

BADANIA SYSTEMU KORZENIOWEGO LUCERNY MIESZAŃCOWEJ CZ. I BUDOWA ANATOMICZNA I ROZMIESZCZENIE SUBSTANCJI ZAPASOWYCH

Henryka Dalkiewicz-Baranowska, Zofia Kiepał, Tadeusz Szczygielski

Instytut Biologii Roślin SGGW
Instytut Produkcji Roślinnej SGGW

Jedną z funkcji korzeni lucerny jest zdolność gromadzenia substancji zapasowych. Zmiany zawartości związków zapasowych, głównie węglowodanów, w korzeniach lucerny mogą przebiegać różnie w zależności od warunków wzrostu i rozwoju roślin [10, 14, 17] oraz sposobu użytkowania plantacji [2, 5, 13]. Z kolei poziom rezerw zmagazynowanych wywiera duży wpływ na tempo odrostu pędów i plon zielonej masy [14, 17], a także na plon nasion [4, 5, 8]. Niektóre wyniki badań wskazują na dużą zależność pomiędzy mrozoodpornością lub trwałością lucerny a poziomem rezerw substancji zapasowych w korzeniach [10, 11, 15].

W dotychczasowych badaniach uwzględniono głównie zawartość substancji zapasowych w szyjkach korzeniowych i koronce, gdyż tam występują największe ich ilości. Z badań Masahiko i Smitha [12] wynika, że w poszczególnych tkankach korzenia rozmieszczenie węglowodanów zapasowych jest nierównomierne. Wyłania się więc konieczność prześledzenia zmian w rozmieszczeniu i ilości substancji zapasowych w całym systemie korzeniowym z uwzględnieniem budowy anatomicznej. Z obszernego przeglądu literatury na temat budowy anatomicznej i fizjologii korzeni, przeprowadzonej przez Daniłową i Diertiewą [3] wynika między innymi, że badania w tym zakresie pozwalają wyjaśnić szereg mechanizmów działalności fizjologicznej korzeni. Przeprowadzone uprzednio badania nad zmianami morfologicznymi korzeni lucerny w różnych warunkach glebowych [19, 20] sugerowały również celowość a nawet konieczność przeprowadzenia badań nad zmianami w budowie anatomicznej i w rozmieszczeniu substancji zapasowych.

Celem badań było wstępne określenie zmian w budowie anatomicznej i rozmieszczeniu substancji zapasowych (skrobi i cukrów) w różnych odcinkach całego systemu korzeniowego lucerny mieszańcowej w warunkach polowych.

Badania przeprowadzono na doświadczeniu z lucerną mieszańcową

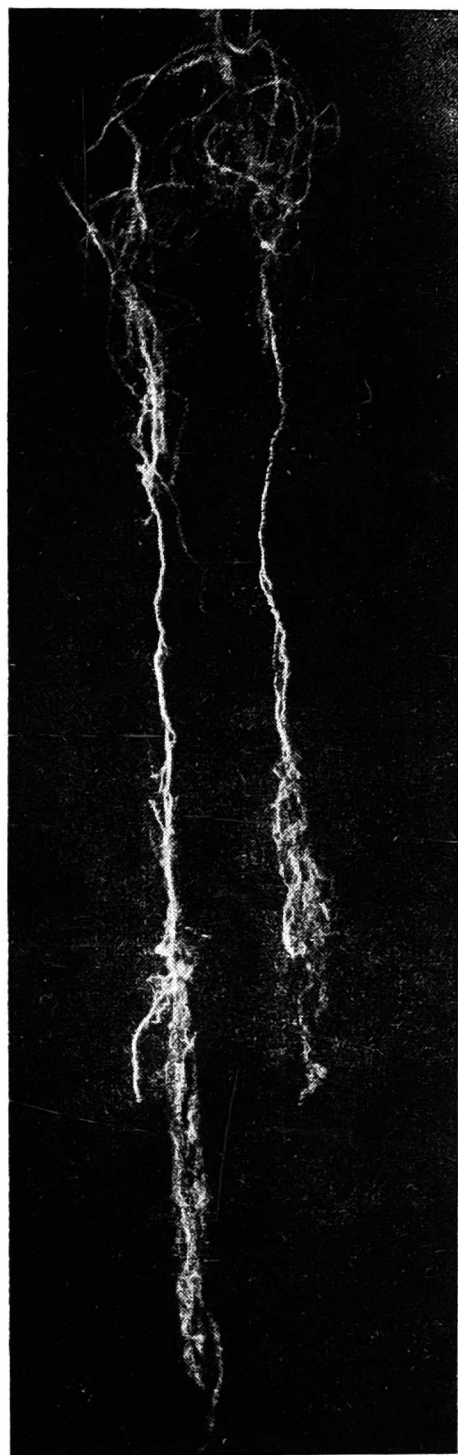
odmiany Kleszczewska, użytkowaną na nasiona w 2, 3 i 4 roku wegetacji. Doświadczenia założono w latach 1966—1968 w Wolicy na trzech różnych glebach, których własności chemiczne i fizyczne zostały szczegółowo scharakteryzowane w innej publikacji [20]. Z jednego profilu glebowego na każdym polu w 8 terminach (rys. 8) podczas całego okresu wegetacji 1969 r. wykopywano metodą suchego rozkopu i wymywano możliwie cały system korzeniowy lucerny do głębokości 2 m. Z każdego stanowiska brano do analiz korzenie trzech roślin. Równolegle pobierano więc próby korzeni w 2, 3 i 4 roku wegetacji. Do badań anatomicznych wykonywano przekroje poprzeczne korzeni głównych (szkieletowych) i bocznych. Pierwszy przekrój robiono poniżej koronki, tj. w szyjce korzeniowej, a następne w odstępach co 10 cm na całej długości systemu korzeniowego. Do barwienia skrobi używano płynu Lugola. Nasilenie zawartości skrobi w komórkach każdego przekroju oceniano wg skali 7-stopniowej: 0 — brak, 1 — bardzo mało, 2 — mało, 3 — średnio, 4 — dość dużo, 5 — dużo, 6 — bardzo dużo (rys. 7 B, C, D, E, F, G, H). Mikrografie wykonane zostały przez B. Kozucha pod mikroskopem NF — PK, Plan Zeissa z przystawką M. F. Zeissa.

Próbki korzeni przeznaczone do analiz chemicznych pobierane były w 6 terminach (14.IV, 19.V, 11.VI, 15. VII, 30.VII i 30.VIII). Wykopane korzenie myto dokładnie wodą a następnie po oczyszczeniu dzielono na 3 części: górne — z warstwy do 30 cm, środkowe — na odcinku ok. 80 cm i dolne — końcowe odcinki korzeni długości ok. 50 cm. W każdej części korzeni (górne, środkowe, dolne) wydzielano korzenie grube (szkieletowe) oraz korzenie drobne (włókniste, rys. 1). Z każdej partii korzeni pobierano próbki wielkości 2 g do oznaczenia suchej masy i równoległe próbki 3 g do analiz chemicznych. Cukry oznaczono metodą Hagedorna-Jensena w modyfikacji Fujita i Iwatake [7].

WYNIKI BADAŃ

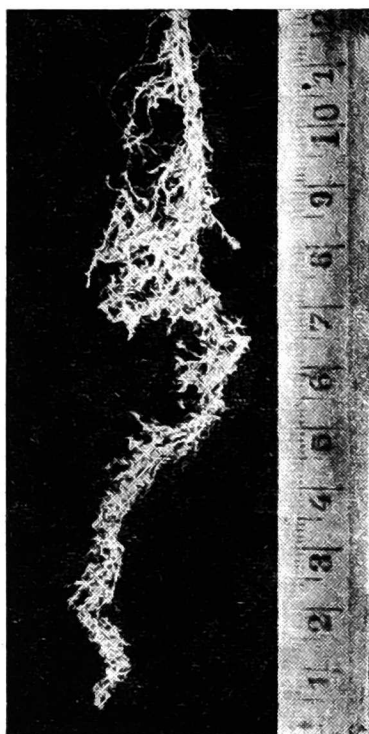
Wszystkie korzenie lucerny wykazują w dolnych partiach na przestrzeni kilku cm powyżej stożka wzrostu budowę pierwotną. Na zewnątrz występuje epiblema z włosnikami, pod nią warstwa miękiszu kory pierwotnej, zbudowana z kilku do kilkunastu warstw komórek, następnie endoderma, perycykl oraz 3 wiązki łyka i drewna w układzie radialnym. Wiązki łyka i drewna wykazywały niekiedy odchylenie od normalnego trójwiązkowego układu, zwłaszcza w tych partiach korzeni, które znajdowały się w niekorzystnych warunkach glebowych i podlegały dużej deformacji morfologicznej. Obserwowano tam układy dwu- lub czterowiązkowe. Przekroje poprzeczne korzeni w strefie budowy pierwotnej różniły się średnicą przekroju a przede wszystkim grubością kory pierwotnej (rys. 3 A, B). Przekroje korzeni o dużej średnicy z silnie rozbudowaną korą pierwotną (rys. 3 A, B) występowały w glebie głębiej,

