

DOROTA GOŁĘBIEWSKA, JOANNA GRZYB-MIKLEWSKA

Akademia Rolnicza w Szczecinie

## KOMPLEKSY HUMUS-ENZYM

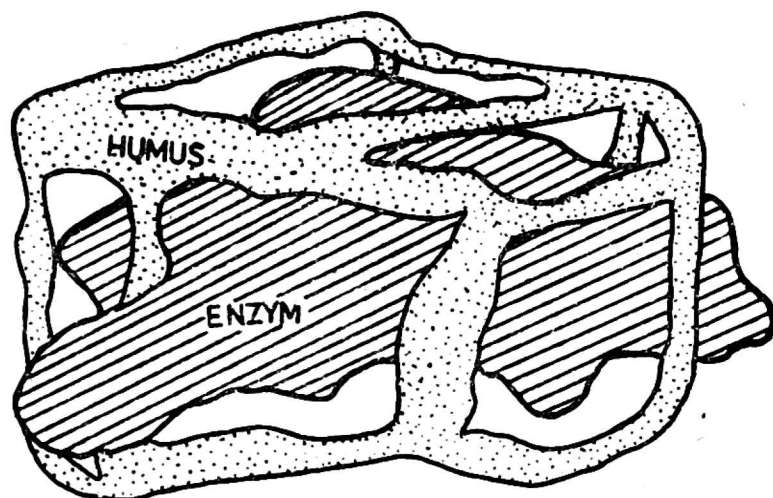
II. ODDZIAŁYWANIE KOMPLEKSÓW HUMUS-ENZYM  
W UKŁADACH MODELOWYCH „IN VITRO”

Dużą pomoc w wyjaśnieniu mechanizmów tworzenia się kompleksów humus-enzym dają doświadczenia „w próbowni”, pozwalające badać oddziaływanie enzymów, pochodzących z różnych źródeł, z naturalnymi lub sztucznymi substancjami humusowymi [12, 22, 46]. Przy zachowaniu określonych warunków reakcji, takie oddziaływania prowadzą do powstania modelowych kompleksów humus-enzym (H-E). Porównanie widm IR, współczynników barwy ( $E_{465}/E_{665}$ ) oraz składu pierwiastkowego tak wytworzonych połączeń wskazuje, że pod wieloma względami są one podobne do natywnego humusu gleb [35, 38, 46, 47]. Właściwości dotyczące aktywności enzymatycznej naturalnych i sztucznych kompleksów H-E oraz ich stabilności w glebie są również podobne [2, 8, 10—12, 16, 31—34, 41, 42].

Poszukując wyjaśnienia mechanizmów powstawania kompleksów H-E, ich stabilizacji i reaktywności, badano kompleksy tworzące się w wyniku prostej adsorpcji [2, 10, 31, 42] flokulacji [15, 16, 34] lub heteropolikondensacji [31, 33, 42, 46]. Prosta adsorpcja enzymu na sztucznym kwasie humusowym daje kompleksy nietrwałe, które po wprowadzeniu do gleby ulegają szybkiemu rozkładowi. Podobny efekt obserwuje się w wyniku zadziałania podwyższonej temperatury [2, 15, 42].

Wiązanie enzymu w procesie heteropolikondensacji powoduje, iż aktywność jego spada, ale kompleks jest trwały.

W tworzeniu kompleksów H-E przez flokulację wykorzystuje się zdolność kwasów humusowych do jednoczesnego wiązania enzymów i jonów metali. Kompleksy powstałe na tej drodze są stosunkowo trwałe, gdyż w procesie flokulacji część cząsteczek enzymu zostaje wbudowana i uwięziona w sieci przestrzennej substancji humusowych (rys. 1).



Rys. 1. Fizyczne uwięzienie enzymu w strukturze substancji humusowych.

