

czenie trwało do 18 sierpnia. Okres kielkowania 12 dni. Próbki do badania pobierano 8 razy co 6—15 dni od chwili wykształcenia się pierwszych 4—5 liści aż do dojrzewania strąków. Jednocześnie brano po 10 roślin, wybranych dowolnie, każdorazowo z innych 5 poletek. Analizy wykonywano zasadniczo podwójnie. Tylko wyjątkowo, z powodu trudności technicznych, wykonano kilka pojedynczych oznaczeń. Pęczek roślin z każdego poletka analizowano oddzielnie. Próbki przewożono do pracowni w naczyniach zawierających wodę i analizowano je natychmiast. Ważono każdy pęczek z korzeniami oraz bez korzeni i same liście. Łodygi wraz z ogonkami oraz kwiaty analizowano oddzielnie. Tylko do pierwszego pomiaru (29. V.) brano całe rośliny (pędy), gdyż były one bardzo małe — przeciętnie ważyły 1,6 g. Po pokrojeniu materiału skalpelem i wymieszaniu odważano dwu-, trzy- i pięciogramowe próbki do oznaczania suchej masy, sumy karotenów i rozdziału obu izomerów. Odważone próbki, których nie udało się natychmiast zanalizować, przechowywano w eterze naftowym w temp. -15°C .

Metody

Oznaczanie sumy karotenów oraz rozdzielanie i oznaczanie α i β karotenów wykonywano metodami, które opisano w pierwszej części tej pracy (11). Dla ogólnego scharakteryzowania wszystkich pigmentów liści, łodyg i kwiatów dokonano pomiarów rozwiniętych chromatogramów na kolumnach $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (ryc. 1).

Dla oznaczenia błędu metody rozdziału α i β karotenów wykonano osiem równoległych oznaczeń w liściach i sześć oznaczeń w kwiatach jednej próbki kwitnącego łubinu. Błąd względny metody obliczony z wzoru $F = 100 \frac{s}{\bar{x}}$, gdzie s oznacza standartowe odchylenie, a \bar{x} średnią arytmetyczną pomiarów, wynosił u kwiatów dla α karotenu — 0,13%, dla β — 0,99%, u liści dla α — 1,6%, a dla β — 2,2%. Dokładność oznaczeń była bardzo duża. Błąd oznaczenia β karotenu był większy niż dla α formy. Wynikło to z tego, że β izomer był wymywany z kolumny znacznie dłużej (około godziny), co powodowało większe jego straty.

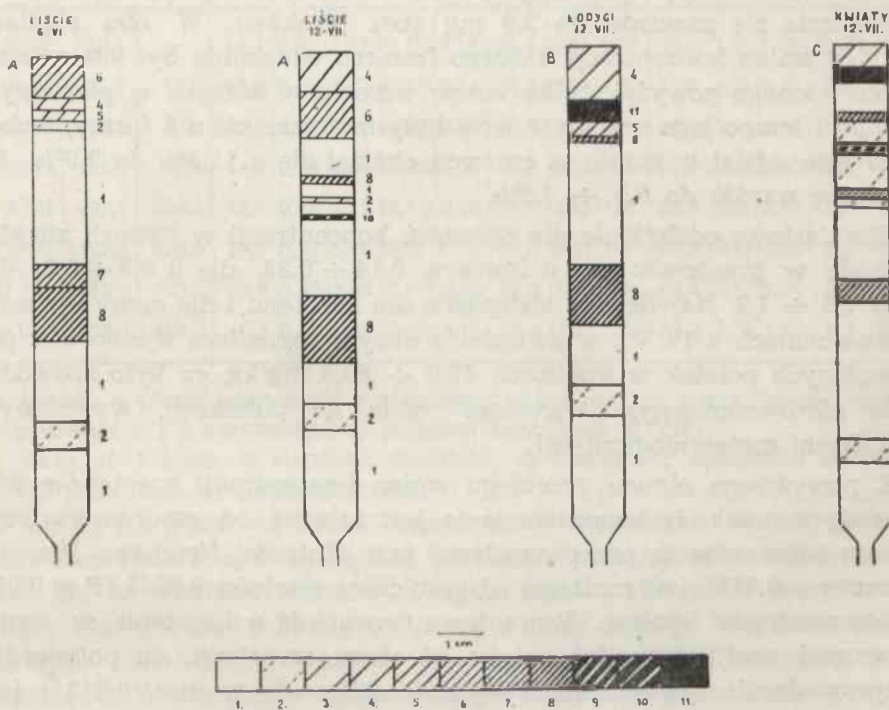
Identyfikacja karotenów

Otrzymane z rozdziału chromatograficznego roztwory α i β karotenów zidentyfikowano na początku wegetacji i podczas kwitnienia, wykonawszy pomiary ich widm absorpcyjnych na spektrofotometrze radzieckim C Φ -4. Otrzymane maksima oraz kształt krzywych były zgodne z danymi z literatury (α karoten 422, 445, 473 $\text{m}\mu$, β karoten 426, 450, 478 $\text{m}\mu$). Zabarwienie warstw karotenowych na kolumnie zawsze było wyraźnie pomarańczowe i żółte, a szerokość warstwy bezbarwnej między nimi była zawsze duża (powyżej 1 cm).