Rys. 1. Korzeń lucerny czteroletniej; 26.VI.1969 r.
Fig. 1. Racine de la luzerne de 4 ans du 26.VI.1969



zwłaszcza w patologicznie zagęszczonych korzeniach bocznych (rys. 2). Długość odcinków korzeni, z charakterystyczną budową pierwotną była różna i wahała się od kilku mm do kilku cm, w zależności od warunków glebowych na różnych głębokościach profilu glebowego. W warunkach bardziej korzystnych, zwłaszcza w warstwie próchnicznej, odcinki te były znacznie dłuższe, niż w głębiej położonych warstwach gleb piaszczystych lub gliniastych, zwłaszcza silnie scementowanych związkami żelaza. W tej strefie, szczególnie wiosną, znajdowano dużo drobnych kilkumilimetrowych brązowych korzonków, ze zgniecioną korą pierwotną. Spotkano też w kilku wypadkach strzępki grzybni przerastające włósniki i komórki miękiszu (rys. 5 A, B).

W wyżej położonych odcinkach korzeni powstają tkanki twórcze wtórne i ich wytwory. Pako pierwsze tworzy się kambium oraz



Rys. 2. Fragment korzenia lucerny czteroletniej z charakterystyczną, dużą ilością drobnych korzeni bocznych z dn. 26.VI.69 r.

Fig. 2. Fragment de racine de la luzerne de 4 ans avec une grande quantité caractéristique des racines latérales de 26.VI.69

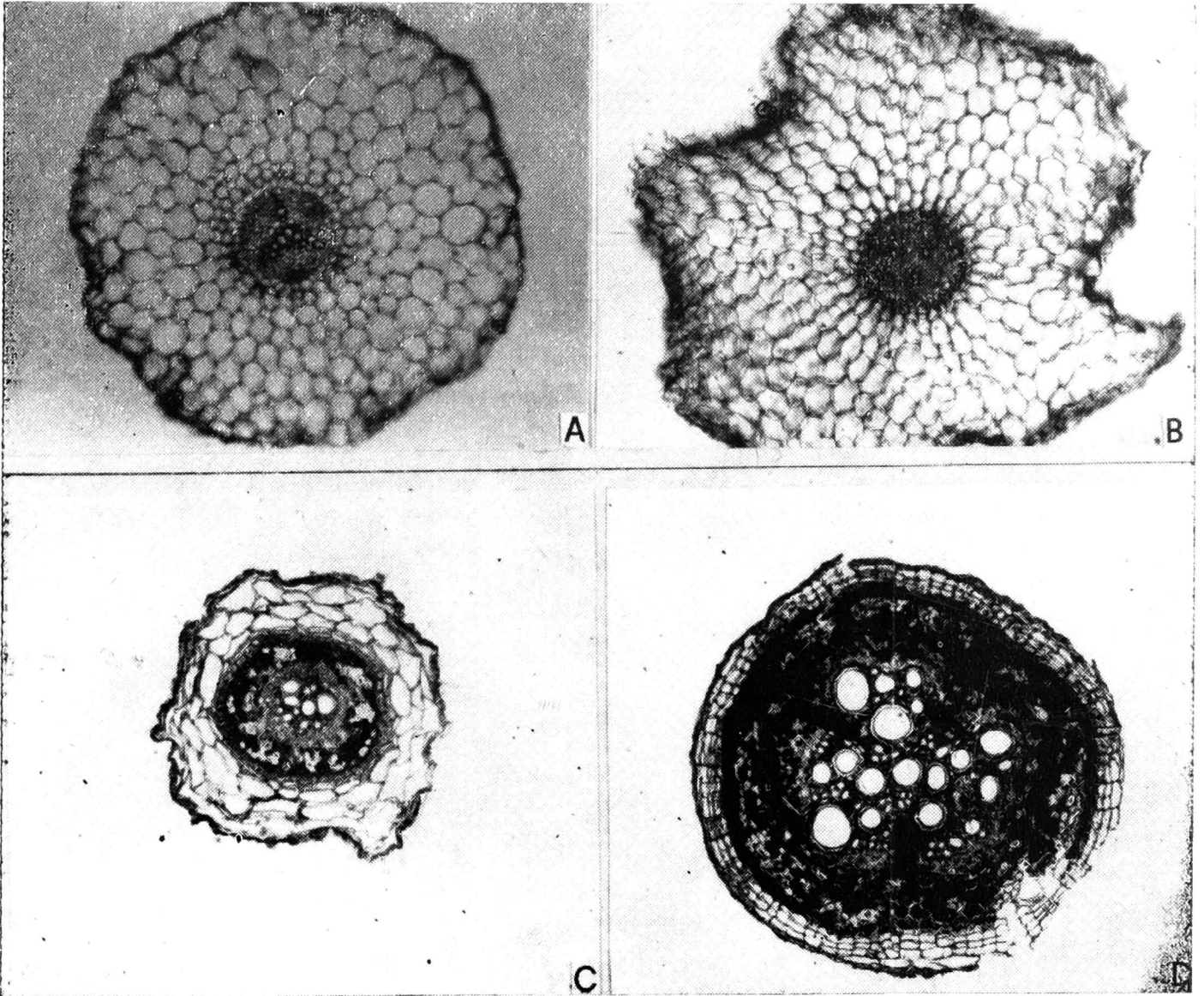
elementy drewna i łyka wtórnego. Następnie w perycyklu powstaje fellogen i w ślad za nim korek i felloderma. W tym czasie występuje jeszcze kora pierwotna, ale stopniowo ulega zniszczeniu (rys. 3 C).

W starszych partiach korzeni obserwowano typową budowę wtórną z następującym układem tkanek: korek, fellogen, felloderma, łyko wtórne, kambium oraz drewno wtórne i pierwotne (rys. 3 D, i rys. 4 A, B, C).

Im korzeń jest starszy, tym bardziej maleje udział tkanek peryferycznych, zwiększa się natomiast udział drewna. W najstarszych partiach korzenia głównego, tuż pod koronką, obserwowano dość często, zwłaszcza w czwartym roku wegetacji, procesy rozpadu w centralnej części przekroju. W wyniku tych procesów tworzyły się w szyjce korzeniowej charakterystyczne kawerny (rys. 5 E).

Istotnym elementem w budowie wtórnej korzenia lucerny są włókna wzmacniające, występujące w drewnie, łyku i fellodermie. Ich ściany komórkowe są silnie zgrubiałe z wyraźnie widoczną warstwą błony wtórnej. Włókna te nadają korzeniom dużą elastyczność i wytrzymałość (rys. 6 C, E, F, H).