*Oddziaływanie substancji humusowych  
z enzymami roślinnymi i wydzielanymi przez mikroorganizmy*

Duże znaczenie dla zrozumienia oddziaływań występujących między enzymami a substancjami próchnicznymi mają badania dotyczące wpływu tych substancji na aktywność enzymów wyizolowanych z organizmów żywych. W doświadczeniach tego rodzaju do buforu, w którym przeprowadza się oznaczanie aktywności enzymu, dodaje się wodnego roztworu substancji humusowych wyekstrahowanych z gleby, lub wodnego roztworu syntetycznego kwasów humusowych [1, 9, 14, 17—19, 25—27, 29—30, 43—45]. W większości eksperymentów wykazano, że oddziaływanie humus-enzym prowadzi do obniżenia aktywności enzymów (tab. 1). Mechanizmy inhibicji poszczególnych enzymów są różne i zależą od rodzaju substancji humusowych. Enzymy z grupy oksydoreduktaz ulegają inhibicji kompetycyjnej, jeżeli jednym z ich substratów jest NADH lub  $\text{NAD}^+$  [26—27, 29, 30].

Substancje humusowe wykazują właściwości akceptorowo-donorowe. Mogą one zarówno wiązać na swej powierzchni  $\text{NAD}^+$ , jak i konkurować o miejsca wiążące enzymów z formą zredukowaną nukleotydu, NADH.

Silne właściwości donorowe kwasów humusowych powodują, że w reakcjach katalizowanych przez peroksydazy, kwasy huminowe nie wpływają na oddziaływanie enzym —  $\text{H}_2\text{O}_2$ , natomiast w różny sposób wpływają na substraty redukujące. Inhibicję kompetycyjną peroksydaz obserwowano jedynie w obecności NADH. W przypadku innych substratów donorowych, kwasy huminowe powodowały inhibicję innego typu [25, 26, 44].

Badania nad wpływem kwasów humusowych na aktywność enzymów roślinnych wykazały, że substancje te w różny sposób modyfikują przebieg reakcji enzymatycznych. Mogą one same być inhibitorami niektórych

Tabela 1

## Zmiany właściwości izolowanych enzymów pod wpływem substancji humusowych

Enzym	Substrat humusowy	Inne substraty reakcji	Dane kinet.		Wynik oddziaływania	Prawdopodobny mechanizm	Literatura
			V <sub>max</sub>	K <sub>m</sub>			
Dehydrogenaza jabłczanowa 1.1.1.37.	kwasy huminowe naturalne i syntetyczne	NAD <sup>+</sup>	b.z.	↗	Inhibicja kompetycyjna znośzona przez Ca <sup>+2</sup>	KH tworzy kompleksy z NAD <sup>+</sup>	[27]
		jabłczan	b.z.	↗			
		NADH	↘	↗	Mieszany typ inhibicji	KH wiąże się w miejscu NADH	[27]
		szczawiooctan	↘	↘			
Dehydrogenaza glukozy-6-fosforanowa 1.1.1.49.	kwasy fulwowe naturalne i syntetyczne				Brak korelacji wpływu na enzym z wpływem na wzrost roślin	Kwasy fulwowe mogą być metabolizowane jako źródło węgla	[30]
					brak wpływu na aktywność i wzrost roślin		[30]
Dehydrogenaza glutaminianowa 1.4.1.4.	kwasy fenoksyacylowe (herbicydy)	NADH	b.z.	↗	Inhibicja kompetycyjna	Łączenie się herbicydu z aktywnym centrum enzymu	[29]
Peroksydaza ze „Streptococcus” 1.11.1.7.	kwasy huminowe naturalne i syntetyczne	NADH	b.z.	↗	Inhibicja kompetycyjna dla NADH	Wiązanie KH przez enzym w miejscach wiążących dla NADH	[26]
		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	↘	b.z.			

