienie Full bloom
38	3,10	5,30	0,95	66,7	Końcowy okres kwitnienia Final flowering period
46	3,60	6,10	1,27	71,5	Wykształcenie nasion Seed development
55	3,25	8,20	1,18	76,8	Dojrzewanie nasion. Żółknięcie dolnych liści Ripening of seeds. Low leaves become yellow

Objaśnienia — Explications:

A — Sucha masa pędów (w g) — Dry weight of shoots (g)

B — Sucha masa liści (w g) — Dry weight of leaves (g)

K — Sucha masa korzeni (w g) — Dry weight of roots (g)

P — Powierzchnia zielonych liści (w dm²) — Surface area of green leaves (dm²)

* Sucha masa łodygi (łącznie z kwiatostanami) w stosunku do ogólnej suchej masy pędów nadziemnych, przyjętej za 100%;

* Dry matter of stem (with inflorescences) in relation to total dry matter of shoots, accepted as 100%

sze wartości stosunku suchej masy łodyg do masy liści niż gorczyca, przy czym procentowy udział masy łodyg (łącznie z kwiatostanami) w ogólnej masie pędów nadziemnych był z reguły także mniejszy w roślinach gryki. Zmiany wielkości wskaźnika A/B oraz A/P wskazują, że w okresie intensywnego wzrostu gorczycy występował (w przeliczeniu zarówno na suchą masę, jak i na powierzchnię liści) stosunkowo szybki przyrost masy tej rośliny. Można więc przypuszczać, że gorczyca odznacza się we wczesnych fazach rozwojowych większą produktywnością fotosyntezy niż gryka. Stwierdzona wyższa intensywność fotosyntezy

Tabela 5 — Table 5

Niektóre wskaźniki rozmieszczenia suchej masy w roślinach gorczycy

Wartości średnie (na 1 roślinę) z doświadczeń 1963—1965 r.

Some indexes of dry matter distribution in white mustard plants

Mean values (per plant) from experiments 1963—1965

Wiek rośliny dni Age of plant days	A/B*	AK*	A/P*	Łodyga* Stem* %	Faza wzrostu i rozwoju rośliny Growth and development stage of plant
16	1,45	5,20	0,31	21,2	Faza czterech — pięciu liści Growth of fourth-fifth leaves
21	2,36	4,80	0,55	52,1	Faza sześciu liści; Początek wykształcania pączków kwiatowych Leaf VI; initial development of flower buds
26	3,14	4,43	0,80	64,2	Początek okresu kwitnienia Beginning of bloom period
30	3,52	4,40	1,05	69,3	Kwitnienie Blooming
38	4,18	4,85	1,27	75,4	Końcowy okres kwitnienia; wykształcanie łuszczyń The end of blooming; development of siliques
45	5,35	4,90	1,68	81,0	Wzrost nasion i żółknięcie dolnych liści Seed formation; low leaves become yellow

* Objasnienia w tabeli 4 — Explications in the table 4

liści gorczycy * i szybki przyrost masy w początkowym okresie wzrostu nie wystarcza jednak do nagromadzenia masy organicznej w takiej ilości, jaką wykazała gryka, ponieważ gryka wykształca wyraźnie większą powierzchnię asymilacyjną liści i liście te pozostają zielone przez dłuższy okres niż liście gorczycy.

Badane gatunki różniły się też pod względem wielkości stosunku A/K. Wielkości te w początkowym okresie wzrostu roślin zmniejszały się mniej więcej w jednakowym stopniu u obu gatunków. W późniejszych fazach rozwojowych wielkości te rosły, lecz wzrost ten był szybszy w roślinach gryki. Stąd też po 45—46 dniach wegetacji gryki masa części nadziemnych przekraczała ponad 6-krotnie masę jej korzeni (K), u gorczycy zaś wartość liczbowa stosunku A/K wynosiła wówczas tylko 4,7 (tab. 4 i 5). Wielkość wskaźnika A/K zwiększała się z wiekiem roślin w wyniku szybszego nagromadzania masy pędów w porównaniu ze wzro-

* Dane własne, dotychczas nie opublikowane.

stem masy korzeni oraz, gdy korzenie przestały już rosnać, w wyniku dalszego przyrostu części nadziemnych.

Reasumując omówione wyniki należy podkreślić, że w porównywalnych warunkach przeprowadzonych doświadczeń tempo wzrostu roślin gryki i gorczycy nie było jednakowe. Zaobserwowane różnice wynikały przede wszystkim z odmiennej szybkości powiększania się powierzchni asymilacyjnej liści i niejednakowej sumarycznej ich wielkości końcowej oraz z niejednakowej długości okresu aktywności fotosyntetycznej szczególnie liści dolnych, których udział w ogólnej powierzchni asymilacyjnej tych roślin jest największy. Być może, iż intensywność oddychania gryki i gorczycy jest także różna. Warto dodać, że uzyskane wyniki potwierdzają pogląd Ničiporoviča (1960), według którego zmiany w ilości wytwarzanej suchej masy przez roślinę zależą głównie od zmian wielkości jej powierzchni liściowej.

STRESZCZENIE I WNIOSKI

Przeprowadzone pomiary i obserwacje nad przebiegiem wzrostu dwóch gatunków roślin uprawnych (*Fagopyrum esculentum* Mnch. i *Sinapis alba* L.) w wazonach napełnionych piaskiem wykazały, że:

1. Pod koniec wegetacji ciężar suchej masy całej rośliny gryki przekraczał masę gorczycy, ale w przeliczeniu na jednostkę powierzchni zielonych liści gorczyca gromadziła więcej suchej masy niż gryka.