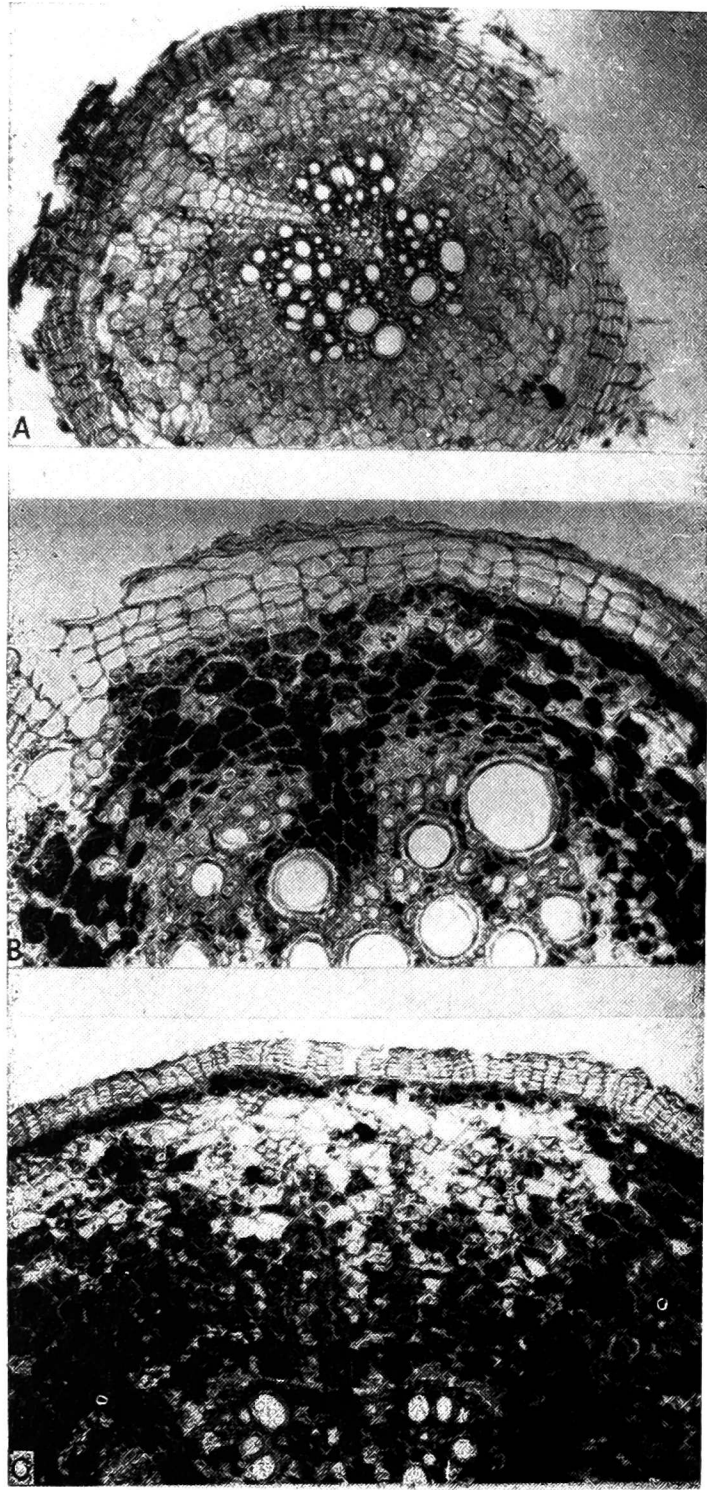
Ważną funkcję biologiczną w budowie wtórnej korzenia spełnia tkanka mięsiszowa. Zbudowane z niej promienie rdzeniowe dominują nad innego rodzaju mięsiszami. Ilość ich stale wzrasta w miarę grubienia korzeni. W młodych, z zapoczątkowaną budową wtórną, jest zazwyczaj po kilka, natomiast w wyższych poziomach korzenia, gdzie budowa wtórna jest zaawansowana, występuje po kilkanaście, nawet kilkadziesiąt (50-100) promieni rdzeniowych, w zależności od średnicy przekroju korzeni. Każdy promień zbudowany jest z kilku szeregów komórek mię-



Rys. 3 A-D. A — budowa pierwotna korzenia lucerny czteroletniej (17.IV), B — budowa pierwotna korzenia lucerny czteroletniej (26.VI), C — początek budowy wtórnej korzenia lucerny czteroletniej (26.VI), D — wykształcona budowa wtórna korzenia lucerny dwuletniej (25.VII) pow. 50×

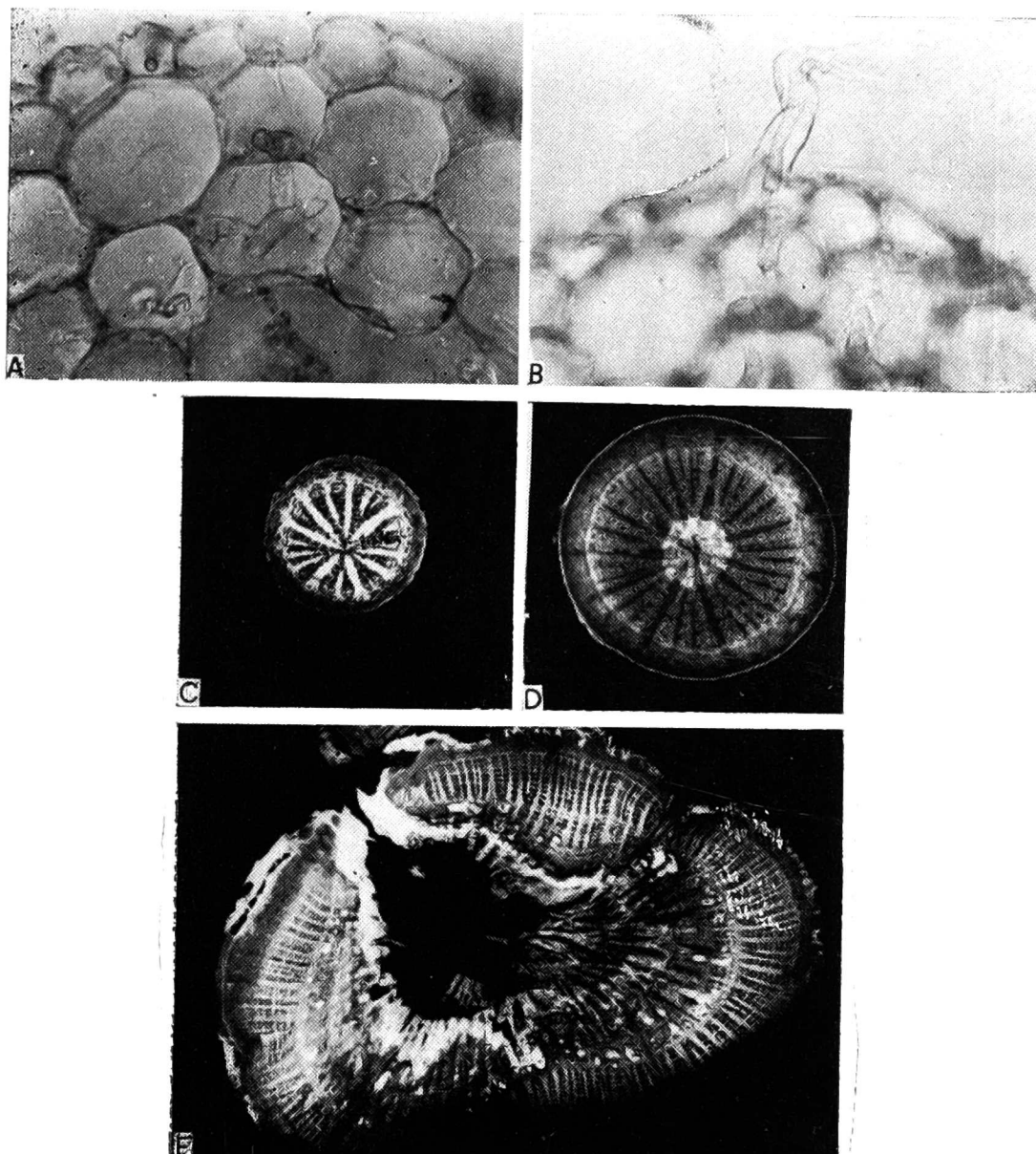
Fig. 3 A-D. A — structure primaire de la racine de la luzerne de 4 ans (17.IV), B — structure primaire de la racine de la luzerne de 4 ans (26.VI), C — commencement d'une structure secondaire de la racine de la luzerne 4 ans (26.VI.), D — structure secondaire développée de la racine de la luzerne en deuxième année (25.VII) 50×





Rys. 4 A-C. A — budowa wtórna korzenia lucerny czteroletniej z głębokości 130 cm (25.VII) pow. ok. $50\times$, B — budowa wtórna korzenia lucerny dwuletniej z głębokości 70 cm. Widoczna duża ilość ciemnych ziarn skrobi w komórkach miękiszowych (25.VII) pow. ok. $125\times$, C — budowa wtórna korzenia lucerny dwuletniej z głębokości 40 cm. Charakterystyczna duża ilość miękiszowych komórek wypełnionych skrobią (25.VII.) pow. ok. $50\times$