c.d. tabl. 1

Enzym	Substrat humusowy	Inne substraty reakcji	Dane kinet.		Wynik oddziaływania	Prawdopodobny mechanizm	Literatura
			$V_{max}$	$K_m$			
Peroksydaza z korzenia rzodkiewki 1.11.1.7.	kwasy humino- we naturalne i syntetyczne	guajakol $H_2O_2$	b.z.	↗	Inhibicja nietypowa opóźnienie rozpadu i spadku wydajności reakcji	Wiązanie guajakolu przez kwasy huminowe	[26]
	kwasy humino- we z alg kwasy fulwowe z alg	o-dwuanizydyna, $H_2O_2$	↘	b.z.	Inhibicja niekompetycyjna, kwasy fulwowe silniejszymi inhibitorami niż huminowe	Wiązanie się KH w miejscu innym niż centrum aktywne poprzez grupy OH fenoli	[25]
Peroksydaza z korzenia pszenicy 1.11.1.7.	kwasy humino- we	o-dwuanizydyna	↘	b.z.	Inhibicja niekompetycyjna	Wiązanie się kwasów huminowych poprzez grupy COOH lub części aromatyczne	[43]
	kwasy fulwowe	$H_2O_2$	b.z.	b.z.			
1,2-dioksygenaza katecholowa 1.13.11.1.	kwasy fulwowe	katechol	↗		Zwiększenie ilości syntetyzowanego enzymu	Wzrost przepuszczalności błony komórkowej dla katecholu	[9]
Kwaśna fosfotaza korzenia pszenicy 3.1.3.2.	kwasy humino- we kwasy fulwowe	fosforan p-nitrofenolowy	↘	b.z.	Inhibicja niekompetycyjna, silniejsza dla kwasów huminowych niż fulwowych		[18]

c.d. tabl. 1

Enzym	Substrat humusowy	Inne substraty reakcji	Dane kinet.		Wynik oddziaływania	Prawdopodobny mechanizm	Literatura
			$V_{max}$	$K'_m$			
Kwaśna fosfataza sadzonek pomidora 3.1.3.2.	humian sodu				Spadek aktywności enzymu we wnętrzu komórek	Wnikanie humianu do komórek i jego transport do nadziemnych części roślin	[13]
$\beta$ -D-fruktofuranozydaza korzeni wyższych roślin 3.2.1.26.	kwasy huminowe	naturalny inhibitor inwertazy			Obniżanie stopnia inhibicji enzymu	Oddziaływanie kwasów huminowych z inhibitorem	[17, 44]
	kwasy huminowe (dośw. <i>in situ</i> )				Zwiększenie ilości syntetyzowanego enzymu wzrastające ze stężeniem kwasów huminowych	Wpływ na proces transkrypcji m-RNA	[45]

Objaśnienia:

 $V_{max}$  — prędkość maksymalna $K'_m$  — stała Michaelisa-Menten

↗ — wzrost

↘ — spadek

b.z. — bez zmian

enzymów, a w stosunku do innych wykazywać działanie ochronne, polegające na silnym wiązaniu naturalnie występujących inhibitorów tych enzymów [1, 17, 45]. Ostatnie badania Khazijeva i Gul'ko [10] wykazały, że kwasy huminowe w oddziaływaniach z peroksydazą mogą być traktowane jako: produkt enzymatycznej reakcji, niespecyficzny substrat, lub jako czynnik unieruchamiający enzym w sposób fizyczny. Powstające kompleksy H-E charakteryzują się niewielką, ale trwałą aktywnością enzymatyczną.

Kwasy huminowe mogą zwiększać lub zmniejszać aktywność niektórych enzymów roślinnych „*in situ*”, przy czym ich działanie na podziemną i nadziemną część rośliny może być różne [30, 39, 43]. Przypuszcza się, iż mogą one wpływać na zwiększenie ilości niektórych enzymów wewnątrzkomórkowych [9, 39, 43, 45]. W doświadczeniach „*in vitro*” kwasy huminowe zwiększają efektywność procesu oksydatywnej fosforylacji w mitochondriach wątroby szczura [48]. Przypuszcza się, że kwasy humusowe oddziałują na procesy zachodzące w komórce poprzez modyfikację przepuszczalności błony komórkowej dla drobnocząsteczkowych produktów degradacji kwasów huminowych takich, jak np. katechol [9], lub poprzez takie oddziaływanie na transport aktywny przez błony plazmatyczne, w wyniku którego do wnętrza komórki mogą przedostawać się całe cząsteczki kwasów huminowych [4, 14]. Wykazano, że istnieje zależność odwrotnie proporcjonalna między „siłą” oddziaływania substancji humusowych z enzymami, a masą cząsteczkową tych substancji [5, 13, 18, 21, 24, 25].