Wyniki

W tabelach 1, 2, 3 oraz na rycinach 2, 3, 4 przedstawiono wyniki systematycznych pomiarów zawartości karotenów w liściach, łodygach i kwiatach. Otrzymane dane z pięciu powtórzeń opracowano metodami statystycznymi, by wyraźniej wykazać wpływ czynników zmienności (czasu wegetacji) przy jednoczesnym wyeliminowaniu nieistotnych zmian (pobranie próbki, warunki glebowe).

Liście (tab. 1, ryc. 2). Pierwszy pomiar (29. V.) dostarczył tylko orientacyjnych danych o wyjściowym stanie zawartości karotenów w liściach, gdyż musiano analizować cały pęd. Przy przeciętnej jego



Ryc. 1. Chromatogramy ekstraktów z liści, łodyg i kwiatów łubinu
Zabarwienie warstw: 1 — bezbarwne, 2 — żółte, 3 — żółtozielone, 4 — zielone, 5 — zielononiebieskie, 6 — brudnozielone, 7 — żółtopomarańczowe, 8 — pomarańczowe, 9 — pomarańczowoczerwone, 10 — buraczkowe, 11 — żółtobrunatne. Adsorbent — $\text{Ca}(\text{OH})_2$; rozwinięcie eterem naftowym.

The Chromatograms of the lupin leaves, stalks and flowers extracts
The colour of the zones: 1 — colourless, 2 — yellow, 3 — yellow-green, 4 — green, 5 — green-blue, 6 — dirty-green, 7 — yellow-orange, 8 — orange, 9 — orange-red, 10 — beet-red, 11 — yellow-brown. 9 — leaves, B — stalks, C — flowers. Adsorbent — $\text{Ca}(\text{OH})_2$; development with light petroleum.

masie 1,6 g średnia koncentracja karotenów wynosiła 3,5 mg⁰/_o (24,8 mg⁰/_o w suchej masie). Wobec tego za podstawę do porównań zmian, zachodzących w miarę rozwoju rośliny, wzięto dane z 10. VI.

W badanym okresie wegetacyjnym wyróżniono dwa stadia: pierwsze, wiosenne, do zakwitnięcia (7—8 lipca), drugie, letnie, do dojrzewania strąków (do 18 sierpnia). W pierwszym, kiedy masa pędów wzrosła 70-krotnie, a masa liści 33-krotnie, koncentracja sumy karotenów prawie podwoiła się (wzrost z 4,2 mg⁰/_o do 7,4 mg⁰/_o w świeżej masie, a w suchej z 24,2 do 57,3 mg⁰/_o). Na granicy obu stadiów, kiedy zawiązują się już strąki, wystąpiło maksimum koncentracji karotenów oraz maksimum zawartości w jednej roślinie c. 4 mg. W stadium letnim wystąpił spadek koncentracji, wynoszący 28,3⁰/_o, a zawartość w jednej roślinie zmniejszyła się znacznie do 2,9 mg (bez strąków). W obu stadiach przebieg zmian koncentracji każdego izomeru oddzielnie był analogiczny do omówionego powyżej, tylko tempo wzrostu α izomeru w pierwszym stadium i tempo jego spadku w lecie były mniejsze niż u β formy, wobec czego jego udział w sumie w czerwcu obniżał się z 11,3⁰/_o do 7,9⁰/_o, by następnie wzrósł do 8,5 ÷ 8,8⁰/_o.

Standartowe odchylenie dla oznaczeń koncentracji w liściach znajdowało się w granicach: dla α izomeru 0,14 ÷ 0,33, dla β 4,3 ÷ 0,8, dla sumy 5,5 ÷ 1,2. Największe odchylenie dla karotenu i dla sumy wypadło w oznaczeniach z 16. VI. w związku z dużym rozrzutem wyników z poszczególnych poletek w granicach 45,9 ÷ 60,3 mg/kg, co było spowodowane nierównomiernym wzrostem roślin na poletkach, wywołanym czynnikami meteorologicznymi.

Z powyższego obrazu przebiegu zmian koncentracji karotenów wyłania się wniosek, że koncentracja ta jest zależna od stadium rozwoju rośliny; potwierdza go przeprowadzony test istotności Neumana. Wartość obliczona —0,6211 jest mniejsza od granicznej wartości 0,7575 ($P = 0,01$), a więc zależność istnieje. Procentowa zawartość α karotenu w sumie oznaczonej analitycznie też zależy od stanu wegetacji, co potwierdza przeprowadzenie tegoż testu. Wartość obliczona wynosi 0,043 i jest mniejsza od odczytanej z tabeli dla ryzyka błędu $P = 0,01$ przy 8 oznaczeniach. Współczynniki korelacji między α i β karotenami dla poszczególnych terminów podaje tab. 1. Są one duże i zbliżają się do jedności, a więc korelacja istnieje. Przeprowadzony test na jednorodność korelacji stwierdza jej jednorodność, poza współczynnikiem z 12. VII., kiedy wystąpiła wyraźna zmiana korelacji ($r = 0,048$) na ujemną i bardzo bliską zera. Świadczy to o tym, że wzrost koncentracji β karotenu nie zawsze powoduje wzrost dla α formy w oznaczeniach z pięciu poletek w 12. VII.