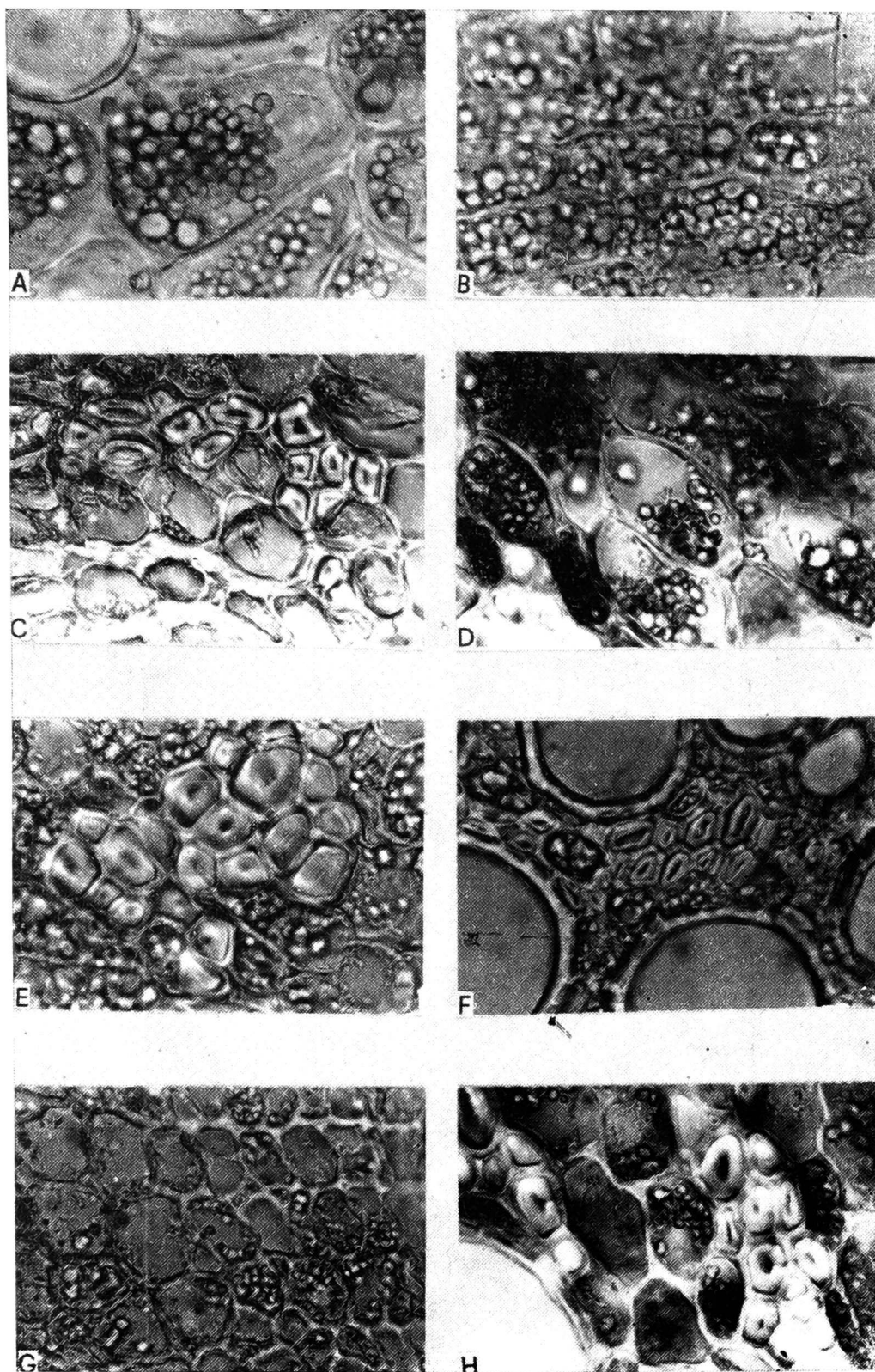
Fig. 4 A-C. A — structure secondaire de la racine de la luzerne de 4 ans à la profondeur de 130 cm (25.VII) $50\times$, B — structure secondaire de la racine de la luzerne dans la 2 année à profondeur de 70 cm. Une grande quantité de grains d'amidon visible dans les cellules parenchymes (25.VII) $125\times$, C — structure secondaire de la racine de la luzerne 2 ans à profondeur de 40 cm. Caractéristique une grande quantité de cellules parenchymes remplies d'amidon (25.VII.) $50\times$



Rys. 5 A-E. A — fragment miększu kory pierwotnej z przerastającą komórki grzybnią pow. ok. 400×, B — fragment miększu kory pierwotnej i skórki z włosnikiem i przerastającą go grzybnią (5 cm powyżej stożka wzrostu) pow. 400×, C — korzeń lucerny z głębokości 20 cm (pow. 5×), D — korzeń lucerny z głębokości 10 cm (pow. 7×). Duża ilość miększu promieni rdzeniowych (ciemne promieniste pasy), E — przekrój poprzeczny korzenia lucerny w okolicy szyjki korzeniowej (7×). Charakterystyczna kawerna. Bardzo duża ilość promieni rdzeniowych

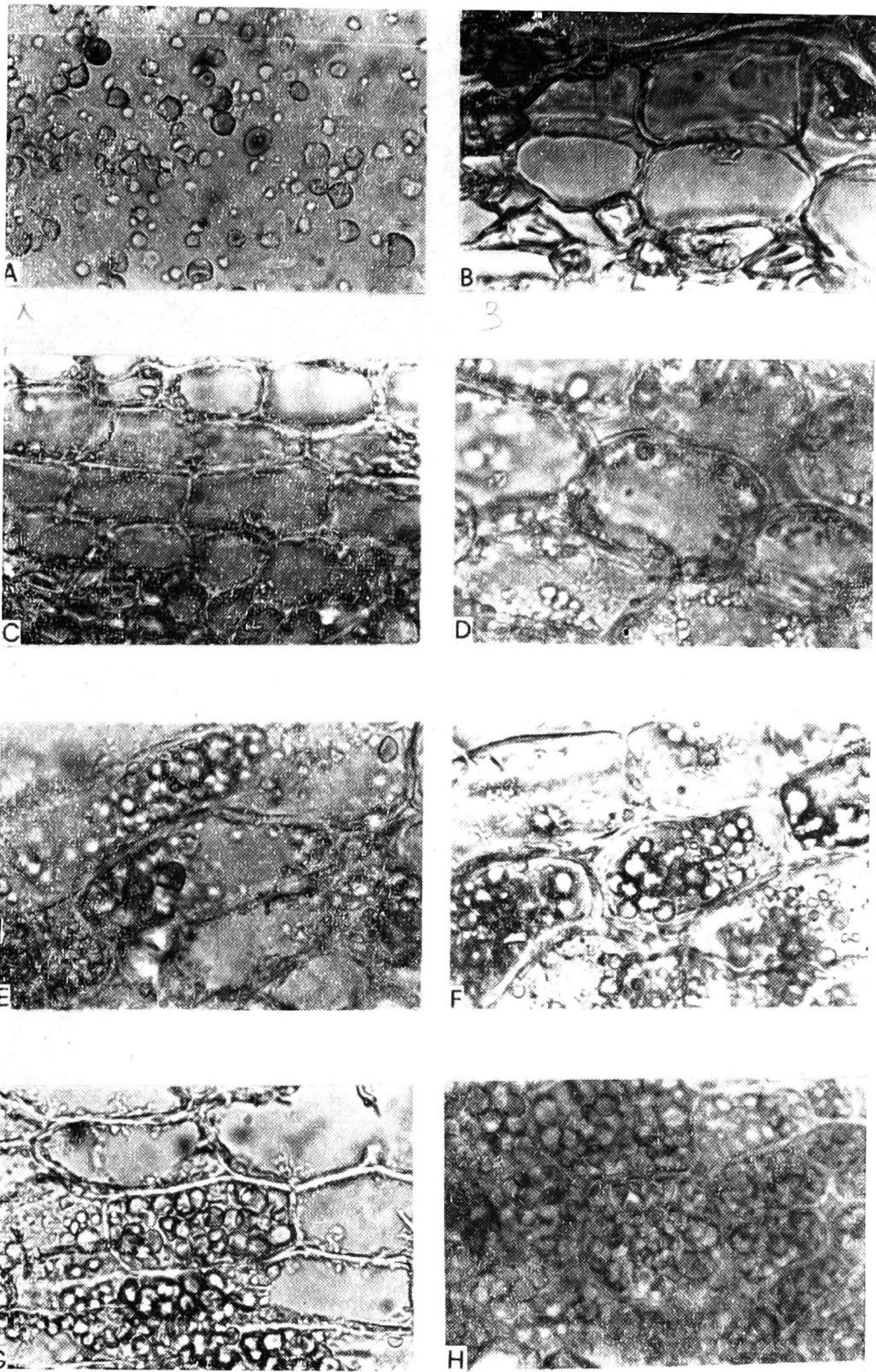
Fig. 5 A-E. A — fragment du parenchyme cortical pénétré de cellule mycélium (400×), B — fragment du parenchyme cortical et de l'épiderme avec poil pénétré de mycélium 5 cm au dessus de l'apex croissance (400×), C — racine de luzerne à la profondeur de 20 cm (5×), D — racine de luzerne à la profondeur de 10 cm (7×). Grande quantité de parenchyme des rayons médullaire (bandes sombres rayonnantes), E — diamètre transversal de la racine de la luzerne pres du collet de la racine (7×). Caractéristique caverne. Très grande quantité de rayons médullaire