Niskie stężenia kwasów humusowych i kompleksów humus-enzym wpływają stymulująco na wzrost roślin i rozwój mikroorganizmów, natomiast wysokie stężenia tych substancji działają hamująco [4, 23, 28, 39]. Świadczyć to może o występowaniu więcej niż jednego mechanizmu działania kwasów humusowych na wzrost roślin. Pewne frakcje humusu mogą podtrzymywać procesy anaboliczne w roślinie, inne zaś — kataboliczne.

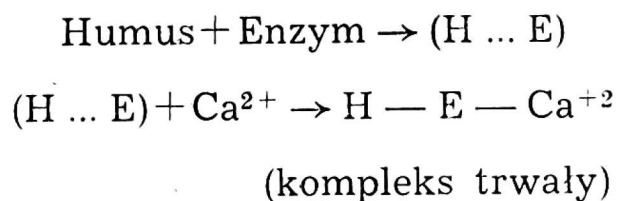
### *Rola jonów metali*

Grupami nadającymi charakter kwasowy substancjom humusowym są przede wszystkim grupy -COOH i fenolowe -OH. Grupy te odgrywają istotną rolę w oddziaływaniach kwasów humusowych z enzymami [25, 27, 29]. Ich zablokowanie przez jony dwuwartościowe takie, jak  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , znosi efekt inhibicyjny kwasów humusowych w stosunku do niektórych enzymów [19, 27], natomiast oddziaływanie z jonami trójwartościowymi, np.  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  może prowadzić do tworzenia chelatów zdolnych,

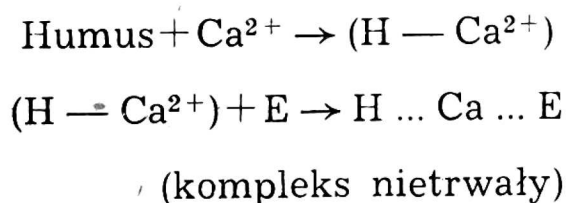
jak się przypuszcza, do modyfikacji transportu aktywnego przez błony [28, 40].

Wszystkie frakcje humusu wykazują zdolność tworzenia trwałych kompleksów z jonami metali i ich uwodnionymi tlenkami [7, 47]. Najwięcej prac dotyczy powstawania kompleksów H-E z udziałem  $\text{Ca}^{2+}$  [15, 16, 20, 34]. Trwałość połączenia humus-enzym, mierzona aktywnością enzymatyczną kompleksu, jest zróżnicowana i zależy od wielu czynników takich, jak: stężenie substratów reakcji, kolejność i czas ich reagowania między sobą, temperatura, pH itp.

Wykazano [15], iż szczególnie duża stabilność i oporność na proteolizę charakteryzuje kompleksy humus-enzym otrzymane w procesie flokulacji, wywołanej dodaniem  $\text{Ca}^{2+}$  (w postaci  $\text{CaCl}_2$ ) wtedy, gdy reakcję prowadzi się dwustopniowo w następującej kolejności:



Zmiana kolejności dodawania substratów powoduje, że powstaje produkt nietrwały:



Badania nad wpływem  $\text{Ca}^{2+}$  na powstanie kompleksów humus-inwertaza [15, 16] pozwoliły na postawienie tezy, iż w tworzeniu kompleksów H-E uczestniczą wiązania jonowe, wodorowe oraz wiązania z przeniesieniem ładunku (ang. CT — Charge Transfer), natomiast wiązania atomowe odgrywają mniejszą rolę. W wyniku w/w oddziaływań powstają większe organiczne polianiony, zachowujące zdolność do silnego wiązania kationów wielowartościowych zarówno przez składową humusową, jak i białkową. W taki sposób tworzą się kompleksy o strukturze zależnej nie tylko od rodzaju i stężenie użytego kationu, ale również od wzajemnych proporcji między enzymem a substancją humusową oraz od kolejności zachodzących reakcji.

