

BADANIA SYSTEMU KORZENIOWEGO LUCERNY MIESZAŃCOWEJ CZ. II WPŁYW WARUNKÓW GLEBOWYCH NA WZROST I MORFOLOGIE

Tadeusz Szczygielski, Zbigniew Czerwiński

Instytut Produkcji Roślinnej SGGW

Korzenie lucerny posiadają dużą zdolność przenikania przez glebę na znaczne głębokości. Jak podaje Kutschera [5], cytując wyniki szeregu badań, zasięg systemu korzeniowego lucerny może wahać się w granicach 75-135 cm w I roku wegetacji do 2 m a nawet 18 m w latach następnych. Już powyższe dane sugerują, że na różnych głębokościach korzenie napotykać bardzo odmienne warunki fizyczne i chemiczne gleby, które mogą wpływać na ich tempo wzrostu, zasięg, zróżnicowanie morfologiczne i anatomiczne a w konsekwencji na plonowanie lucerny. Stankow [11], przytaczając obserwacje Korwina podaje, że zmienne warunki w poszczególnych warstwach profilu glebowego powodowały zmiany morfologiczne i tzw. wielopiętrowość w rozmieszczeniu korzeni. Istnieje w literaturze szereg publikacji [1, 2, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16], które wskazują na dużą zależność wzrostu korzeni od fizycznych właściwości gleby a zwłaszcza podglebia. Taylor i współpracownicy [14] wykazali w swoich badaniach, że korzenie nie wnikały do gleby, jeśli opory zmierzone penetrometrem wynosiły 25 barów lub więcej. Autorzy ci konkludują, że przenikanie korzeni w glebę jest funkcją wilgotności gleby, jej siły ssącej, polowej pojemności powietrznej i ciężaru właściwego gleby. Bennet i Doss [3] stwierdzili również dużą zależność wzrostu korzeni lucerny od wilgotności gleby. Scott i Erikson [8] również stwierdzają, że zbitość głębszych warstw gleby gliniastej bardzo często ogranicza penetrację korzeni roślin i ich wzrost, wpływając w ten sposób na obniżkę plonów. Z badań Wiersum [18] oraz Słowika [9, 10] wynika, że skład mechaniczny gleby wywiera wpływ na wzrost korzeni, a nawet powoduje szereg zmian morfologicznych. Warstwy drobnoziarnistego piasku mogą uniemożliwiać głębsze przenikanie korzeni mimo obecności wody, składników pokarmowych i powietrza. Zjawisko to tłumaczą w znacznym stopniu badania Greacena i innych [4] nad mechaniką wzrostu korzeni. Zjawisko hamowania pionowego wzrostu korzeni różnych roślin w zależności od warunków fizycznych gleby badał również Trzecki [15], który wykazał, że

przy oporach gleby powyżej 28 kg/cm² ustaje wnikanie korzeni w glebę. Szereg badań [5, 6, 7, 17] wskazuje również na duży wpływ własności chemicznych gleby na wzrost korzeni roślin.

METODYKA I WARUNKI DOŚWIADCZEŃ

Badania przeprowadzono na polach doświadczalnych Kat. Szczegółowej Uprawy Roślin SGGW (gosp. Wolica RZD-Wilanów). Pola położone są na glebach płowych (pseudobielicowych) wytworzonych z piasków i pyłów wodnolodowcowych oraz glin zwałowych. Gleby te są silnie zróżnicowane i reprezentują III, IV i V klasę bonitacyjną użytków rolnych, co pozwoliło na wybranie pod doświadczenia trzech pól (P-I, P-II, P-III) o glebach wyraźnie różniących się składem mechanicznym oraz właściwościami fizycznymi i chemicznymi.

Na polach tych w latach 1966-1970 przeprowadzone były doświadczenia z lucerną mieszańcową odm. Kleszczewska, którą zbierano na nasiona w drugim, trzecim i czwartym roku wegetacji. Wskutek b. słabego i nierównego wzrostu lucerny na polu II doświadczenie zlikwidowano w drugim roku wegetacji, pozostawiając jedynie kawałek lucernika do dalszych obserwacji i badań systemu korzeniowego. Podstawowe nawożenie fosforowo-potasowe stosowane corocznie wiosną wynosiło 44 kg/ha P₂O₅ i 80 kg/ha K₂O. Na każdym polu zastosowano również wapnowanie 3×10 q/ha wapna nawozowego, ponieważ gleby te wykazywały stosunkowo duże zakwaszenie.

Na każdym polu o powierzchni 0,5 ha, w najbardziej reprezentatywnych miejscach wykonano po 2 odkrywki glebowe (profile glebowe) na podstawie których określono typ, rodzaj i gatunek gleby oraz oznaczono fizyczne i chemiczne własności gleb. Na tych samych profilach glebowych przeprowadzono obserwacje i pomiary systemu korzeniowego lucerny. Korzenie odsłaniano równolegle dwoma metodami tj. metodą suchego rozkopu i wymywania korzeni rozproszonym strumieniem wody bezpośrednio na całym profilu glebowym. Do oceny rozmieszczenia masy korzeniowej stosowano metodą pobierania prób warstwowych o rozmiarach 25×40×20 cm, które wymywano na zestawie sit o oczkach 2 mm i 0,5 mm a następnie po oczyszczeniu suszono i ważono.

Skład mechaniczny gleby oznaczano metodą Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, ciężar objętościowy i porowatość kapilarną wg metody Kopeckiego, zawartość próchnicy metodą Tiurina, azot ogólny metodą Kjeldahla, natomiast potas i fosfor metodą Egnera-Riehma. Kwasowość hydrolityczną oznaczano metodą Kapena a pH w KCl i pH w H₂O metodą kolorymetryczną przy użyciu szklanej elektrody.