Procent suchej masy zmniejszył się od 18,2 ÷ 12,8. W czasie kwitnienia był prawie najmniejszy (12,9) przy standartowym odchyleniu 0,12.

Zależność jego od rozwoju rośliny stwierdzono przy pomocy testu istotności. Błąd doświadczalny w oznaczaniu suchej masy dla potrójnego oznaczenia wynosił 0,47%.

Tab. 1. Łubin — liście. Zawartość karotenów w okresie wegetacji
Lupin — leaves. Carotenes content during vegetation period

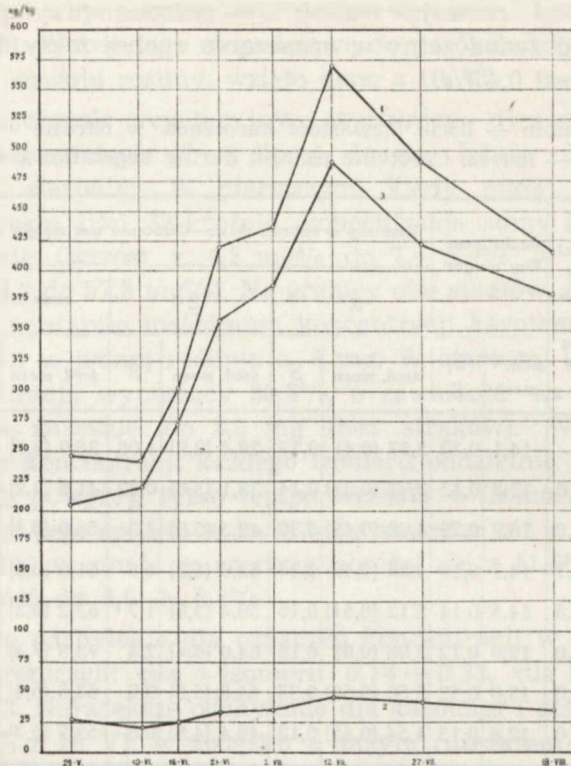
Data Date	Masa 10 roślin Weight of 10 plants g	Masa 10 liści z 10 roślin leaves weight of 10 plants g	Sucha masa Dry weight %		Karoteny w świeżej masie—Carotenes wet weight mg/kg(m _w %)						r ^c	
			śred. ^{a)} mean	b) S	α		β		suma total			α % w su- mie total
					śred. mean	S	śred. mean	S	śred. mean	S		
29.V.	16,1	—	14,1	0,32	3,97 (0,4)	0,17	29,4 (2,9)	1,08	35,0 (3,5)	1,63	11,3	0,986
10.VI.	32,8	16,0	17,3	0,15	3,72 (0,37)	0,14	38,1 (3,8)	0,82	41,8 (4,2)	1,40	8,9	0,812
16.VI.	79,0	47,0	18,2	0,29	4,60 (0,46)	0,30	49,5 (5,0)	4,3	55,0 (5,5)	5,50	8,4	0,822
23.VI.	165,3	89,7	14,7	0,19	4,88 (0,49)	0,14	52,6 (5,3)	1,5	61,8 (6,2)	3,05	7,9	0,900
2.VII. d)	493,1	209,5	14,5	0,14	5,12 (0,51)	0,16	56,4 (5,6)	1,7	63,2 (6,3)	2,16	8,1	0,570
12.VII.	1127,5	520,0	12,9	0,12	5,96 (0,6)	0,18	64,0 (6,4)	2,4	73,9 (7,4)	2,60	8,1	-0,048
27.VII.	1613,0	523,0	13,0	0,52	5,58 (0,56)	0,33	54,8 (5,5)	3,6	63,6 (6,4)	1,90	8,8	0,276
18.VIII.	1602,0	488,0	12,8	0,13	4,54 (0,45)	0,18	48,4 (4,8)	0,8	53,2 (5,3)	1,15	8,5	0,463

a) średnia z pięciu poletek, b) standartowe odchylenie, c) współczynnik korelacji pomiędzy α i β karotenami, d) początek kwitnienia (7. VII.)

a) mean of 5 plots, b) standard deviation, c) correlation coefficient α -carotene and β -carotene, d) blooming (7. VII.)