Rys. 6 A-H. A — miękisz fellodermy z dość dużą ilością ziarn skrobi, B — wąskie komórki fellodermy z bardzo dużą ilością ziarn skrobi, C — komórki miękiszu łykowego, na granicy z felloderma, widoczne też włókna, D — miękisz promienia rdzeniowego, E — fragment łyka z komórkami mięszkowymi i włóknami, F — fragment drewna — naczynia, włókna i miękisz drzewny, G — fragment łyka z mięszkiem łykowym, H — fragment mięszku drzewnego, widoczne też włókna drzewne. (Pow. ok. 400×)

Fig. 6 A-H. A — parenchyme de la phelloderme avec assez grande quantité de graines d'amidon, B — cellules étroites de la phelloderme avec très grande quantité de graines d'amidon, C — cellules de parenchyme du phloème voisines à la phelloderme, fibres visibles, D — parenchyme du rayon médullaire, E — fragment du phloème avec cellules de parenchymes et fibres, F — fragment du xylème — vaisseaux, fibres et parenchymes du xylème, G — fragment du phloème avec parenchyme du phloème, H — fragment du parenchyme de xylème, fibres du xylème visibles. (400×)



Rys. 7. A-H. A — Ziarna skrobi zapasowej z korzenia lucerny, B — komórki miękiszowe fellodermy — bez skrobi, C — komórki miękiszowe promienia rdzeniowego — bardzo mało skrobi, D — komórki miękiszowe fellodermy — mało skrobi, E — komórki miękiszowe promienia rdzeniowego — średnia ilość skrobi, F — komórki miększu promienia rdzeniowego — dość duża ilość skrobi, G — komórki miękiszowe promienia rdzeniowego — duża ilość skrobi, H — komórki miękiszowe fellodermy — bardzo duża ilość skrobi. Wszystkie fotografie Rys. 7 powiększone ok. 400×

Fig. 7 A-H. A — grains d'amidon de réserve de la racine de lucerne, B — cellules parenchyme du phelloderme — sans amidon, C — cellules parenchymes du rayon médullaire — très peu d'amidon, D — cellules parenchymes de phelloderme — peu d'amidon, E — cellules parenchymes du rayon médullaire — quantité moyenné d'amidon, F — cellules parenchymes du rayon médullaire — assez grande quantité d'amidon, G — cellules parenchymes du rayon médullaire — grande quantité d'amidon, H — cellules parenchymes du phelloderme — très grande quantité d'amidon. Toutes les photographie fig. 7 agrandies 400×

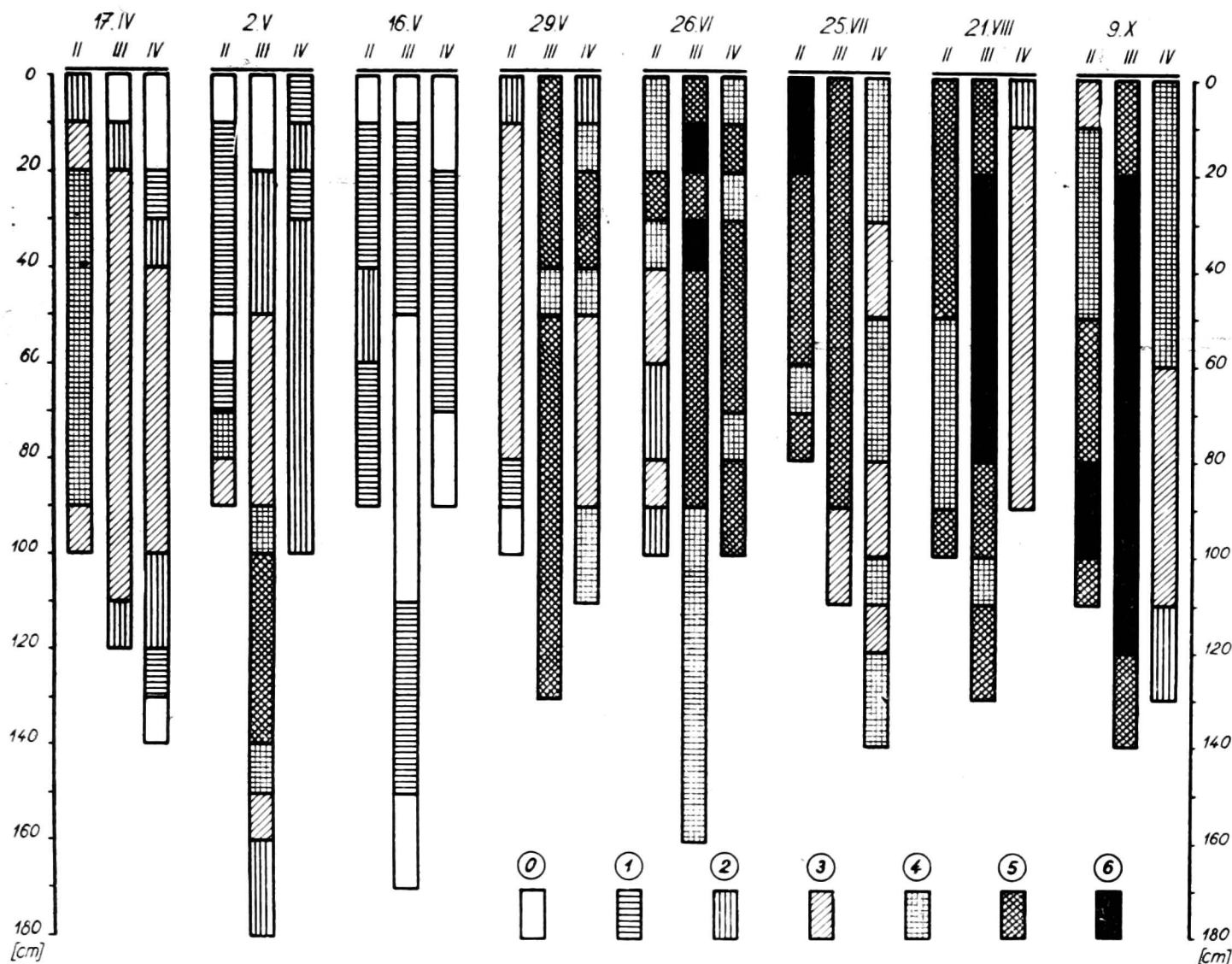


kiszowych, nieco wydłużonych promieniście (rys. 6 D). Na drugim miejscu pod względem ilościowym stoi miękisz budujący fellodermę. Komórki tego miękiszu są dość duże, początkowo zaokrąglone, w starszych korzeniach wyciągają się stycznie (rys. 6 A, B). Zespoły komórek miękiszowych występują również w drewnie (rys. 6 F, H) i łyku (rys. 6 C, E, G). Procentowo jest ich najmniej i komórki tego miękiszu mają najmniejsze wymiary. We wszystkich omówionych rodzajach miękiszu gromadzi się skrobia zapasowa w ilościach od kilku do kilkudziesięciu ziarn w jednej komórce. Są one drobne o średnicy 3-14 μ , w zarysie zaokrąglone lub kanciaste. Najczęściej wielkość ziarn skrobi kształtowała się w granicach 6-7 μ . Skrobia gromadziła się głównie w korzeniach o budowie wtórnej, a tylko niekiedy obserwowano niewielkie ilości w budowie pierwotnej. Rozmieszczenie skrobi na przekroju poprzecznym korzenia było nierównomierne. W starych korzeniach skrobia występowała przede wszystkim w promieniach rdzeniowych, natomiast w obwodowych tkankach miękiszowych było jej mniej. W młodych korzeniach większe ilości skrobi gromadziły tkanki obwodowe — felloderma i miękisz łyka. W pozostałych korzeniach, głównie w partiach środkowych skrobia gromadziła się równomiernie we wszystkich tkankach miękiszowych na przekroju poprzecznym.

W oparciu o 7-stopniową skalę sporządzono wykres obrazujący rozmieszczenie skrobi na całej długości systemu korzeniowego w odstępach co 10 cm (rys. 8).