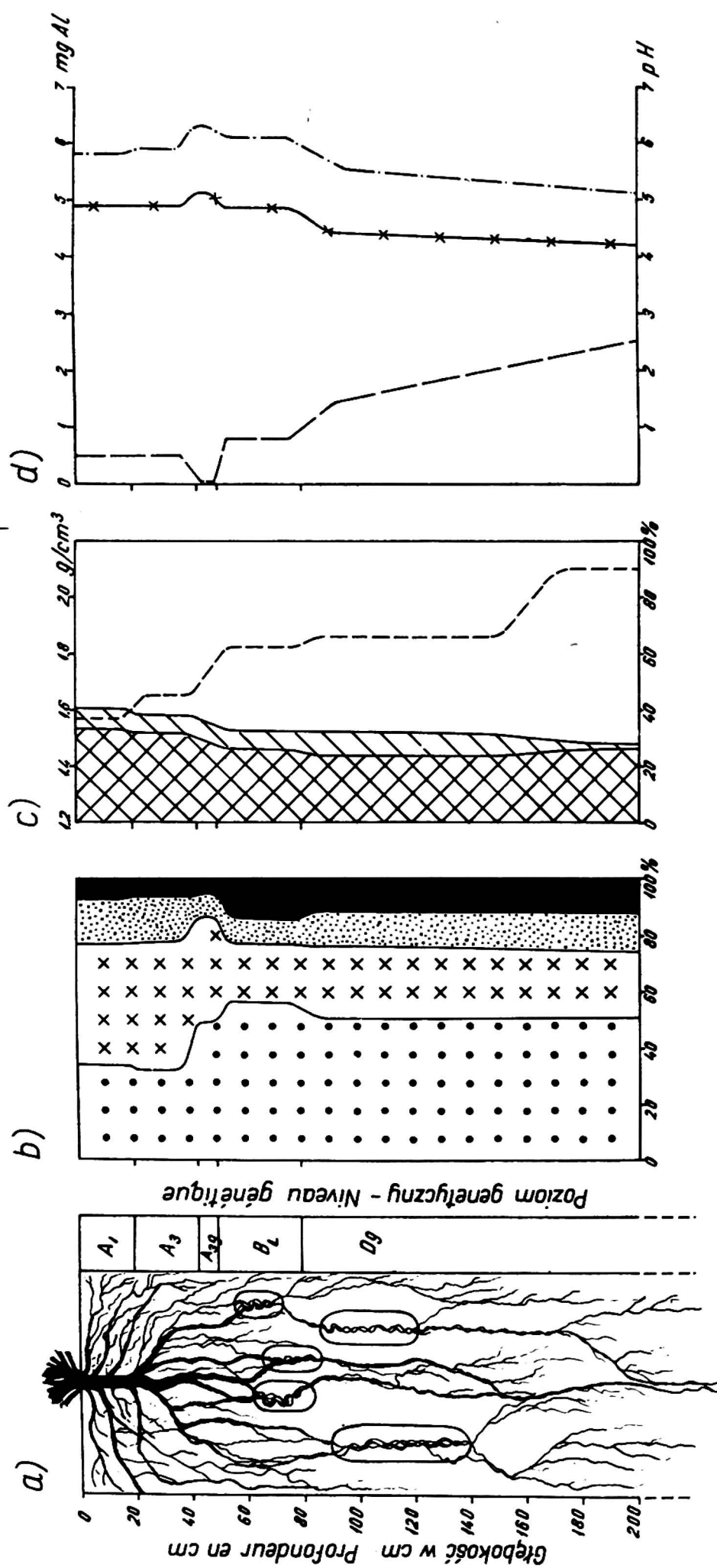
WYNIKI

Gleba pola I (III klasy) wytworzona z pyłów wodnolodowcowych na lekkiej glinie zwałowej (rys. 1a) odznaczała się dość dużym udziałem cząstek koloidalnych w podłożu 12-26%. Duże ilości cząstek pylistych w poziomach A_1 i A_3 gwałtownie malały w poziomie B_L . Gliny występujące w podłożu odznaczały się wysokim ciężarem objętościowym w granicach 1,82-1,90 g/cm³ oraz bardzo małą porowatością ogólną w granicach 26,9-31,6%, na którą składały się głównie pory kapilarne (rys. 1a). Najwyższa zawartość próchnicy 1,36% (tab. 1) w warstwie ornej i cząstek koloidalnych w podłożu (rys. 1A) złożyły się na najwyższą pojemność kompleksu sorpcyjnego w całym profilu glebowym. Jedynie w poziomach wymycia (A_3) częściowo pozbawionych koloidów glebowych pojemność kompleksu sorpcyjnego zmalała do ok. 2,02-2,92 me/100 g gleby. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym w stosunku do całej pojemności sorpcyjnej, wynosił ok. 65% w warstwie ornej, dochodząc do 87,6% w podłożu. Z kationów o charakterze zasadowym dominował głównie wapń wymienny (Ca^{++}), natomiast kationów magnezu wymiennego (Mg^{++}) było mało w warstwach górnych i nieco więcej na głębokościach poniżej 50 cm. Zawartość K_2O i P_2O_5 (tab. 1) była stosunkowo niska, zwłaszcza w poziomie A_3 a następnie wzrastała w głębszych warstwach. Na uwagę zasługuje fakt zwiększającej się kwasowości gleby w coraz głębszych warstwach profilu a równolegle z tym wzrost zawartości glinu ruchomego.

Reasumując przedstawione powyżej własności fizyczne i chemiczne gleby pola I należy stwierdzić, że nie stanowiły one zbyt korzystnych warunków dla wzrostu korzeni lucerny, zwłaszcza w głębszych poziomach B_L .

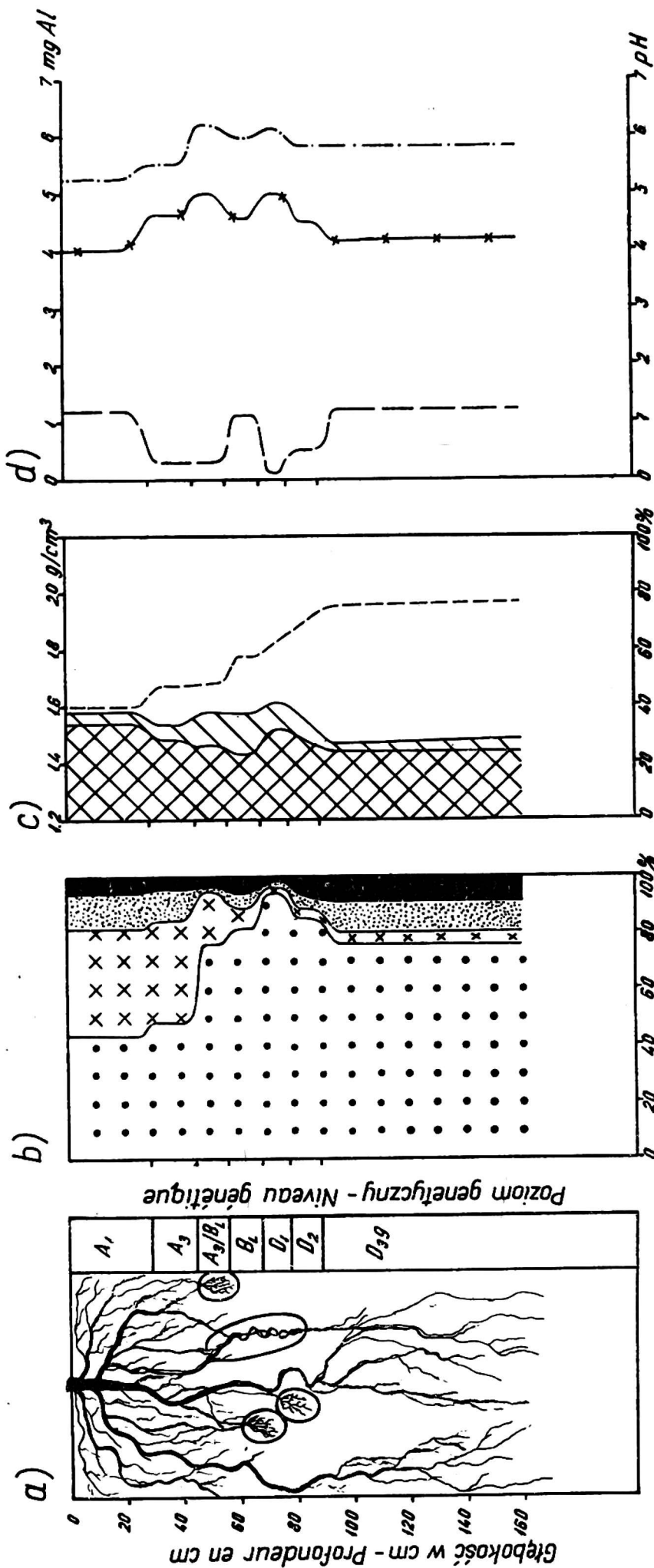
Zespół własności fizycznych i chemicznych tej gleby wpływał na kształtowanie się systemu korzeniowego lucerny już od pierwszego roku wegetacji. Mimo stosunkowo małej porowatości i dużego ciężaru objętościowego gleby w ciągu pierwszego roku wegetacji system korzeniowy lucerny osiągnął głębokość 115-135 cm. W ciągu II roku korzenie osiągnęły głębokość ponad 160 cm a już pod koniec III roku przekroczyły głębokość 200 cm.