Łodygi. Przebieg zmian koncentracji karotenów w łodygach był odmienny (tab. 2, ryc. 3). Ogólna koncentracja karotenów stale zmniejszała się w stadium wiosennym z 0,6 mg^{0/0} (4,85 mg^{0/0} masy suchej) i dążyła do wartości 0,27 mg^{0/0} (3,1 mg^{0/0} masy suchej). W letnim stadium nastąpiła stabilizacja. Podobnie przebiegały zmiany koncentracji α i β karotenów. W pierwszym stadium od początkowego maksimum 0,06 mg^{0/0} lub 0,55 mg^{0/0} wystąpił spadek do poziomu 0,02 lub 0,24 mg^{0/0} i na tym poziomie utrzymywała się koncentracja obu izomerów w stadium letnim.

Zmiany koncentracji sumy karotenów w łodygach też są zależne od stadium rozwoju rośliny (test — wartość obliczona 0,3361 < 1,0919 przy P = 0,05). Tak samo zależność zmian koncentracji obu izomerów od stanu wegetacji potwierdzono testem mniejszym od wartości granicznej (0,31 < 1,0919 P = 0,05). Procentowy udział α karotenu w sumie był najwyższy na początku stadium wiosennego (9,4%), w ciągu rozwoju rośliny stale się zmniejszał (od końca czerwca) aż do końcowej wartości 8,3%. Współczynniki korelacji pomiędzy obu izomerami podano w tab. 2.



Ryc. 2. Zmiany koncentracji karotenów w liściach łubinu pastewnego podczas okresu wegetacji

1 — ogólna koncentracja karotenów w suchej masie, 2 — koncentracja α karotenu w suchej masie, 3 — koncentracja β karotenu w suchej masie.

The variation in the carotenes concentration of lupin leaves during the vegetation period

1 — the total carotenes concentration (dry wt), 2 — the α -carotene concentration (dry wt), 3 — the β -carotene concentration (dry wt).

Przeprowadzony test stwierdza jej jednorodność pod warunkiem wykluczenia współczynnika z 12.VII. ($r = -0,654$). Wspólny współczynnik korelacji obliczony bez tego ujemnego wynosi 0,735, a więc korelacja między α i β karotenami w łądogach jest też istotna. Sucha masa łądog maleje w ciągu stadium wiosennego z 12,3% do 8,5%, by następnie wzrastać do poziomu 11,5%.

Kwiaty (tab. 3). Analizowano je 12.VII., brano 5 średnich próbek z 5 poletek. Średnia koncentracja wynosiła 2,02 mg% sumy karotenów w świeżej masie (w suchej masie 13,1 mg%). Zwraca uwagę wysoki udział w tej sumie α izomeru (57%). Bardzo charakterystyczny jest obraz chromatogramu kwiatów (ryc. 1) — osiem pasków barwnych,

Tab. 2. Łubin — łądugi. Zawartość karotenów w okresie wegetacji
Lupin — stalks. Carotenes content during vegetation period

Data Date	Masa łodyg x 10 roślin Stalks weight of 10 plants	Sucha masa Dry weight		Karoteny w suchej masie - Carotenes wet weight mg/kg(mo)								r ^{c)}
		%		α		β		suma - total		$\alpha\%$		
		a)	b)	śred mean	S	śred. mean	S	śred. mean	S	w sumie total		
10.VI	17,8	12,3	0,13	0,57 (0,06)	0,036	5,47 (0,55)	0,129	6,05 (0,61)	0,174	9,4	0,958	
16.VI	32,0	12,7	0,19	0,49 (0,05)	0,035	4,69 (0,47)	0,374	5,23 (0,52)	0,331	9,4	0,870	
23.VI	75,6	10,1	0,26	0,34 (0,03)	0,019	3,15 (0,32)	0,080	3,63 (0,36)	0,880	9,4	0,315	
2.VII. d)	285,9	8,5	0,23	0,23 (0,02)	0,011	2,44 (0,24)	0,238	2,66 (0,27)	0,152	8,6	0,617	
12.VII.	607,5	8,5	0,11	0,23 (0,02)	0,024	2,42 (0,24)	0,054	2,64 (0,26)	0,050	8,6	-0,654	
27.VII.	1090,0	10,9	0,10	0,23 (0,02)	0,002	2,41 (0,24)	0,033	2,71 (0,27)	0,025	8,5	0,672	
18.VIII.	1114,0	11,5	0,16	0,23 (0,02)	0,003	2,80 (0,28)	0,180	2,93 (0,29)	0,069	8,3	0,713	

a) średnia z pięciu poletek, b) standardowe odchylenie, c) współczynnik korelacji pomiędzy α i β karotenami, d) początek kwitnienia (7. VII.)

a) mean of 5 plots, b) standard deviation, c) correlation coefficient α -carotene and β -carotene, d) blooming (7. VII.)