2. W fazie zawiązywania nasion występowała istotna różnica w ciężarze i wielkości powierzchni liściowej u tych roślin na korzyść gryki; gatunki te nie różniły się zaś w tej fazie pod względem ciężaru łodyg (łącznie z kwiatostanami) i korzeni.

3. Maksymalną powierzchnię asymilacyjną badane rośliny osiągnęły już w okresie kwitnienia; w warunkach przeprowadzonych doświadczeń powierzchnia ta u gryki wynosiła średnio 2,4 dm², a u gorczycy — 1,3 dm² na roślinę.

4. Na początku okresu kwitnienia roślin gryki największą zieloną powierzchnię wykazywały liście położone na I, II i III piętrze pędu głównego (ponad 40% ogólnej powierzchni wszystkich liści) oraz liście pędów bocznych (około 30%); u gorczycy zaś największą powierzchnią asymilacyjną odznaczały się wówczas liście wykształcone w II, III i IV węźle (łącznie około 50% sumarycznej powierzchni zielonych liści).

5. Poszczególne liście gorczycy osiągały szybciej (o kilka dni) swe końcowe wymiary, a także wcześniej żółkły niż liście gryki.

6. Prawdopodobnie więc głównym czynnikiem ograniczającym intensywny przyrost masy roślin gorczycy było wczesne i szybko postępujące zamieranie jej liści dolnych, a także stosunkowo mała jej sumaryczna powierzchnia asymilacyjna (łącznie nawet z wykształcającymi się później zielonymi łuszczynami).

7. Wyniki opisanych doświadczeń mogą mieć znaczenie w pracach hodowlanych, prowadzonych z omawianymi roślinami.

SUMMARY

Measurements and observations on the course of growth in two species of agricultural plants (*Fagopyrum esculentum* Mnch. and *Sinapis alba* L.) grown in pots with sand were carried out.

It was found that the dry weight of the whole buckwheat plant was higher than that of the white mustard plant at the end of the vegetation period; however, the mustard plant accumulated in the same period much more dry matter per area unit of green leaves in comparison with the buckwheat plant. The significant difference in reference to the dry weight and magnitude of leaf area was found in these plants at the seed formation stage, but then there was no difference in respect to the dry weight of stems (with the inflorescences) and roots.

Under experimental conditions the maximum total leaf green area of plants was attained during the flowering period; this area in buckwheat was on the average 2.4 dm² and in mustard — 1.3 dm² per plant. In this period the I, II and III leaves of the buckwheat main stem constituted the largest assimilatory surface area of the plant (above 40% of total leaf area); moreover, the leaf area of lateral shoots on the plant was also significant (approximately — 30%) at that time. The main assimilatory surface area of mustard plant included the II, III and IV leaves (50% of total leaf green area).

The particular mustard leaves attained faster (several days) their final sizes and also became yellow earlier than the buckwheat leaves. Probably the early and rapid dying of lower leaves and the small total assimilatory surface area (with the green siliques) were the main factors which limited the dry-matter increment in the mustard plants.

The results of the investigations may be important in breeding work on these plants.

LITERATURA

- Bernier G., 1963, *Sinapis alba* L. a new long-day plant requiring a single photo-inductive cycle, *Naturwiss.* 50 (3): 101.
- Brouwer R., 1962, Distribution of dry matter in the plant, *Neth. J. Agric. Sci.* 10 (5): 361—376.
- Gej B., 1966, Zmiany w zawartości chlorofilu *a* i *b* w liściach różnego wieku niektórych roślin dwuliściennych, *Acta Soc. Bot. Pol.* 35 (2): 209—224.
- Gej B., 1969, Przebieg wzrostu poszczególnych liści i całych roślin fasoli oraz słonecznika, *Acta Agrobotanica* 22 (1): 71—88.
- Goodall D. W., 1945, The distribution of weight change in the young tomato plant. I. Dry weight changes of the various organs, *Ann. Bot. (London)* N. S. 9: 101—139.
- Humphries E. C., 1967, Leaf growth of white mustard (*Sinapis alba* L.) in different environment, *Planta* 72 (3): 223—231.
- Komenda K., 1967, Badanie wpływu powierzchni asymilacyjnej i cech morfologicznych gryki na plon nasion, Biblioteka Główna SGGW Warszawa (maszynopis pracy doktorskiej).
- Milthorpe F. L. (Ed.), 1956, The growth of leaves, London, Butterworths Sci. Public.

- Ničiporovič A. A., 1960, Photosynthesis and the theory of obtaining high crop yields. *Field Crop Abstracts* 13 (3): 169—175.
- Pikul J., 1962, Nawożenie gorczycy białej, *Pamiętnik Puławski — Prace IUNG* 8: 253—261.
- Ruszkowski M., 1965, Studia nad gryką. Zależność między wzrostem i rozwojem a plonowaniem, *Pamiętnik Puławski — Prace IUNG* 19: 3—76.
- Strebeyko P., Góra B., Krzywacka T., Rosiek N., and Wisłocka M., 1965, Some conclusions concerning a series of investigations on the dynamics of growth and development in cereals, *Acta Soc. Bot. Pol.* 34 (4): 607—620.