W warunkach glebowych pola I ukształtował się najgłębszy system korzeniowy przekraczający 2 m. Malejąca porowatość ogólna i zwiększający się ciężar objętościowy głębszych warstw podłoża nie zahamowały wzrostu korzeni. W górnych warstwach o najkorzystniejszych warunkach system korzeniowy lucerny posiadał duże ilości grubych i drobnych włóknistych korzeni bocznych (rys. 1A). Na głębokości 50-60 cm gdzie gwałtownie pogarszały się własności fizyczne gleby obserwowano równie gwałtowny spadek ilości korzeni drobnych, natomiast korzenie grubsze tworzyły sznurowate sploty w korytarzach po dżdżownicach

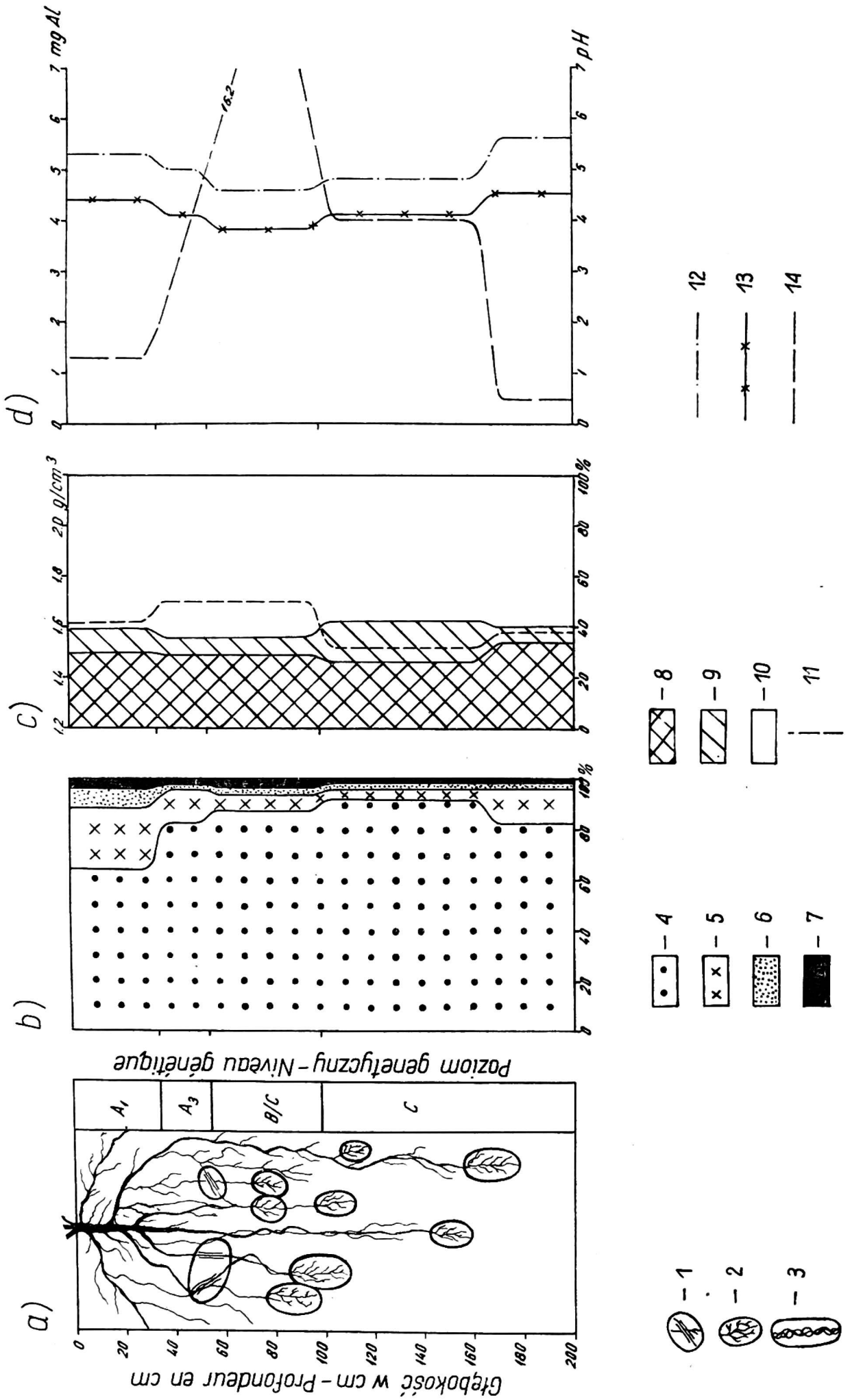


Rys. 1. A. System korzeniowy lucerny w trzecim roku wegetacji (Pole I) na tle fizycznych i chemicznych właściwości gleby. a — system korzeniowy lucerny, b — skład mechaniczny gleby, c — właściwości fizyczne gleby, d — odczyn gleb i zawartość Al ruchomego. Objaśnienia jak na rys. 1C

Fig. 1 A. Système racinaire de la luzerne dans la troisième année de végétation (Champ I) d'après la nature physique. a — système racinaire de la luzerne, b — composition mécanique du sol, c — caractéristique physique du sol, d — réaction des sols et teneur en Al. Abreviations comme fig. 1C