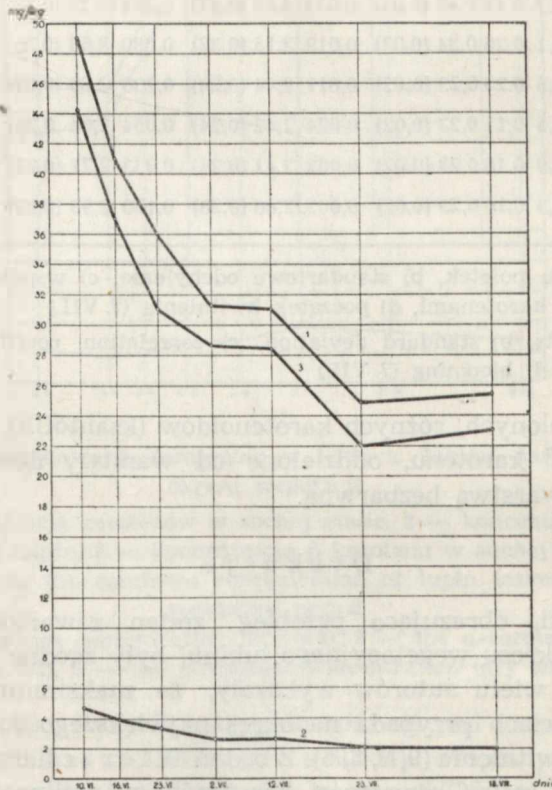
wyraźnie rozdzielonych, różnych karotenoidów (ksantofili), a po przerwie wąskie pasmo β karotenu, oddzielone od warstwy dolnej α izomeru szeroką (3 cm) warstwą bezbarwną.

Dyskusja

Nasze wyniki, obrazujące przebieg zmian zawartości karotenów w ciągu całego okresu wegetacyjnego łubinu, były zgodne z danymi literatury. Badania wielu autorów wykazały, że maksimum koncentracji karotenów w liściach przypada na okres największego rozwoju rośliny, często na okres kwitnienia (9, 7, 8, 6). Z badań Wierchowskiego (10) nad przebiegiem zmian zawartości karotenów w roślinach pastewnych wynika, że maksimum koncentracji karotenów w liściach nie zawsze przypada na kwitnienie, często u traw występowało ono tuż przed kłoszeniem się lub podczas niego, a nawet w ciągu okwitania. W szczególności dla łubinu pastewnego stwierdzono tak samo, jak w naszym doświadczeniu, wystąpienie maksimum koncentracji w liściach oraz maksimum zawartości w całej roślinie na początek zawiązywania strąków. Znalezione wartości były jednak znacznie wyższe od naszych, bo maksymalna koncentracja w świeżych liściach wynosiła 9,9 mg⁰/₀

(w przeliczeniu na suchą masę — 75,8 mg^{0/0}), podczas gdy u nas 7,4 mg^{0/0} i 57,3 mg^{0/0}, zaś zawartość w jednej roślinie 7,7 mg, a u nas 4 mg. Różnice te należy tłumaczyć tym, że badano wtedy inną odmianę (białonasienną Weiko), która w uprawie ogródkowej przy szczególnie korzystnych czynnikach pogody wykazała bujniejszy wzrost niż nasz łubin popularny. Masa 10 roślin podczas zawiązywania strąków wynosiła 2 kg i 612 g, a u nas 1 kg i 128 g.

Stwierdzona doświadczalnie przez opracowanie statystyczne zależność koncentracji karotenów w liściach łubinu od stadium wegetacji nie zawsze występuje tak wyraźnie u niektórych roślin pastewnych, jak to



Ryc. 3. Zmiany koncentracji karotenów w łodygach łubinu pastewnego podczas okresu wegetacji.

1 — koncentracja ogólna karotenów w suchej masie, 2 — koncentracja α karotenu w suchej masie, 3 — koncentracja β-karotenu w suchej masie

The variation in the carotenes concentration of lupin stalks during the vegetation period

1 — the total carotenes concentration (dry wt), 2 — the α-carotene concentration (dry wt), 3 — the β-carotene concentration (dry wt).

Tab. 3. Łubin — kwiaty. Zawartość karotenów w okresie wegetacji
 Lupin — flowers. Carotenes content during vegetation period

Data Date	Sucha masa Dry weight %		Karoteny w świeżej masie mg/kg(mg%) Carotenes wet weight						Karoteny w suchej masie mg/kg(mg%) Carotenes dry weight			α %
			α		β		suma total		α	β	suma total	
	śred. a) mean	Sb)	śred. mean	S	śred. mean	S	śred. mean	S	śred. mean	śred mean	śred. mean	w sumie total
12.VII.	15,4	0,18	11,6(1,2)	0,33	8,4(0,8)	0,07	20,2(2)	0,28	75,4 (7,5)	54,2 (5,4)	130,8(13,1)	57,2

a) średnia z pięciu poletek, b) standartowe odchylenie

a) mean of 5 plots, b) standard deviation

wynika z badań B o o t h a (2). Badał on zawartość karotenów w liściach różnych gatunków marchwi i nie stwierdził, poza stadium wczesnego rozwoju, znacznej korelacji z wiekiem rośliny. Stosunek koncentracji u marchwi zasianej na wiosnę do koncentracji u roślin zasianych w lecie znaleziono jako bliski jedności. Natomiast stwierdzono, że koncentracja karotenów w korzeniach rośnie z wiekiem.