Badania Senesiego [35] wykazały, że jony wapnia, o których od dawna wiadomo, że z substancjami humusowymi tworzą połączenia typu soli [38, 47], mogą również koordynować asocjację makrocząsteczek H-E. W wyniku tej asocjacji powstają większe agregaty, charakteryzujące się okreś-

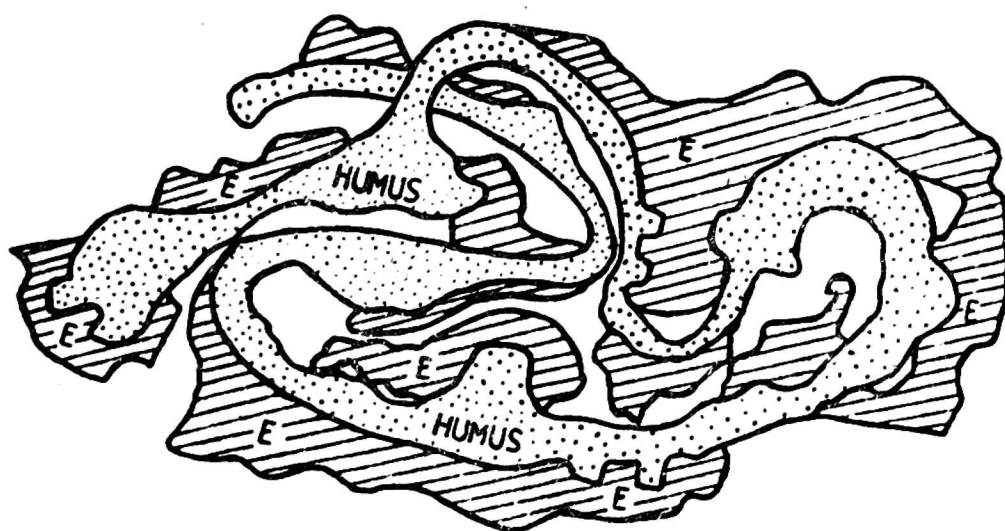
lonym usieciowaniem. Posługując się mikroskopią elektronową stwierdzono [35, 49], że w strukturze tych agregatów występują mikropory, w których może być uwięziona pewna ilość cząsteczek enzymu nie związanych chemicznie z substancjami humusowymi. Struktura agregatów, wytworzonych w wyniku koordynującego działania jonów  $\text{Ca}^{2+}$  jest odporna na proteolizę, lecz wrażliwa na zmiany pH, jak i na wymywanie [15].

### Znaczenie przestrzennej struktury substancji humusowych

Wnikliwe badania właściwości kompleksów H-E wskazują na istotną rolę konformacji przestrzennej substancji humusowych w tworzeniu się tych połączeń [49]. Znaczącą zmianę cech charakterystycznych pomimo niewielkiego ubytku masy substancji humusowych w trakcie oczyszczania kompleksu zaobserwowała Maignan [15].

Wyjaśnienia tego faktu upatruje się w strukturze przestrzennej substancji humusowych pozwalającej na uwięzienie enzymu w „oczku” sieci (rys. 1). Taki rodzaj „pułapkowania” enzymów mógłby dobrze tłumaczyć wzrost odporności na proteolizę enzymów połączonych z substancjami humusowymi, spowodowany *uniemożliwieniem (ze względu na rozmiar sieci) dostępu enzymom proteolitycznym i innym wielkocząsteczkowym, aktywnym biologicznie substancjom* [3, 6, 21, 24, 34, 36].

Unieruchomieniu enzymów w sieci heteropolimeru humusowego przypisuje się także stabilizację termiczną 3-rzędowej struktury enzymu poprzez tworzenie trwałego połączenia 3-wymiarowego [6, 34, 36, 41, 42] (rys. 2). Na znaczenie stabilizacji 3-rzędowej struktury białek w nadaniu



Rys. 2. Wzmocnienie (stabilizacja) 3-rzędowej struktury enzymu poprzez połączenie z substancjami humusowymi.

oporności enzymom „unieruchomionym” wskazał po raz pierwszy Zaborsky [50], omawiając unieruchomienie enzymów na naturalnie występujących nośnikach organicznych: chitynie, ligninie, celulozie, skrobi.