Znaczne różnice w zawartości skrobi wystąpiły w różnych okresach wegetacji lucerny, natomiast stosunkowo małe w obrębie jednego terminu pobierania korzeni. Na początku okresu wegetacji (17.IV, rys. 8) u lucerny 3 i 4-letniej skrobia wystąpiła w małej i średniej ilości, a nawet obserwowano jej brak zupełny w górnych partiach korzeni w pobliżu szyjki korzeniowej. Nieco więcej skrobi stwierdzono w korzeniach lucerny 2-letniej. Do połowy maja ilość skrobi stopniowo malała, zwłaszcza w górnych partiach korzeni. Najmniejsze ilości lub zupełny brak skrobi w wielu partiach korzeni obserwowano 16.V (rys. 8), co niewątpliwie wiąże się z szybkim wzrostem pędów w tym okresie. W dwa tygodnie później (29.V, rys. 8), zawartość skrobi w korzeniach znacznie wzrosła, nawet do dużej ilości, co można by z kolei tłumaczyć dużą powierzchnią asymilacyjną lucerny w tym czasie. Wystąpiły tu jednak znaczne różnice w zawartości skrobi zależnie od warunków glebowych i lat wegetacji, a w związku z tym i różnego stanu masy nadziemnej lucerny. W późniejszym okresie wegetacji podczas następnych terminów oznaczeń (rys. 8) ilość gromadzonej skrobi utrzymuje się na tym samym poziomie, lub stopniowo wzrasta do poziomu najwyższego w jesieni.

Największe zmiany pod tym względem wystąpiły w korzeniach lucerny w 3 roku wegetacji, uprawianej w najlepszych warunkach glebowych, gdzie przejście od bardzo małych do dużych ilości skrobi obser-



Rys. 8. Zawartość skrobi w korzeniach lucerny w II, III i IV roku użytkowania. 0 — brak, 1 — bardzo mało, 2 — mało, 3 — średnio, 4 — dość dużo, 5 — dużo, 6 — b. dużo

Fig. 8. Teneur en amidon dans les racines de la luzerne dans les II, III et IV années d'exploitation. 0 — sans, 1 — très peu, 2 — peu, 3 — moyennement, 4 — assez grande, 5 — en grande quantité, 6 — en très grande quantité

wowano w stosunkowo krótkim okresie czasu, tj. około 2 tygodni.

We wszystkich terminach oznaczeń, rozmieszczenie skrobi w tkankach miękkich, na przekrojach poprzecznych, na całej długości korzeni lucerny 3-letniej, było najbardziej równomierne. Najmniej dynamiczna pod tym względem była lucerna w 4 roku użytkowania.

Wyniki analiz chemicznych poszczególnych partii systemu korzeniowego lucerny (tab. 1, 2, 3) wykazały duże, a nawet bardzo duże zróżnicowanie zawartości cukrów zarówno bezpośrednio redukujących, jak i redukujących po hydrolizie.

Dynamika zawartości cukrów w korzeniach głównych (szkieletowych), a również i w drobnych (włóknistych) w ogólnych zarysach była podobna do zmian w zawartości skrobi, ocenianej pod mikroskopem wg 7-stopniowej skali. Charakterystyczny jest wysoki poziom cukrów wczesną wiosną. Po czym stopniowo ilość ich maleje, osiągając minimum w lipcu. W późniejszych terminach zaznaczył się silny wzrost zawartości cukrów. Poziom cukrów podobnie jak skrobi był najwyższy w jesieni. Istnieje

Tabela 1

Zawartość cukrów w głównych i bocznych korzeniach lucerny mieszańcowej (w % s.m)
Teneur en sucre les racines principales et latérales de la luzerne (en % s.m)

Terminy oznaczeń Dates de détermi- nations	Korzenie główne (grube) Racine principales (grosses)			Korzenie boczne (drobne) Racine latérales (petites)		
	cukry bezpośrednio redukujące sucres direc- tement réductifs	cukry redukujące po hydrolizie sucres réductifs après hydrolyse	suma cukrów somme de sucres	cukry bezpośrednio redukujące sucres direc- tement reductifs	cukry redukujące po hydrolizie sucres réductifs après hydrolyse	suma cukrów somme de sucres
14.V	3,33	8,29	11,62	3,01	6,07	9,08
19.V	2,72	6,66	9,38	2,25	5,67	7,92
11.VI	2,59	4,89	7,48	2,34	5,26	7,60
15.VII	1,87	3,13	5,00	1,34	3,10	4,44
30.VII	2,58	3,91	6,49	2,27	3,61	5,88
30.VIII	3,36	10,24	13,60	2,97	10,03	13,00

więc ogólna tendencja spadku i wzrostu substancji zapasowych w korzeniach lucerny. Daje się jednak zauważyć pewne opóźnienie w zmniejszaniu się zawartości cukrów w stosunku do skrobi. Na podstawie badań chemicznych stwierdzono, że cukry bezpośrednio redukujące, jak również cukry redukujące po hydrolizie, wykazywały podobną tendencję. Zawartość cukrów redukujących była jednak ponad dwa razy mniejsza od zawartości cukrów redukujących po hydrolizie. Przeciętnie niższe ilości cukrów występowały w korzeniach bocznych (drobnych) niż w szkieletowych.

Przedstawione dane charakteryzują tylko ogólną tendencję zmian zawartości podstawowych substancji zapasowych w korzeniach lucerny. Przechodząc do omówienia poziomu zawartości cukrów w różnych odcinkach systemu korzeniowego lucerny (tab. 2) należy stwierdzić, że w kwietniu najwięcej cukrów występowało w górnych partiach korzeni. W następnych terminach różnice zatarły się a w ostatnim terminie, tj. w sierpniu przeciętnie więcej cukrów zawierały dolne odcinki korzeni.

Zmiany zawartości cukrów w badanych odcinkach korzeni lucerny były podobne, lecz w poszczególnych terminach oznaczeń zarysowały się wyraźne różnice.

W korzeniach lucerny dwu-, trzy- i czteroletniej pochodzących równocześnie z odmiennych warunków glebowych wystąpiły również dość znaczne różnice w zawartości cukrów (tab. 3). Przeciętnie najmniej cu-

Tabela 2

Zawartość cukrów w różnych odcinkach korzeni lucerny (w % s.m)
Teneur en sucres dans divers fragments des racines de la luzerne (en % s.m)

Terminy oznaczeń Dates de détermi- nations	Odcinki korzeni Segments des racines	Korzenie główne (grube) Racine principales (grosses)			Korzenie boczne (drobne) Racine latérales (petites)		
		cukry bezpoś- rednio reduku- jące	cukry redu- kujące po hy- drolizie	suma cukrów	cukry bezpo- średnio reduku- jące	cukry redu- kujące po hy- drolizie	suma cukrów
		sucres direc- tement réductifs	sucres réductifs après hydrolyse	somme de sucres	sucres direc- tement réductifs	sucres réductifs après hydrolyse	somme de sucres
14.IV	górne supérieures	3,92	10,59	14,51	2,66	7,59	10,25
	środkowe mediales	3,32	8,03	11,35	3,03	5,88	8,91
	dolne inférieures	2,74	6,26	9,00	3,33	4,75	8,08
19.V	górne supérieures	3,17	9,07	12,24	2,71	5,01	7,72
	środkowe mediales	3,30	6,29	9,59	2,44	6,54	8,98
	dolne inférieures	1,68	4,62	6,30	1,59	5,46	7,05
11.VI	górne supérieures	2,67	4,83	7,50	2,51	5,28	7,70
	środkowe mediales	2,70	5,15	7,85	2,64	5,14	7,78
	dolne inférieures	2,40	4,71	7,11	1,87	5,36	7,23
15.VII	górne supérieures	2,00	3,57	5,57	1,44	3,51	4,95
	środkowe mediales	1,64	2,98	4,62	1,23	3,00	4,23
	dolne inférieures	1,97	2,84	4,81	1,34	2,79	4,13
30.VII	górne supérieures	2,86	4,49	7,35	2,67	3,88	6,55
	środkowe mediales	2,66	3,73	6,39	2,26	3,83	6,09
	dolne inférieures	2,22	3,51	5,73	1,87	3,12	4,99
30.VIII	górne supérieures	3,60	10,36	13,96	2,92	7,45	10,37
	środkowe mediales	3,31	8,62	11,93	3,34	11,10	14,44
	dolne inférieures	3,19	11,73	14,92	2,65	11,58	14,23

Tabela 3

Zawartość cukrów w głównych i bocznych korzeniach lucerny różnych lat wegetacji (w % s.m.)
Teneur en sucres dans les racines principales et latérales de luzerne dans diverses années de végétation (en % s.m.)