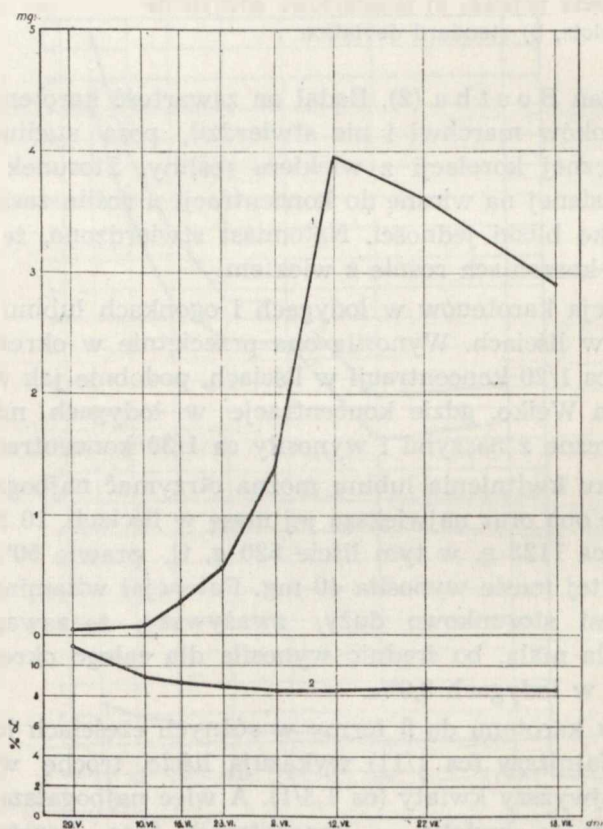
Koncentracja karotenów w łodygach i ogonkach łubinu była o wiele mniejsza niż w liściach. Wynosiła ona przeciętnie w okresie stabilizacji letniej tylko ca 1/20 koncentracji w liściach, podobnie jak w doświadczeniu z łubinem Weiko, gdzie koncentracje w łodygach miały wartości prawie identyczne z naszymi i wynosiły ca 1/30 koncentracji w liściach.

Na początku kwitnienia łubinu można otrzymać najbogatszą w karoteny paszę zieloną oraz największą jej masę w liściach. 10 roślin (pędów) ważyło 12 lipca 1128 g, w tym liście 520 g, tj. prawie 50%. Zawartość karotenów w tej masie wynosiła 40 mg. Potencjał witaminowy tej ilości karotenów jest stosunkowo duży, zważywszy, że zawartość w niej α izomeru była mała, bo średnio wynosiła dla całego okresu w liściach tylko 8,4%, a w łodygach 8,9%.

Stosunek α karotenu do β formy w różnych częściach łubinu nie był jednakowy. Najniższy (ca 1/11) wykazują liście, trochę wyższy łodygi (ca 1/10), a najwyższy kwiaty (ca 1,3/1). A więc najbogatszą w α karoten częścią rośliny są kwiaty — koncentracja tego karotenu wynosiła 1,2 mg%. Podobną różnorodność stosunku obu izomerów w różnych częściach rośliny znaleźli F u j i t a i współpr. (3) u *Chrysanthemum coronarium* i *Aster indicus*. Znaleziony przez nas wysoki procentowy udział α karotenu w sumie tych pigmentów w tych kwiatkach łubinu nie jest odosobniony w świecie roślinnym, jak na to wskazują prace K a r r e r a (5) i H a y a s k a, O n c h i e g o (4).

Kwiaty *Caltha palustris* i *Marattia praecox* zawierają prawie sam α karoten, a β tylko w śladach. Taka duża zawartość α karotenu w kwiatach powoduje prawdopodobnie zachwianie równowagi stosunku obu izomerów w liściach i łodygach. Potwierdza to badanie współczynnika korelacji, który w okresie kwitnienia jest ujemny, tak w liściach, jak i w łodygach.

Zagadnienie zależności zmian sumy karotenów liści od zmian sumy karotenów w łodygach w czasie rozwoju roślin próbowano też rozwiązać statystycznie. Współczynniki korelacji dla wszystkich terminów były małe, wspólny współczynnik wynosił 0,34. Test na jednorodność korelacji nie stwierdza różnic pomiędzy zależnościami dla różnych terminów



Ryc. 4. Zmiany zawartości karotenów w jednej roślinie łubinu pastewnego w okresie wegetacji

1 — ogólna ilość karotenów, 2 — procent α karotenu w tej sumie

The variation in the carotenes content of one plant during the vegetation period
1 — the total carotenes content, 2 — the α -carotene content in relation to total pigment.

brania próbek, ale wskazuje na prawdopodobieństwo ich istnienia. Booth (2) nie badał korelacji pomiędzy sumą karotenów w liściach i łodygach, natomiast stwierdził brak jej pomiędzy zawartością karotenów w liściach i korzeniach marchwi.