Trzeciorzędową strukturę białek tworzą wiązania słabe, głównie wodorowe. Energia kinetyczna molekuł w temperaturze ponad 40°C jest zwykle wystarczająca do zerwania tych wiązań, co prowadzi do denaturacji białka i inaktywacji enzymu. Dodatkowa stabilizacja przestrzennej struktury enzymu wymaga dużo wyższej temperatury niezbędnej do jej naruszenia.

Temperatura inaktywacji enzymów unieruchomionych jest o około 10°C wyższa niż enzymów swobodnych [37]. Stwierdzono, że optymalna temperatura przebiegu reakcji dla proteaz skompleksowanych z analogami kwasów humusowych jest wyższa w porównaniu z wolnymi proteazami [31].

Stwierdzono również, że w warunkach naturalnych skompleksowanie niektórych enzymów z substancjami humusowymi może nastąpić jedynie podczas formowania się próchnicy. Dodanie do gleb wolnej ureazy i katalazy nie prowadziło do powstania stabilnych kompleksów [41, 51, 52]. Badania z glebą wysterylizowaną wykazały [41, 42], że enzym naturalnie występujący w glebie jest związany silniej niż wbudowany w eksperymencie. Jednym z możliwych wyjaśnień tego faktu jest zablokowanie miejsc wiążących dla enzymu przez zdenaturowane termicznie białko glebowe. Innym wyjaśnieniem może być naruszenie przestrzennej struktury substancji humusowych w procesie termicznej sterylizacji.

### Podsumowanie

Oddziaływanie H-E prowadzi na ogół (poprzez różne mechanizmy) do obniżenia aktywności enzymów. Istnieją jednak dowody na to, iż KH modyfikując transport przez błony plazmatyczne powodują wzrost efektywności niektórych procesów wewnątrzkomórkowych na skutek zwiększenia ilości biorących w nich udział enzymów.

Niskie stężenia kwasów huminowych i kompleksów H-E stymulują wzrost roślin i mikroorganizmów, natomiast wysokie stężenia tych substancji działają hamująco.

Substancje humusowe charakteryzujące się właściwościami donorowo-akceptorowymi stanowią matrycę, na której o centra aktywne konkurują enzymy, substraty i inhibitory. Sieć przestrzenna substancji humusowych umożliwia fizyczne uwięzienie cząsteczek enzymu w jej wnętrzu. Tak wytworzony układ jest dodatkowo stabilizowany przez jony niektórych metali.

Aktywność wytworzonych produktów jest stosunkowo trwała i warunkuje przebieg wielu procesów w przyrodzie.