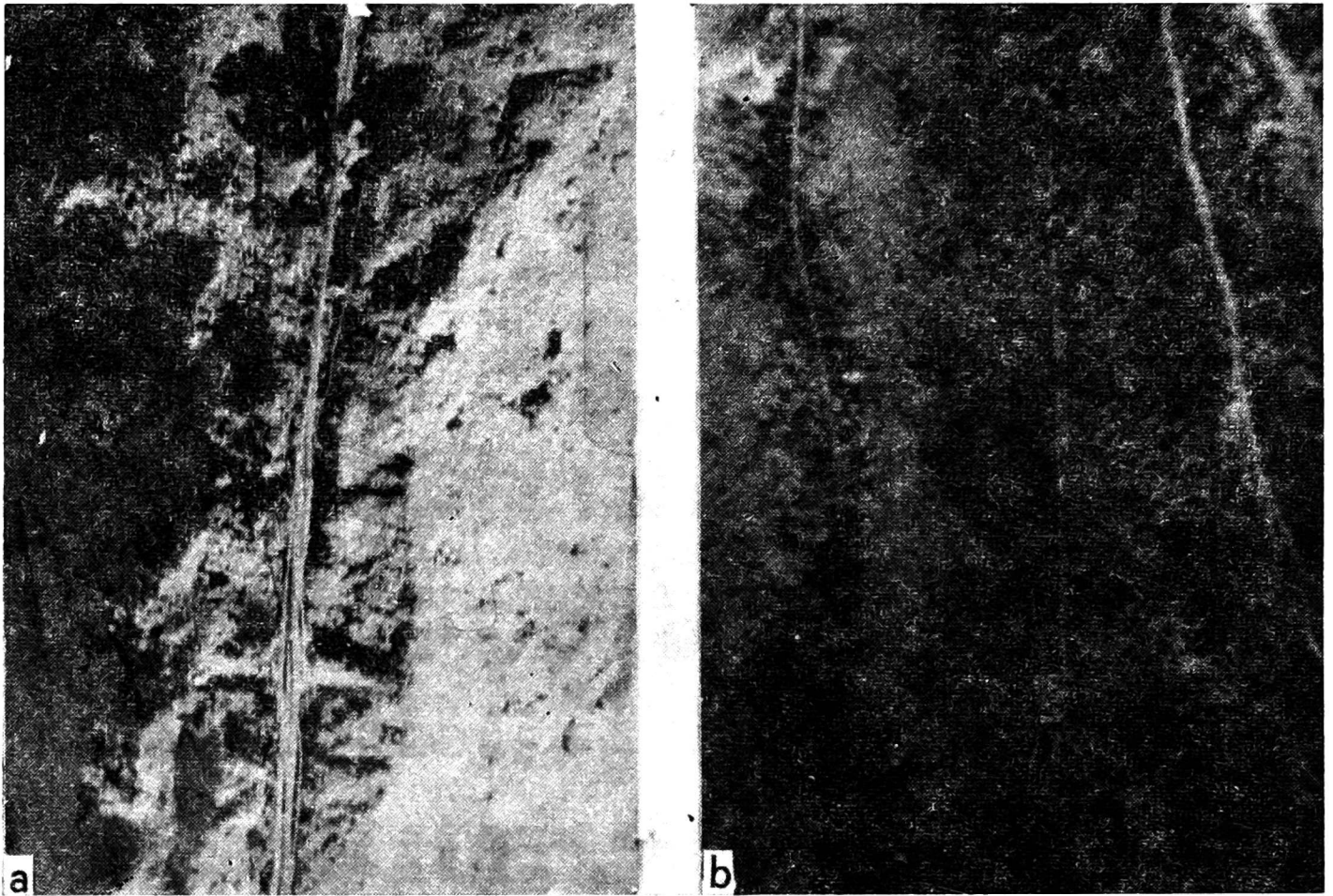


Rys. 1 B. System korzeniowy lucerny w trzecim roku vegetacji (Pole II) na tle fizycznych i chemicznych właściwości gleby. Objasnienia jak na rys. 1 C
 Fig. 1 B. Système racinaire de la luzerne dans la troisième année de végétation (Champ II) d'après la nature physique. Abréviations comme fig. 1 C



Rys. 1 C. System korzeniowy lucerny w trzecim roku wegetacji (Pole III) na tle fizycznych i chemicznych właściwości gleby. 1 — obumarłe korzenie innych roślin, 2 — pędzelkowate zakończenia korzeni lucerny, 3 — sznuro-

i starych obumarłych korzeniach innych roślin (rys. 2a, b). Większe ilości drobnych korzeni bocznych pojawiły się w tych warunkach sporadycznie i głównie w miejscu, gdzie występowały pionowe wkładki mniej zbitego materiału glebowego.



Rys. 2ab. Sznurowate sploty korzeni lucerny w gliniastym podłożu gleb pola I
Fig. 2ab. Enchevetrement des racines de la luzerne dans le sous-sol argileux du champ I

Gleba pola II (P-II) zaliczona do klasy IVa i IVb, wytworzona z niecałkowitych piasków gliniastych mocnych pylastych (rys. 1B) posiadała w podłożu warstwy o składzie mechanicznym piasków luźnych słabo gliniastych, gliniastych lekkich i glin zwałowych lekkich. Warstwy te, zwłaszcza na głębokości 50-90 cm były silnie zbite lub scementowane

wate sploty korzeni w kanalikach po dżdżownicach, 4 — ϕ 1-0,1 mm, 5 — ϕ 0,1-0,02 mm, 6 — ϕ 0,02-0,002 mm, 7 — ϕ < 0,002 mm, 8 — porowatość kapilarna gleby (% objętościowy), 9 — porowatość powietrzna gleby (% objętościowy), 10 — faza stała gleby (% objętościowy), 11 — ciężar objętościowy gleby g/cm³, 12 — pH_{H₂O}, 13 — pH_{KCl}, 14 — mg Al/100 g gleby

Fig. 1 C. Système racinaire de la luzerne dans la troisième année de végétation (Champ III) d'après la nature physique et chimique du sol. 1 — les racines mortes d'autres plantes, 2 — la terminaison „en pinceau” des racines de la luzerne, 3 — racines enchevetrées dans des canaux laissées par les bombrics, 4 — ϕ 1-0,1 mm, 5 — ϕ 0,1-0,02 mm, 6 — ϕ 0,02-0,002 mm, 7 — ϕ < 0,002 mm, 8 — porosité capillaire du sol, % de volume, 9 — porosité aérienne du sol, % de volume, 10 — phase stable du sol, % de volume, 11 — poids de volume du sol g/cm³, 12 — pH_{H₂O}, 13 — pH_{KCl}, 14 — mg Al/100 g gleby

Właściwości chemiczne gleb. Caractères chimiques des sols

Pole Champ	Poziom Niveau	Głębokość pobierania prób Profondeur des echantillons pris	Substancje organiczne Substances organiques	C	N	C:N	Ca ^{..}	Mg ^{..}	K ^o	Na [*]	S ₁ =Ca Mg+K +Na	H [*]	T = S ₁ +H	V = $\frac{S}{T} \cdot 100$	K ₂ O	P ₂ O ₅	mg/100 g gleby wg Egnera mg/100 g du sol selon Egner
%																	
cm																	
1	A ₁	0—20	0,79	1,36	0,089	8,8	2,89	0,33	0,24	0,05	3,51	1,85	5,36	65,5	11,5	3,8	
	A ₃	20—40	0,19	0,33	0,024	7,9	1,80	0,11	0,04	0,02	1,97	0,95	2,92	67,5	1,6	1,6	
	A ₃ g	40—50	0,05	0,086	0,010	5,0	1,40	0,16	0,03	0,03	1,62	0,42	2,02	80,2	2,6	2,3	
	BL	50—70	0,051	0,088	0,018	2,8	5,59	1,23	0,15	0,10	7,07	1,00	8,07	87,6	5,8	4,9	
	Dg	90—100	0,03	0,052	0,014	2,1	5,09	1,27	0,14	0,10	6,60	1,16	7,76	85,0	4,8	7,2	
	Dg	175—190	0,015	0,026	0,002	1,6	5,14	1,11	0,18	0,06	6,49	1,27	7,76	83,6	7,0	7,5	
2	A ₁	0—25	0,71	1,22	0,082	8,7	2,14	0,11	0,18	0,03	2,46	2,21	4,67	52,7	8,6	4,9	
	A ₃	30—40	0,16	0,27	0,018	8,8	1,04	0,08	0,03	0,02	1,17	0,96	2,13	54,9	2,6	1,0	
	A ₃ /BL	45—55	0,046	0,079	0,012	3,6	1,00	0,13	0,03	0,03	1,19	0,63	1,83	65,3	2,3	0,8	
	BL	58—68	0,038	0,065	0,009	4,2	2,49	0,54	0,09	0,02	3,14	1,01	4,15	75,7	4,2	3,0	
	D ₁	68—78	0,012	0,021	0,005	2,4	0,70	0,06	0,02	0,01	0,79	0,42	1,21	65,3	1,3	1,0	
	D ₂	78—89	0,040	0,007	0,012	3,3	2,49	0,82	0,10	0,03	3,44	1,01	4,45	77,3	4,8	4,0	
3	D ₃ g	100—110	0,031	0,053	0,012	2,6	4,49	1,59	0,18	0,05	6,31	1,22	7,53	83,7	7,0	6,4	
	A ₁	0—20	0,54	0,93	0,058	9,3	1,45	0,10	0,16	0,01	1,72	2,09	3,81	45,1	6,1	9,3	
	A ₃	40—50	0,017	0,029	0,005	3,4	0,25	0,02	0,03	ślady	0,30	1,00	1,30	23,1	1,0	3,8	
	B/C	60—80	0,026	0,045	0,007	3,7	0,40	0,06	0,07	ślady	0,53	2,16	2,69	19,7	3,6	4,2	
	C	110—120	0,011	0,019	0,010	1,1	0,10	0,02	0,03	ślady	0,15	0,76	0,89	16,8	2,3	2,0	
	C	180—190	0,005	0,009	0,005	1,1	0,45	0,12	0,04	ślady	0,61	0,26	0,86	70,9	2,6	1,6	