WNIOSKI

1. Koncentracja karotenów w liściach łubinu jest ściśle zależna od stadium wegetacji rośliny (ryc. 2).

2. Maksimum koncentracji karotenów w liściach i w całej roślinie przypada na początek zawiązywania strąków.

3. Najbogatszą w karoteny paszę zieloną dostarcza łubin na początku zakwitania, kiedy i stosunek masy zielonej liści do masy łodyg jest najkorzystniejszy dla żywienia.

4. Udział α izomeru w ogólnej sumie karotenów był w zielonych częściach łubinu bardzo niski, bo wynosił tylko $8,4 \div 8,9\%$, natomiast w kwiatach był bardzo wysoki (57%).

PIŚMIENNICTWO

1. Booth V. H.: Alpha-Carotene in Leaves of the Carrot Plant. J. Sci. Food Agric., 7, 386, 1956.
2. Booth V. H.: Carotene in the Leaves of the Carrot. J. Sci. Food Agric., 8, 371, 1957.
3. Fujita A., Ajisaka M.: Über die Verteilung des Provitamins A. I Mitteilung: Verteilung des Carotins in Pflanzen. Bioch. Z., 308, 430, 1941.
4. Hayask K., Onchi K.: Misc. Repts. Inst. Nat. Res., 11, 41, 1948.
5. Karrer P., Krause-Voith E.: Helv. Chim. Acta, 30, 1772, 1947.
6. Lebediew S. I.: Ob izmieniach sodierżania karotina w rastieniach. Dokł. Nauk SSSR, 1, 1947.
7. Sidorow P. U.: Tr. Saratowsk. Zootechn. bet. in-ta, 165, 1954.
8. Snyder W. W., Moore L. A.: The Carotene of Several Herbages During the Growing Season. J. Dairy Sci., 23, 353, 1940.
9. Virtanen A. I., Hausen S., Saastamoinen: Untersuchungen über die Vitaminbildung in Pflanzen. Bioch. Z., 267, 179, 1933.
10. Wierzchowski Z.: Zmiany zawartości karotenów w roślinach pastewnych w okresie wegetacji. RNR, 71-B-4, 565, 1957.
11. Wierzchowski Z., Leonowicz A., Sapięcha K. i Sykut A.: Studia nad występowaniem α i β karotenu w świecie roślinnym. Cz. I. Drzewa. Ann. Univ. Marlae Curie-Skłodowska, sectio C, vol. XII, 10, Lublin 1958.

Р Е З Ю М Е

В дальнейших исследованиях, касающихся наличия обоих изомеров каротина в растительном мире, обращено внимание на кормовые растения, где большие содержания альфа-каротина будут значительно снижать витаминную ценность зелёных кормов, так как этот изомер обнаруживает только максимально 53% способности бета-каротина к замене на витамин А в организме домашних животных.

Сперва был подвергнут исследованиям жёлтый кормовой люпин. Был он засеян на 50 участках размера 2 м.×1 м. Опыт охватывал весь период вегетации растения и продолжался от 3 мая (высев) до 18 августа (созревание стручков). В это время сделано 8 измерений массы 10 растений, их сухой массы, концентрации суммы каротинов, а также отдельно альфа и бета изомеров. Были подвергнуты анализу отдельно листья, стебли и цветы. Каждый раз отбирались для исследований с 5 участков выбранные путем жеребьевки растения по 10 экземпляров с каждого участка в качестве образца для отдельных анализов. Для определений каротинов и их идентификации были использованы методы, которые подробно описаны в I части настоящей работы. (см. *References* — 11).

Результаты систематических измерений собраны в таблицах 1, 2, 3 а также представлены в диаграммах (фиг. 2, 3 и 4). Образы развернутых хроматограмм на колонке Са (ОН₂), представляющие расположение характерных красителей листьев, стеблей и цветов, поданы на фиг. 1.

В весенней стадии перед расцветанием (начало 7 — 8 июня) когда масса листьев увеличилась в 33 раза, концентрация суммы каротинов в них почти удвоилась (увеличение с 4,2 мг% до 7,4 мг% свежей массы, а в сухой с 24,2 до 57,3 мг%). При переходе в летнюю стадию в момент завязки первых стручков (12 июля) обнаруживается максимум концентрации а также максимум содержания в одном растении — ок. 4 мг. В летней стадии наступает снижение концентрации, доходящее до 28%, содержащее же в одном растении уменьшается до 2,9 мг. В обеих стадиях процесс изменений концентрации каждого изомера был аналогичен к описанному для суммы. Концентрации альфа-каротина были невелики, ибо доходили максимум до 0,6 мг%, процентная же доля его в сумме заключалась в низких границах 11,3—8%. Статистическая разработка достигнутых результатов подтвердила заключение, что изменения концентрации каротинов в листьях зависят от стадии развития растения (проведено тест существовании Неймана).