## LITERATURA

1. Almeida R.M., Pospišil F., Vackova K., Kutaček M.: *Biol. Plantarum*, 22, 167—175, 1980.
2. Bissett F., Sternberg D.: *App. Env. Microbiology*, 35, 750—755, 1978.
3. Burns R.G.: *Soil Biol. Biochem.*, 14, 423—427, 1982.
4. Butler J.H.A., Ladd J.N.: *Soil Biol. Biochem.*, 3, 249—257, 1971.
5. Ceccanti B., Nannipieri P., Cervelli S., Sequi P.: *Soil Biol. Biochem.*, 10, 39—45, 1978.
6. Fernando V., Roberts R.G.: *Plant and Soil*, 44, 81—86, 1976.
7. Ghosh K., Chattopadhyay A., Varadachari Ch.: *Soil Sci.*, 135, 193—196, 1983.
8. Gołębiowska D., Mikłowska J.: w druku, 1990.
9. Haan H.: *Plant and Soil*, 45, 129—136, 1976.
10. Khazijev F.Kh., Gulko A.Ye.: *Pochvovedenie*, 2, 30—36, 1990.
11. Ladd J.N., Butler J.H.A.: *Austr. J. Soil Res.*, 7, 253—261, 1969.
12. Ladd J.N., Butler J.H.A.: *W Soil Biochemistry*, red. Paul E.A., McLaren A.D., t. 4, str. 143—194; Marcel Dekker, Inc., New York, 1975.
13. Lee Y.S., Bartlett R.J.: *Soil Sci. Am. J.*, 40, 876—879, 1976.
14. Lisiak J.M.: *Acta Soc. Bot. Pol.*, 53, 385—398, 1984.
15. Maignan Ch.: *Soil Biol. Biochem.*, 14, 439—445, 1982.
16. Maignan Ch.: *Soil Biol. Biochem.*, 15, 651—659, 1983.
17. Malcolm R.E., Vaughan D.: *Soil Biol. Biochem.*, 11, 65—72, 1979.
18. Malcolm R.E., Vaughan D.: *Plant and Soil*, 51, 117—126, 1979.
19. Malcolm R.E., Vaughan D.: *Soil Biol. Biochem.*, 11, 253—259, 1979.
20. Mayaudon J.: w *Isotopes and Radiation in Soil Organic Matter Studies*, 177—188, Vienna, 1968.
21. McLaren A.D., Pukite A.M., Barshand I.: *Soil Sci.*, 119, 178—180, 1975.
22. McManus J.P., David K.G., Lilley T.H., Haslam E.: *J. Chem. Soc. Chem. Comm.*, 309—311, 1981.
23. Mylonas V.A., McCants C.B.: *Plant and Soil*, 54, 485—490, 1980.
24. Nannipieri P., Ceccanti B., Cervelli S., Sequi P.: *Soil Biol. Biochem.*, 10, 143—147, 1978.
25. Pereira J.R., Mendez J.: *Biol. Plantarum*, 18, 179—182, 1976.
26. Pflug W.: *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.*, 143, 432—440, 1980.
27. Pflug W., Ziechmann W.: *Soil Biol. Biochem.*, 13, 293—299, 1981.
28. Phuong H.K., Tichy V.: *Biol. Plantarum*, 18, 195—199, 1976.
29. Polemio M., Genchi G., Palmieri F., Testini C.: *Plant and Soil*, 63, 369—375, 1981.
30. Pospišil F.: *Biol. Plantarum*, 22, 161—166, 1980.
31. Rowell M.J., Ladd J.N., Paul E.A.: *Soil Biol. Biochem.*, 5, 699—703, 1973.
32. Ruggiero P., Radogna V.M.: *Soil Sci.*, 138, 74—87, 1984.
33. Sarkar J.M., Burns R.G.: *Soil Biol. Biochem.*, 16, 619—625, 1984.
34. Sarkar J.M.: *Soil Biol. Biochem.*, 18, 251—254, 1986.
35. Senesi N., Chen Y., Schnitzer M.: w *Soil Organic Matter Studies*, t. 2, 143—155, AE Vienna, 1977.
36. Serban A., Nissenbaum A.: *Soil Biol. Biochem.*, 18, 41—44, 1986.
37. Skujins J.: *CRC Critical Review of Microbiology*, 4, 383—421, 1976.
38. Stevenson F.: *Bioscience*, 22, 643—650, 1972.
39. Tichy V.: *Biol. Plantarum*, 26, 221—229, 1984.

40. Trasar-Cepeda M.C., Gil-Sotres F.: Soil Biol. Biochem., 19, 281—289, 1987.
41. Tulskaja E.M., Zvjagincev D.G.: Pochvovedenie, 12, 91—96, 1981.
42. Tulskaja E.M., Zvjagincev D.G.: Pochvovedenie, 10, 46—52, 1981.
43. Vaughan D.: Soil Biol. Biochem., 1, 15—28, 1969.
44. Vaughan D., Malcolm R.E.: Soil Biol. Biochem., 11, 57—63, 1979.
45. Vaughan D., Malcolm R.E.: Soil Biol. Biochem., 11, 247—252, 1979.
46. Verma L., Martin J.P., Haider K.: Soil Sci. Soc. Am. Proc., 39, 279—284, 1975.
46. Verma L., Martin J.P., Haider K.: Soil Sci. Soc. Am. Proc., 39, 279—284,
47. Vinckler P., Lakatos B., Meisel J.: Geoderma, 15, 231—242, 1976.
48. Visser S.A.: Sci. Total Envir., 62, 347—354, 1987.
49. Wershaw R.L., Thorn K.A., Pinckney D.J., McCarthy P., Rice J.A., Hemond H.F.: w Peat and Water, red. Fuchsman C.H., str. 133—157, Elsevier Appl. Sci. Publishers, 1986.
50. Zaborsky D.: Immobilized enzymes. CRC Press. Cleveland, Ohio, 1973.
51. Zantua M.I., Bremner J.M.: Soil Biol. Biochem., 8, 369—374, 1976.
52. Zantua M.I., Bremner J.M.: Soil Biol. Biochem., 9, 135—140, 1977.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO ROLNICZE I LEŚNE