* — ślady — traces.

związkami żelazowymi i żelazawymi, wykazując małą porowatość ogólną i duży ciężar objętościowy w granicach 1,77-1,95 g/cm³.

Udział cząstek koloidalnych w składzie mechanicznym i zawartość substancji organicznej w warstwie ornej były niższe niż w glebie pola I. W konsekwencji pojemność kompleksu sorpcyjnego wynosiła 4,76 me/100 g gleby w warstwie ornej i tylko 1,21 me/100 g gleby w poziomie D_1 , wzrosła natomiast gwałtownie do 7,53 me/100 g gleby w poziomie D_{3g} (tab. 1).

W kompleksie sorpcyjnym dominowały również kationy Ca⁺⁺, chociaż w mniejszym stopniu niż w glebie pola I. W sumie niższy był również stopień wysycenia kationami o charakterze zasadowym, zwiększył się natomiast udział kationów wodoru (tab. 1). Odczyn tej gleby był również mało korzystny, lecz wzrastał wyraźnie w poziomach A_3 i D_1 . Niemal lustrzanym odbiciem krzywej pH jest krzywa zawartości glinu ruchomego. W tych warstwach, gdzie wzrasta wartość pH maleje zawartość glinu ruchomego. W sumie więc własności fizyczne i chemiczne gleby pola II stwarzały jeszcze mniej korzystne warunki dla wzrostu korzeni niż na polu I.

W tych warunkach podczas I roku wegetacji korzenie osiągnęły głębokość 60-90 cm a dalszy ich wzrost ograniczony był przez żelaziste warstwy. Korzenie wnikały w tą warstwę zaledwie na kilka a niekiedy kilkanaście centymetrów, wykazując przy tym charakterystyczne zgrubienia w końcowych odcinkach. W warstwie tej występowały również charakterystyczne deformacje końcowych odcinków korzeni w postaci zgrubiałych pędzelkowatych zakończeń (rys. 3a, b, c, d). Również występowały tam w latach następnych charakterystyczne sznurowate sploty, lecz w mniejszym nasileniu niż na polu I. Wrastanie korzeni do głębszych warstw w latach następnych było bardzo utrudnione i tylko nieliczne z nich przedostawały się kanałami po dżdżownicach lub starych obumarłych korzeniach, pionowymi wstawkami pylasto-piaszczystymi lub w miejscach słabiej scementowanych. Korzenie grubsze, które przeniknęły do głębszych warstw podłoża gliniastego, rozgałęziały się w postaci drobniejszych korzeni włóknistych dochodząc do głębokości 180 a nawet 200 cm.

Gleba pola III (P-III), zaliczana do klasy V, wytworzona z piasków luźnych wodnolodowcowych, odznaczała się bardzo małą zawartością frakcji koloidalnych. Znaczna ilość frakcji pylastej w warstwie ornej gwałtownie malała w głębszych warstwach. W poziomach B/C i C występowały niejednolicie rdzawe pasma piasków scementowanych związkami żelaza. Były one jednak mniej zwarte i nie stanowiły tak silnej przeszkody dla wzrostu korzeni jak na polu II.

Porowatość ogólna wierzchnich warstw była zbliżona do gleb pola I i II, lecz w głębszych warstwach była wyższa (rys. 1C). Zdecydowanie mniejszy był również ciężar objętościowy i wynosił 1,52-1,72 g/cm³.

Wskutek niskiej zawartości próchnicy i frakcji koloidalnych pojemność kompleksu sorpcyjnego była b. niska i wynosiła w warstwie ornej 3,8 me/100 g gleby oraz 0,89 me/100 g gleby w poziomie C. W kompleksie sorpcyjnym tej gleby dominowały kationy wodoru. Niski był również stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym. Przewaga kationów wodoru w kompleksie sorpcyjnym zdecydowała o kwaśnym odczynie gleby, z czym wiąże się również duża zawartość glinu ruchomego, zwłaszcza w poziomie B/C.

Mimo corocznego wapnowania i nawożenia fosforowo-potasowego, właściwości chemiczne tej gleby były mało korzystne dla wzrostu i plonowania lucerny. Tym niemniej lucerna rosła w tych warunkach przez 4 lata dając stosunkowo dobre plony, zwłaszcza nasion.

W warunkach glebowych pola III początkowy wzrost korzeni lucerny był szybszy niż na pozostałych polach, osiągając pod koniec I roku wegetacji przy słabszym tempie wzrostu głębokość 70-80 cm. W latach następnych przyrost na długość był coraz mniejszy a ostateczny zasięg korzeni dość rzadko przekraczał głębokość 160 cm. Nieliczne rośliny wykształcały system korzeniowy o zasięgu ponad 200 cm. Charakterystyczną cechą systemu korzeniowego lucerny rosnącej na polu III była duża ilość korzeni bocznych grubych i drobnych w górnych warstwach do głębokości 30-40 cm. W głębszych warstwach ilość korzeni bocznych gwałtownie malała. Również rozmieszczenie korzeni w tych warstwach było b. niejednolite przy czym największe ich zagęszczenie obserwowano w po-

T a b e l a 2

Przeciętna długość systemu korzeniowego (w cm) podczas kolejnych lat wegetacji w różnych glebach

La longueur moyenne du système racinaire (en cm) au cours des années successives de végétation sur divers sols

	Pole Champ I	Pole Champ II	Pole Champ III
I rok wegetacji — I année de végétation			
Ilość dni od wschodów. Jours après de pousse			
30	28	37	35
60	69	52	57
90	115	71	69
120	128	85	80
150	135	90	87
W końcu II roku wegetacji alafindela II année de végétation	163	135	130
w końcu III roku wegetacji alafindela III année de végétation	200	182	150
w końcu IV roku wegetacji alafindela IV année de végétation	>200	200	168

blizu warstewek żelazistego piasku lub wewnątrz ich. W tych miejscach korzenie tworzyły charakterystyczne pędzelkowate zakończenia (rys. 3a, b, c, d). Natomiast w miejscach, gdzie występował luźny piasek brak było drobnych korzeni a korzenie grubsze tworzyły również charakterystyczne sploty, lecz nie tak często jak na polu I.