Процесс изменений концентрации каротинов в стеблях был совершенно иной. В весенний период концентрация постоянно умень-

шалась с 0,6 мг% до 0,27 мг%, летом же наступила стабилизация. Изменения этой концентрации также зависят от вегетационного состояния растения (тест исчислен $0,3361 < 1,0919$ предельной ценности для $P = 0,05$).

В цветах (5 средних образцов с 5 участков) найдено концентрацию каротинов большую чем в стеблях, а именно 2 мг%, причем обращает внимание высокая доля в этой сумме альфа-изомера, составляющая 57%. Очень характерна картина хроматограммы красителей цветов, — выступают в числе 8 выразительно разделенные слои красочных ксантофилов.

Найденная максимальная концентрация каротинов в листьях люпина, составляющая 573 мг на 1 кг сухой массы, позволяет причислить кормовой люпин к богатым в витаминном отношении кормам. Концентрация каротинов в стеблях была очень невелика, так как составляла всего $\frac{1}{20}$ концентрации в листьях. Наиболее богатый каротинами зеленый корм, а также наибольшую его массу в виде листьев доставляет люпин в период начального цветения и завязки первых стручков. Растения в числе 10 (побеги) весили 12 июля 1128 г в том числе было листьев почти 50% — 520 г. Содержимое каротинов в этой массе составляло 40 мг. Витаминный потенциал этого количества относительно большой, если принять во внимание, что содержимость альфа — изомера была невелика — 8,4% в среднем.

SUMMARY

The further investigations on the occurrence of both carotene isomers in the vegetable kingdom concerned fodder plants in which greater content of α -carotene considerably decreases the vitamin value of green fodder as this isomer shows only up to 53 per cent of the ability of β -carotene to change into vitamin A in the organism of farm animals.

First, the investigations were conducted on yellow fodder lupin. It was sown on 50 plots, 2×1 m in size. The experiment continued during the whole vegetation period of the plants; it was started on May 3rd (sowing), and finished on August 18th (ripening of pods). During this time 8 measurements were taken: fresh weight of 10 plants, their dry weight, total carotene concentration, and concentrations of α - and β -carotenes respectively. Separate analyses of leaves, stems and flowers were done. At every turn batches of 10 plants were taken from each of 5 plots chosen at random and analysed separately. The total carotene and both isomers were determined and identified by the methods which are described in detail in Part I of this paper (see References, 11).

The results of systematic measurements were summarised in

Tables 1, 2, and 3, and presented by graphs (Figs. 2, 3, and 4). Fig. 1 presents the patterns of chromatograms developed on $\text{Ca}(\text{OH})_2$ column, with the arrangement of the characteristic pigments zones of the leaves, stems and flowers.

At the spring stage which preceded the flowering (it began on July 7th or 8th), when the leaf weight increased 33 times, total carotene concentration in the leaves was almost doubled (increase from 4,2 mg⁰/₀ to 7,4 mg⁰/₀ of wet weight, and from 24,2 mg⁰/₀ to 57,3 mg⁰/₀ of dry weight). At the time, between the spring and summer stage, when the first pods are formed (July 12th), there occurs the maximum concentration and maximum content in one plant, about 4 mg. At the summer stage the concentration decreases, sometimes by 28 per cent, and the content in one plant falls to 2,9 mg. At both stages changes in the concentration of each isomer were identical with those of total carotene. The α -carotene concentrations were low, the maximum value being 0,6 mg⁰/₀, and its share in total carotene was small, ranging from 11,3 to 8 per cent. Statistical analysis of the obtained results confirmed the conclusion that changes of carotene concentration in the leaves depend on the stage of development of the plants (Neuman's test of significance was carried out).

Changes of carotene concentration in the stems had a quite different course. During the spring period the concentration decreased constantly: from 0,6 mg⁰/₀ to 0,27 mg⁰/₀. Stabilization followed in the summer. Changes of concentration are also dependent on the vegetation stage of the plant (the value of the test $0,3361 < 1,0919$ of the limit value for $P = 0,05$).

Carotene concentration found in the flowers (5 average samples from 5 plots) was higher than in the stems, reaching 2 mg⁰/₀; a high percentage of the α -isomer (57 per cent) must be stressed. The picture of flower pigment chromatogram is very characteristic: there appear as many as 8 distinct zones of coloured xantophylls.

The maximum carotene concentration found in the leaves, which is 573 mg per 1 kg of dry weight, allows to consider lupin as a fodder plant rich in A vitamin. Carotene concentration in the stems was very low and reached only 1/20 of the concentration found in the leaves. The leaves of the investigated plants provided green fodder richest in carotenes and greatest in mass at the beginning of the flowering period and during formation of first pods. On July 12th, 10 plants weighed 1128 g, of which nearly 50 per cent = 520 g fell to the leaves. The carotene content in this mass was 40 mg. The vitamin potential of this quantity is comparatively high in view of the fact that the average content of the α -isomer was small, 3,4 per cent.