Terminy oznaczeń Dates de terminations	I rok wegetacji I ^e année de végétation		II rok wegetacji II ^e année de végétation		III rok wegetacji III ^e année de végétation	
	korzenie główne racines principales	korzenie boczne racines latérales	korzenie główne racines principales	korzenie boczne racines latérales	korzenie główne racines principales	korzenie boczne racines latérales
	Cukry bezpośrednio redukujące Sucres directement réductifs					
14.IV	4,54	2,44	2,39	2,06	3,05	3,81
19.V	3,09	2,38	2,64	2,52	2,42	1,84
11.VI	2,34	2,39	2,14	1,66	3,26	2,97
15.VII	1,90	1,28	1,90	1,48	1,80	1,37
30.VII	3,55	2,96	2,17	1,98	1,86	1,86
30.VIII	3,82	3,36	3,56	2,66	2,72	2,89
	Cukry redukujące po hydrolizie Sucres réductifs après hydrolyse					
14.IV	8,15	4,07	8,07	5,10	8,51	8,94
19.V	8,25	5,92	5,37	6,62	6,37	4,42
11.VI	5,95	4,90	4,10	5,15	4,63	5,73
15.VII	3,30	3,51	3,06	2,69	3,10	3,09
30.VII	4,70	4,35	3,06	2,90	3,97	3,57
30.VIII	11,67	10,75	11,14	11,42	7,91	7,93

korów zawierały korzenie lucerny czteroletniej. Różnice te szczególnie silnie zaznaczyły się w ostatnim terminie oznaczeń, tj. w końcu sierpnia. W konsekwencji najmniejsze zmiany wystąpiły w korzeniach lucerny czteroletniej. Z kolei w korzeniach lucerny trzyletniej zawartość cukrów ulegała największym zmianom.

DYSKUSJA

Struktura anatomiczna korzeni lucerny mieszańcowej (*Medicago media*) jest bardzo podobna do opisanej przez Eseau [6], Haywarda [9] u lucerny siewnej (*Medicago sativa*). W budowie pierwotnej korzeni tych gatunków lucerny dominuje układ trójwiązkowy (triarchiczny), tylko nie-liczne mają po 2 wiązki. Jeszcze rzadziej obserwowano czterowiązkowy układ. Jak wynika z szeregu badań [1, 9, 16] wiązki triarchiczne stanowią cechę wspólną wielu roślin motylkowych.

Grubość młodych korzeni zależy w pierwszym rzędzie od ilości komórek miękiszowych budujących korę pierwotną. Korzenie drobne (o małej średnicy przekroju) posiadały około 3 warstw komórek miękiszowych. Natomiast w korzeniach grubszych występowało do 10 i więcej warstw. Tego typu korzenie znajdowały się najczęściej w głębszych warstwach gleby, a zwłaszcza w mniej korzystnych warunkach fizycznych i chemicznych, gdzie obserwowano duże deformacje morfologiczne (rys. 2).

Wszystkie starsze korzenie charakteryzują się budową wtórną. Istnieją duże różnice w zależności od wieku korzenia i poziomu z jakiego jest wykonany przekrój. Młodsze i cieńsze odcinki tych korzeni posiadają stosunkowo małą ilość drewna — a dużo łyka i fellodermy. W starszych zwiększał się udział drewna, a w najstarszych partiach położonych w pobliżu szyjki korzeniowej i w samej szyjce tuż pod koronką, zdecydowanie dominowało drewno.

W związku z powyższym zmieniały się proporcje różnych rodzajów miękiszu w zależności od poziomu przekrojów i grubości oraz wieku korzenia. W młodych przeważał miękisz łyka i fellodermy, w starszych miękisz promieni rdzeniowych z miękiszem drzewnym. Badania Masahiko i Smith Dale [12] wykazują, że rozmieszczenie węglowodanów zapasowych w tkankach korzeni lucerny jest nierównomierne. Stwierdzili oni znacznie większe ilości substancji zapasowych w drewnie niż w łyku. Uważają więc drewno za podstawowe i pierwotne miejsce magazynowania związków organicznych. Wstępne badania przeprowadzone przez nas na różnych odcinkach całego systemu korzeniowego wskazują, że rozmieszczenie substancji zapasowych, głównie skrobi, jest niejednolite. W górnych najstarszych częściach korzeni skrobia rzeczywiście gromadzi się głównie w drewnie. W środkowych odcinkach jest rozmieszczona równomiernie we wszystkich tkankach. Natomiast w partiach najmłodszych skrobia występowała głównie w miękiszu łyka i fellodermy.

Przedstawione wyniki badań mikroskopowych i analiz chemicznych wykazały, że od wczesnej wiosny zachodzi znaczne zużycie skrobi i cukrów we wszystkich badanych odcinkach systemu korzeniowego lucerny. Jak wynika z szeregu badań [2, 17, 18] zmiany zawartości węglowodanów zapasowych związane są z formowaniem się i szybkim wzrostem nowych pędów. Ostatnie badania Smitha i Martena [18] przy pomocy C^{14} wykazały, że nie tylko rosnące pędy zużywają węglowodany zapasowe, lecz w równej mierze rosnące korzenie. Autorzy ci podają, że w niektórych fazach wzrostu zużycie węglowodanów przez korzenie wynosi aż 50% a pozostałe 50% zużywają pędy.

W naszych badaniach mikroskopowych najmniejszą ilość ziarn skrobi obserwowano w połowie maja (rys. 8). W dwa tygodnie później, tj. w końcu maja stwierdzono obecność skrobi prawie we wszystkich odcinkach korzeni. Podobne zmiany w korzeniach lucerny i espercety wy-

kazali w swoich badaniach Copper i Watson [2] oraz w korzeniach lucerny i komonicy Nelson i Smith [14]. Wzrost zawartości węglowodanów zapasowych w korzeniach autorzy ci tłumaczą optymalną powierzchnią liści i wysoką asymilacją netto w tym okresie wzrostu. W następnych terminach oznaczeń do 25.VII (rys. 8) obserwowano „dość duże” a nawet „bardzo duże” ilości ziarn skrobi, natomiast zawartość cukrów w tym czasie (tab. 1, 2, 3) wykazywała tendencję zniżkową. Zarówno ilość ziarn skrobi jak i procentowa zawartość cukrów w poszczególnych terminach oznaczeń kształtowała się jednak na różnym poziomie w korzeniach lucerny dwu-, trzy- i czteroletniej. Wpłynęły na to niewątpliwie różne warunki glebowe jak również wiek rośliny. Najmniej korzystne warunki miała lucerna dwuletnia i czteroletnia, a najlepsze lucerna trzyletnia [20]. Odpowiednio do tego kształtowała się wielkość masy nadziemnej lucerny, co niewątpliwie wpłynęło na zawartość węglowodanów zapasowych w korzeniach. Kierunek zmian zawartości cukrów i skrobi we wszystkich badanych odcinkach korzeni lucerny był bardzo zbliżony.

Największe podobieństwo zmian wystąpiło w końcowych terminach oznaczeń, tj. w końcu sierpnia, kiedy stwierdzono gwałtowny wzrost zawartości wszystkich węglowodanów zapasowych, tj. skrobi i cukrów. Odmienny przebieg zmian zawartości cukrów i skrobi w poprzednim okresie przypisać należy między innymi nieco różnym terminom oznaczeń anatomicznych i chemicznych a przede wszystkim zbyt małej częstotliwości terminów oznaczeń. Okazało się, że w ciągu 7-10 dni dokonywały się w korzeniach lucerny bardzo duże zmiany, czego nie da się ustalić w miesięcznych a nawet dwutygodniowych odstępach czasu. Ponadto należy się liczyć z dużą zmiennością indywidualną roślin i wielkością ich systemu korzeniowego. Grubość korzeni i ich wiek ma również decydujący wpływ na gromadzenie substancji zapasowych. Potwierdziły to również analizy chemiczne, z których wynika, że w korzeniach bocznych drobniejszych występuje mniejsza zawartość węglowodanów zapasowych. Masahiko i Smith [12] stwierdzili również znaczne zmiany w procentowej zawartości węglowodanów zapasowych w korzeniach grubych, średnich i drobnych, co można wytłumaczyć różnym udziałem łyka i drewna w korzeniu. W miękiszu na terenie drewna (promienie rdzeniowe), zwłaszcza w korzeniach grubych stwierdzono większe ilości węglowodanów niż w łyku i fellodermie.