Przedstawione wyniki analiz, pomiarów i obserwacji wskazują, że system korzeniowy lucerny uległ znacznym zmianom pod wpływem odmiennych warunków glebowych na poszczególnych polach. Szereg charakterystycznych cech systemów korzeniowych lucerny próbowano dokładniej ustalić w drodze pomiarów biometrycznych. Średnie wartości tych pomiarów przedstawiają tabele 2, 3 i 4.

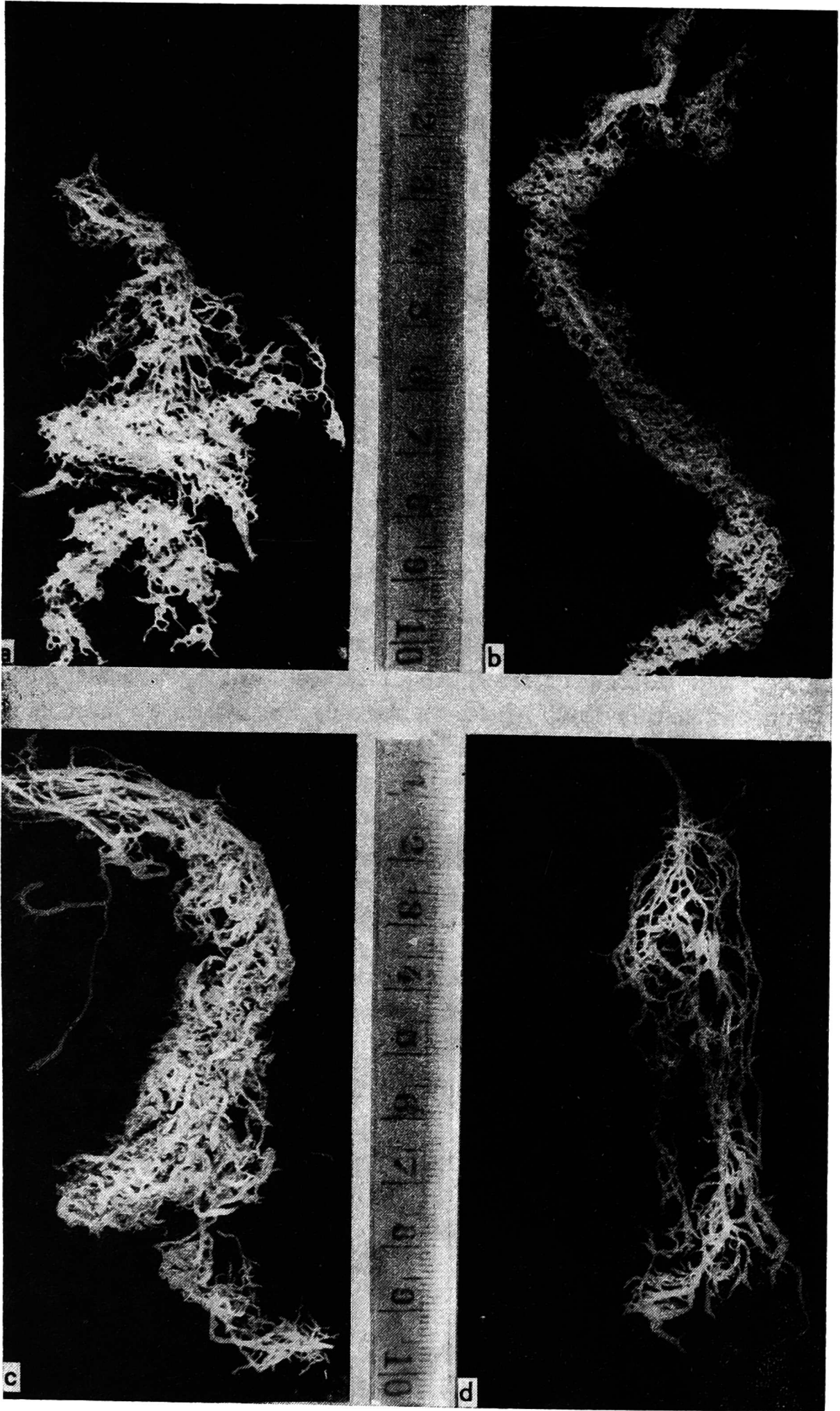
Dane tabeli 2 wykazały, że nie tylko ostateczna głębokość lecz i dynamika przenikania korzeni w głąb gleby na poszczególnych polach była różna. Początkowo najszybszy wzrost korzeni w warunkach warstwy ornej wystąpił na polu II i III, natomiast w następnych terminach oznaczeń na polu I.

Na uwagę zasługuje również fakt, że w I roku wegetacji na wszystkich polach główne korzenie były palowe i wyraźnie zaznaczone tylko w warstwie ornej, do 20-30 cm. W głębszych warstwach były one cienkie, nic nie różniły się od grubszych korzeni bocznych. W następnych latach wegetacji korzeń główny ulegał znacznemu zgrubieniu a równolegle z tym wzrastała ilość grubych korzeni bocznych, zwłaszcza w górnych warstwach gleby. Równocześnie stwierdzono pojawienie się tzw. korzeni selerowatych, których było najwięcej bo 16-18% na polu III, a najmniej na polu I (tab. 3). Jednak na korzeniach palowych występowały grube korzenie boczne o średnicy do 5 mm, których nieco więcej było

Tabela 3

Wyniki pomiarów biometrycznych korzeni
Résultats de mesurages biometriques des racines

Wykonane pomiary Mesurages effectués	Pole Champ I	Pole Champ II	Pole Champ III
Udział korzeni selerowatych — %	11-15	12-14	16-18
Participation de racines de type fasciculées — %			
Przec. ilość grubych korzeni bocznych szt.	4,2	3,6	3,7
Quantité moyenne de grosses racines laterales (quantité)			
Przec. ilość drobnych korzeni bocznych szt.	7,6	10,4	10,7
Quantité moyenne de petites racines laterales (quantité)			
Przec. średnica szyjki korzeniowej w mm	13,0	8,3	9,0
Largeur moyenne du collet de la racine — mm			
Przec. długość grubego korzenia palowego w cm	28,3	22,5	16,5
Longueur moyenne de la grosse racine pivotante — cm			



Rys. 3abcd. Różne typy deformacji (pędzelkowate zakończenia) końcowych odcinków korzeni lucerny

Fig. 3 abcd. Divers types de deformation (bouts ramifiés en placeaux)

na polu I, natomiast korzeni bocznych o średnicy do 1 mm było zdecydowanie więcej na polu II i III. W sumie jednak przeciętna ilość korzeni bocznych wyrastających z korzenia głównego była mniejsza na polu I. Najwięcej rozgałęzień bocznych tworzyło się w warstwie ornej a stosunkowo niewiele w głębszych warstwach. Średnica szyjki korzeniowej (korzenia głównego poniżej koronki) wykazywała dużą zmienność na każdym polu i wahała się w granicach od 6 do 40 mm. Przeciętnie średnica ta była jednak największa u korzeni rosnących na polu I (tab. 3). Obok zmian morfologicznych próbowano również ustalić rozmieszczenie masy korzeniowej w poszczególnych warstwach profilu glebowego. W każdym profilu oznaczenia przeprowadzano w kilku powtórzeniach. Sucha masa korzeni analogicznych warstw w kolejnych powtórzeniach wykazywała dużą zmienność, wykazując jednak podobne tendencje zmian.

W tabeli 4 przedstawiono wyniki oznaczeń z tych powtórzeń, na których oznaczano własności fizyczne i chemiczne gleby. Jakkolwiek przed-

Tabela 4

Rozmieszczenie masy korzeniowej lucerny w różnych glebach w g/20 dcm³ gleby (25 × 40 × 20 cm)
L'emplacement de la masse de racines de luzerne dans differents sols g/20 dcm³ du sol

Głębokość Profondeur cm	Pole Champ I	Pole Champ II	Pole Champ III
0—20	43,26	39,77	48,78
20—40	9,25	8,78	7,20
40—60	5,33	6,27	4,97
60—80	4,75	3,84	3,25
80—100	2,75	1,04	2,10
100—120	2,10	1,50	0,50
120—140	1,65	0,90	0,30
140—160	0,88	0,84	0,12
160—180	0,43	0,49	—
180—200	0,23	0,29	—
Razem Total	70,63	63,92	67,22

stawione wyniki nie mogą reprezentować rozmieszczenia masy korzeniowej w glebie na całym polu, pozwalają jednak na bardzo dokładne przesłedzenie wpływu właściwości fizycznych i chemicznych gleby na rozmieszczenie masy korzeniowej. Przedstawione wyniki wskazują, że największa masa korzeni wystąpiła w warstwie ornej na polu III a najmniejsza na polu II. W następnej warstwie na głębokości 20-40 cm więk-

sza masa korzeni była na polu I. W następnych warstwach charakterystyczne jest regularne lecz powolne zmniejszanie się masy korzeniowej na polu I i bardzo gwałtowne na polu III. Zmiany w rozmieszczeniu masy korzeniowej na polu II są bardziej nieregularne, gdzie wystąpił gwałtowny spadek masy korzeni w warstwie 80-100 cm a w następnych warstwach lekki wzrost do wielkości charakterystycznych na polu I. W sumie największą masę korzeni do głębokości 2 m wykształciła lucerna na polu I a najmniejszą na polu II. Różnice w wielkości suchej masy całego systemu korzeniowego są stosunkowo niewielkie i nie przekraczają 10% aczkolwiek jej rozmieszczenie w poszczególnych warstwach profilów glebowych było różne.

Przedstawione wyniki badań wykazały, że w tak zróżnicowanych naturalnych warunkach glebowych różnie kształtowała się dynamika wzrostu korzeni lucerny, głębokość ich zasięgu i rozmieszczenie masy korzeniowej. Wystąpiły również charakterystyczne zmiany morfologiczne a nawet daleko idące deformacje korzeni zwłaszcza ich dolnych odcinków. Literatura naukowa ostatnich lat dostarcza coraz więcej danych wyjaśniających zarówno mechanizm wzrostu korzeni w różnych warunkach glebowych [4], jak również określa wpływ poszczególnych czynników środowiska glebowego na wzrost korzeni różnych roślin uprawnych. Słowik [9] w swoich badaniach stwierdził, bardzo podobną do lucerny w naszych badaniach, reakcję korzeni jabłoni na piaskach słabo gliniastych. Na glebach tych, które w podłożu zawierały piasek luźny, zasięg korzeni jabłoni był również płytszy podobnie jak u lucerny.

Podobne również wystąpiły deformacje wierzchołków korzeni jabłoni w tych warstwach gleby, które wykazywały duży ciężar objętościowy i małą porowatość ogólną. W dalszych badaniach autor ten [10] potwierdził poprzednie obserwacje, wykazując że czynniki natury fizycznej mogą wpływać na zmianę cech morfologicznych korzeni. Stwierdził on również, że wielkość przestworów określona układem wielkości ziarn piasku może stanowić fizyczną barierę dla głębszego korzenienia się siewek jabłoni. Analogiczne zjawisko stwierdzono w omawianych badaniach, gdzie korzenie lucerny miały płytszy zasięg na glebie piaszczystej na polu III. U lucerny wystąpiły również charakterystyczne deformacje końcowych odcinków korzeni w warstwach piaszczystych gleb na polu II i III. Inne zmiany morfologiczne stwierdzono na polu I, gdzie w glebie gliniastej mimo największego zasięgu korzeni wystąpiły charakterystyczne sznurowate sploty co może świadczyć o dużych trudnościach w przenikaniu korzeni do głębszych warstw. Świadczy o tym również duży ciężar objętościowy tych warstw podłoża wynoszący 1,82-1,90 c/cm³. Jak wykazali Veihmeyer i Hendrickson [16] przy ciężarze objętościowym ok. 1,8 g/cm³ wzrost korzeni ulega zahamowaniu. Okazuje się, że przy ciężarze objętościowym 1,8 g/cm³ siły oporu są tak duże iż uniemożliwiają przenikanie korzeni.

Obok omówionych własności fizycznych, które niewątpliwie wywarły wpływ na kształtowanie się systemu korzeniowego lucerny duże znaczenie mogły mieć określone własności chemiczne gleb. Na ten czynnik środowiska glebowego zwraca uwagę szereg autorów [5, 6, 7, 17].

Kutschera [5] cytując wyniki szeregu badań podaje, że na glebach lżejszych przy wysokiej naturalnej kwasowości może występować duże stężenie ruchomego glinu, który jest szkodliwy dla korzeni roślin.

Podobny pogląd reprezentuje Nowotny-Mieczyska [7]. Badania Mac Leoda i Jacksona [6] wskazują jednak, że lucerna i koniczyna znoszą stężenie jonów glinu do 1 mg/litr roztworu glebowego, natomiast wyższe stężenia tych jonów ograniczają wzrost korzeni.

W badanych warunkach, zwłaszcza na polu III duża zawartość ruchomego glinu mogła wpłynąć również na zahamowanie wzrostu korzeni lucerny a głównie na silne zmniejszenie masy korzeniowej w głębszych warstwach tej gleby.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania dostarczyły wyników, które sugerują konieczność dalszych badań nad możliwością uprawy lucerny na glebach lżejszych oraz pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków.

1. Gleby klasy V o podłożu piaszczystym nie zapewniają korzystnych warunków dla wzrostu systemu korzeniowego lucerny, lecz w sprzyjających warunkach klimatycznych i po odpowiednim uregulowaniu zwłaszcza własności chemicznych mogą być brane pod uprawę lucerny nasiennej,

2. Właściwości chemiczne i fizyczne badanych gleb mogą powodować duże zmiany morfologiczne a nawet poważne deformacje korzeni, zwłaszcza w piaszczystych luźnych i scementowanych warstwach podłoża.

3. W warunkach fizycznych i chemicznych gleby piaszczystej kształtował się płytszy system korzeniowy lucerny niż w warunkach gleby gliniastej o podłożu zbitym i o wysokim ciężarze objętościowym.

4. Rozmieszczenie masy korzeniowej lucerny w poszczególnych warstwach profilu glebowego ulega znacznym zmianom pod wpływem chemicznych i fizycznych własności tych gleb.

LITERATURA

1. Barley K. P.: Effects of root growth and decay on the permeability of a synthetic sandy loam. *Soil. Sci.*, 1954, 78, 205-211.
2. Barley K. P.: Influence of soil strength on growth of roots. *Soil. Sci.*, 1963, 96, 175-180.