Przedstawione wyniki potraktowano jako wstępne do dalszych szczegółowych badań. Nie mogą one stanowić podstawy do wyciągnięcia ostatecznych wniosków, pozwalają jednak na stwierdzenie istnienia określonych zależności i ogólnych tendencji zmian, które zostały scharakteryzowane. Wyniki te dostarczyły również wskazówek do przeprowadzenia dalszych badań, które będą kontynuowane w latach następnych.

LITERATURA

1. Bottum F. R.: Histological studies on the root of *Melilotus alba*. Botanical Gazet., 1941, 103, 132-145.
2. Cooper C. S., Watson C. A.: Total available carbohydrates in roots of sainfoin (*Onobrychis viciaefolia* Scop.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.) when grown under several management regimes. Crop Sci., 1968, 8, 83-85.
3. Daniłowa M. F., Diertiewa R. J.: Danyje anatomii i fizjologii o pieredwizenii wody i rastworiennych wieszczestw po tkaniam kornia. Bot. Żurn., 1964 49, 1347-1365.
4. Dobrenz A. K., Messengele M. A.: Changes in carbohydrates in alfalfa (*Medicago sat.* L.) roots during the period of floral initiation and seed development. Crop Sci., 1966, 6, 604-607.
5. Dowrat A., Levanon D., Waldman M.: Effect of spacing on carbohydrates in roots and components of seed yield in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Crop. Sci., 1969, 9, 33-34.
6. Esau K.: Plant anatomy. sec. edit., J. Wiley a. Sons Inc., 1965.
7. Fujita A., Iwatake D.: Bestimmung des echten blutzuckers ohne hefe. Biochem. Zeit., 1931, 242, 43-60.
8. Grandfield C. O.: Alfalfa seed production as affected by organic reserves, air temperature, humidity and soil moisture. Jour. Agron. Resch., 1945, 70, 123-132.
9. Hayward H. E.: The structure of economic plants. 1938, The Mac Millan Comp., N. York.
10. Kendall W. A.: The persistence of red clover and carbohydrate concentration in the roots at various temperatures. Agron. Journ., 1958, 50, nr 11.
11. Lupariewa T. F.: Sostojanije pokoja i fizyko-chimiczeskije swojstwa klietok korniej i poczek rastienij krasnowo kliewier., Fizioł. rast., 1958, 5, nr 1.
12. Masahiko U., Smith D.: Growth and carbohydrate changes in the root wood and bark of different sized alfalfa plants during regrowth after cutting. Crop Sci., 1970, 10, 396-399.
13. Nelson N. T.: The effects of frequent cutting on the production root reserves and behavior of alfalfa. Journ. Amer. Soc. Agron., 1925, 17, 100-113.
14. Nelson C. J., Smith D.: Growth birdsfoot trefoil and alfalfa. III — Changes in carbohydrate reserves and growth analysis under field condition., Crop Sci., 1968, 8, 25-28.
15. Rodczenko O. P.: Dinamika zapasnych wieszczestw i izmienenija w sostojanij płazmy rastienij ljucerny i kliewieria pri pierezimowkie., Izw. Akad. Nauk SSSR, 1958, ser. bioł., nr 5, 571-579.
16. Soper K.: Anatomy of grasses and clover., New Zel. Jour. Agr. resch.. 1959, nr 2, 329-341.
17. Smith D., Silva J. P.: Use of carbohydrate and nitrogen root reserves in the regrowth of alfalfa from greenhouse experiments under light and dark condition. Crop Sci., 1969, 9, 464-467.
18. Smith L. H., Marten G. C.: Foliar regrowth of alfalfa utilizing C¹⁴ labeled carbohydrates stored in roots. Crop Sci., 1970, 10, 146-150.
19. Szczygielski T.: Niekotoryje rezultaty issliedowanij korniewych sistem ljucerny w usłowijach poljowych opytow. Acta Univ. Agric., Facult. Agron., Sborn. ref. Vys. Szk. r. A, 1967, 34-43.
20. Szczygielski T., Czerwiński Z.: Badania systemu korzeniowego lucerny mieszańcowej. Cz. II. Zesz. probl. Post. Nauk rol., 1973, z. 131.

H. Dalkiewicz-Baranowska, Z. Kiepal, T. Szczygielski

RECHERCHES SUR LE SYSTÈME RADICULAIRE DE LA LUZERNE
PART. I LA STRUCTURE ANATOMIQUE ET L'EMPLACEMENT DES
SUBSTANCES RESERVES

R é s u m é

Les recherches ont été effectuées en 1969 sur les champs expérimentaux de l'Ecole Supérieure Agronomique à Varsovie RZD Wolica sur la luzerne de la variété Kleszczewska, récoltée pour graines dans la II, III et IV année de végétation. Aux recherches anatomiques ont servi les racines 8 fois prises au cours de la période végétative de trois récoltes (fig. 8). On a constaté que l'amidon sous forme de petites grains de 3-14 micron se concentre dans les racines de la luzerne surtout dans la structure secondaire. L'accumulation de l'amidon survient dans tous les genres de tissu parenchyme. A partir du mois d'avril jusqu'à la mi-mai l'amidon se décompose graduellement. Ensuite, dans les mois suivants l'accroissement de l'amidon peut être constaté. C'est en automne que l'amidon atteint son maximum.

La teneur en sucre décroissait graduellement depuis le printemps jusqu'en juillet, néanmoins elle augmente rapidement vers la fin de la période végétative. La luzerne tri-annuelle s'est montrée la plus active quant à l'accumulation et la décomposition des substances de réserve tandis que la luzerne de 4 ans était la moins dynamique.

H. Dalkiewicz-Baranowska, Z. Kiepal, T. Szczygielski

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS WURZELSYSTEM DER LUZERNE
TEIL. I DER ANATOMISCHE BAU UND DIE VERTEILUNG DER
VORRATSSUBSTANZEN

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Untersuchungen wurden auf den Versuchsfeldern der Landwirtschaftlichen Hochschule in Warschau, in Wolica bei Warschau, auf den Luzernebeständen, die im zweiten, dritten und vierten Vegetationsjahr für die Samenerzeugung benutzt wurden, durchgeführt. Für die anatomischen Untersuchungen wurden die Luzernewurzeln 8 mal während der Vegetationsperiode, aus allen drei Beständen genommen (fig. 8).

Es wurde festgestellt, dass die Stärke in Form von kleinen Körnchen, 3-14 mikr. in den Luzernewurzeln, besonders im sekundären Bau, gesammelt wird. Die Stärkeakkumulation konnte in allen Parenchymgewebearten stattfinden. Vom April bis zur Mitte Mai wurde ein fortschreitender Zerfall der Stärke beobachtet. In späteren Terminen stieg der Stärkegehalt, um im Herbst das Maximum zu erreichen. Der Zuckergehalt nahm vom Frühjahr bis zum Juni allmählich ab, und am Ende der Vegetationsperiode nahm er wieder zu. Die höchste Aktivität, vom Gesichtspunkt der Akkumulation und des Zerfalls der Vorratssubstanzen, wies die 3-jährige, und die mindeste — die 4-jährige Luzerne auf.

Х. Далькевич-Барановска, З. Кепаль, Т. Щигельски

**ИССЛЕДОВАНИЯ НАД КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ ГИБРИДНОЙ ЛЮЦЕРНЫ
Ч. I. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАПАСНЫХ
ВЕЩЕСТВ**

Резюме

Исследования ведено в 1969 году на экспериментальных площадках Высшей Школы Сельского Хозяйства в Волице вблизи Варшавы, Районном Экспериментальном заведении Вилянове, на гибридной люцерне вида Клещевска, убранный на семена во II, III и I годах вегетации. Для анатомических исследований брались корни 8 раз на протяжении вегетационного периода со всех трёх возделываний.

Констатировано, что крахмал ввиду мелких зёрн 3-14 микр. собирается в корнях люцерны прежде всего во вторичном составе. Аккумуляция крахмала присходит во всех видах мякотной ткани.

От Апреля крахмал подчиняется распаду до половины мая. В позднейше время рост крахмала увеличивается. Максимальное количество крахмала накапливается осенью. Содержание сахара постепенно уменьшалось от весны до июля. В конце вегетационного периода количество сахара быстро растёт. Наиболее активными относительно накопления и распада запасных веществ оказалась 3-летняя люцерна, низко динамической является 4-летняя люцерна.