3. Bennet O. L., Doss B. D.: Effect of soil moisture level on root distribution of cool-season forrage species. *Agron. Journ.*, 1960, 52, nr 4.
4. Greacen E. L., Barley K. P., Farrelly D. A.: The mechanics of root growth in soils with particular reference to the implications for root distribution. *Root Growth.*, 1970, Ed. by Milthorpe, Bulterwoths Scientific Publications, London.
5. Kutschera L.: *Wurzelatlas*, Frankfurt am Main 1960, D.L.G. — Verlags GMBA.
6. MacLeod L. B., Jackson L. P.: Effect of concentration of aluminium ion of root development and establishment of legume seedlings., *Canad. J. Soil. Sci.*, 1965, 45, 221-233.
7. Nowotny-Mieczysława A.: *Fizjologia mineralnego żywienia roślin*. PWRiL, Warszawa, 1965.
8. Scott T. W., Erikson A. E.: Effect of aeration and mechanical impedance on the root development of alfalfa, sugar beets and tomatoes. *Agron. Journ.*, 1964, 56, 575-576.
9. Słowik K.: Przydatność sadownicza niektórych piasków słabo gliniastych *Pr. Inst. Sad.*, 1966, 10, 195-211.
10. Słowik K.: Wpływ wielkości przestworów glebowych na głębokość wzrastania korzeni siewek antonówki. *Pr. Inst. Sad.*, 1967, 11, 109-116.
11. Stankow N. Z.: *Korniewaja sistema poliewych kultur*. Izdat. Kołos, Moskwa, 1964.
12. Szczygielski T.: Niektóre rezultaty issledowanij korniewych sistemow ljucerny w usłowijach poljewych opytow. *Acta Univ. Agric., Sborn. ref. Vys. Szkoły, A.* 1967, 35-43.
13. Taylor H. M., Burnett E.: Influence of soil strength on the root-growth habits of plants. *Soil Sci.*, 1964, 98, 174-180.
14. Taylor H. M., Rotertson S. M., Parker J. I.: Soil Strength — root penetration relations for medium to coarse-textured soil materials. *Soil. Sci.*, 1966, 102, 18-22.
15. Trzecki S.: Próba wyznaczenia granicznych oporów gleby i zawartości powietrza dla początkowego wzrostu korzeni niektórych roślin uprawnych (badania wazonowe), *Post. Nauk. rol.*, 1969, 6, 71-78.
16. Veihmeyer F. J., Hendrickson A. M.: Soil density as a factor in determining the permanent wilting percentage., *Soil Sci.*, 1964, 62, 451-457.
17. Welczew W., Balewski P., Adamski G.: Wlijanie na waruwaneto na siwite i świetłosiwite gorski poczwi w rewerozitozna Bałgarija warchu dobiwa ot ljucerna, *Poczwoznanije i Agrochim.*, 1968, 2, 53-60.
18. Wiersum L. K.: The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots., *Plant and Soil*, 1957, 9, 75-85.

T. Szczygielski, Z. Czerwiński

**RECHERCHES SUR LE SYSTÈME RADICULAIRE DE LA LUZERNE
PART. II L'EFFET DES CONDITIONS DU SOL SUR LA CROISSANCE ET LA
MORPHOLOGIE**

R é s u m é

Au cours de recherches effectuées sur le champ expérimental à Wolica concernant la luzerne variété Kleszczewska dans la I, II, III et année de végétation on a déterminé la croissance, la profondeur et la morphologie du système des racines par méthode de fouiller le sol à sec avec lavage des racines directement sur le

profil du sol. La longueur du système des racines de la luzerne dans la I année de végétation par rapport à la nature du sol et du sousol atteignait 80-135 cm, dans la deuxième année de végétation 120-165 cm (les racines particulières jusqu'à 180 cm). Dans la troisième et quatrième année la profondeur des racines était la plus diverse et atteignait 160 cm, sur sols avec sousols argileux-plus de 200 cm. Dans la I année de végétation sans egard aux conditions du sol le type pivotant du système de racines dominait a un petit nombre de racines plus grosses latérales — les racines ramifiées étaient rares, sporadiques. Avec une plus grande densité des plantes les racines ramifiées et les racines latérales plus grosses manquaient. Dans les années suivantes de végétation on a remarqué de grandes différences dans la morphologie du système des racines de la luzerne.

T. Szczygielski, Z. Czerwiński

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS WURZELSYSTEM DER LUZERNE
TEIL II. EINFLUSS DER BODENBEDINGUNGEN AUF DAS WACHSTUM UND
DIE MORPHOLOGISCHEN EIGENSCHAFTEN

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

In den Untersuchungen auf dem Versuchsfeld in Wolica wurde der Wachstumsverlauf, die Eindringung in den Boden und die Morphologie des Luzernewurzelsystems (Sorte Kleszczewska) im I, II und III Vegetationsjahr bestimmt. Die Bestimmungen wurden mittels des trockenen Ausgrabens mit dem Auswaschen der Wurzeln direkt auf dem Bodenprofil durchgeführt.

In dem ersten Vegetationsjahr konnte das Luzernewurzelsystem, in Abhängigkeit von den Eigenschaften des Bodens und der tieferen Bodenschichten, die Tiefe von 80 bis 135 cm erreichen; in dem zweiten Vegetationsjahr — 120-165 cm (die einzelnen Wurzeln — bis 180 cm). Die grösste Differenzierung des Wurzelwachstums wurde in dem dritten und vierten Vegetationsjahr nachgewiesen: in Böden auf sandigem Untergrund drangen die Wurzeln bis ungefähr 160 cm; in Böden auf tonigem Grund überschritt die Wurzellänge 200 cm. In dem ersten Vegetationsjahr wurde, unabhängig von den Bodenbedingungen, vorwiegend der Typ des Pfahlwurzels mit den wenigen dicken Nebenwurzeln festgestellt; verzweigte Wurzeln kamen nur selten vor. Bei der dickeren Bestandsdichte konnten weder verzweigte noch dicke Nebenwurzeln beobachtet werden. In den nächsten Vegetationsjahren kamen erhebliche Veränderungen der Luzernewurzelmorphologie vor.

Т. Щигельски, З. Червиньски

ИССЛЕДОВАНИЯ НАД КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ ГИБРИДНОЙ ЛЮЦЕРНЫ.
Ч. II. ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА РОСТ И МОРФОЛОГИЮ

Р е з ю м е

Исследования проведено в экспериментальном поле в Волицы в 1967-1969 годах на гибридной люцерне вида Клещевска в I, II, III, IV, годах вегетации. В исследованиях применено метод сухой раскопки, вымывания корней непосредственно на почвенном профиле. В результате проведенных опытов констатировано, что проникновение корневой системы люцерны в первом году вегетации зависит от свойств почвы, а прежде всего подпочвы — корни

достигли глубины 80-135 см. Во втором году вегетации корни достигли глубины 120-165 см. и только единичные корни достигали иногда глубины 180 см.

В третьем и четвертом годах исследований проникновения корней были наиболее дифференцированные и достигали на почвах с песчаной подпочвой 160 см, когда на почвах с глинистой подпочвой корни люцерны превышали глубину 200 см. В первом году вегетации во всех исследованных почвенных условиях преобладал тип стержнекорневой системы с небольшим количеством более толстых, боковых корней.

Ветвистые корни найдено только спорадически. При большей плотности растений, вообще появлялись ветвистые и более толстые боковые корни. В следующих годах вегетации появлялись значительные морфологические различия корневой системы люцерны.