POLECA

PRZECHOWALNICTWO OWOCÓW

DR EDWARD LANGE, PROF. DR HAB. WALDEMAR OSTROWSKI

WARSZAWA 1992, NAKŁAD 2 000 EGZ., STRON 296

Jest to drugie wydanie. Autorzy wprowadzają Czytelnika w tematykę nowoczesnego przechowalnictwa owoców. Autorzy kierują książkę do Czytelników o wykształceniu średnim, pracownikom skupu, obrotu oraz handlu owocami, instruktorów produkcji ogrodniczej, uczniów techników, a także studentów, wreszcie wszystkich zainteresowanych, którzy chcą bliżej zapoznać się z zagadnieniami nowoczesnego przechowalnictwa.

Wstępne rozdziały zawierają informacje odnośnie stanu i kierunków rozwoju przechowalnictwa w Polsce oraz na świecie.

Omówiono procesy fizjologiczne zachodzące w owocach w czasie przechowywania i podkreślono, czynniki decydujące o właściwym przechowywaniu. Zaliczono do nich: czynniki klimatyczne (uśłonecznienie, opady),

właściwości drzewa (rodzaj podkładek, wiek drzewa, wielkość plonu), nawożenie, sposoby uprawy, stosowane zabiegi ochrony roślin i regulatory wzrostu. Ważne jest wyznaczenie dojrzałości zbiorczej owoców. Załączono tabelę obrazującą kolejność i termin zbioru owoców oraz termin osiągnięcia dojrzałości konsumpcyjnej jabłek w przechowalni i chłodni. Odmiany jabłek podzielono na 4 grupy: letnie, jesienne, zimowe i późnozimowe.

Z innych czynników wpływających na przechowywanie owoców, wymieniono uszkodzenia mechaniczne powstające podczas zbioru owoców i ich transportu.

W drugiej części podano technologię przechowywania owoców. Autor dokonuje podziału obiektów przechowalniczych na chłodnie owoców i przechowalnie owoców, w związku z głównymi technologiami przechowywania (zwykłej i chłodniczej). Dalej Autor omawia rolę obiektów przechowalniczych: lokalizację, możliwości etapowej budowy. W dalszej części podano pomieszczenia wchodzące w skład obiektów przechowalniczych: komory i ich wyposażenie, pakowanie owoców, korytarze, maszynownie i inne. Następnie podano wyposażenie obiektów przechowalniczych w takie urządzenia jak: urządzenia chłodnicze, urządzenia do składu atmosfery w komorach gazoszczelnych, urządzenia do regulacji zawartości tlenu w komorach, przyrządy, urządzenia i aparaty kontrolno-pomiarowe i aparaturę do określenia składu gazowego powietrza w komorze gazoszczelnej.

Dalsza część publikacji obejmuje przechowywanie owoców i mechanizację prac w przechowalniach: Autor podał sposób transportowania owoców z sadu do przechowalni, transport wewnętrzny, przygotowanie owoców do zbytu. Podano urządzenia konieczne w nowoczesnych obiektach przechowalniczych (np. urządzenia do oddzielania drobnych owoców, stoły pakownicze, urządzenia do paczkowania).

W ostatniej części publikacji omówiono dwie grupy chorób przechowalniczych: biotyczne i fizjologiczne. Podano ważniejsze czynniki chorobotwórcze powodujące gnicie owoców. Omówiono również próby stymulujące i ograniczające gnicie owoców. Choroby fizjologiczne występujące w czasie przechowywania Autor podzielił na 5 grup biorąc za podstawę warunki sprzyjające ich występowaniu. Klasyfikacji dokonano wg Smocka, Wilkinsona i Fidlera adaptując je do warunków polskich. Podano i omówiono 21 chorób fizjologicznych. Publikację kończy krótki rozdział gdzie podano podstawowe projekty typowych chłodni i przechowalni na owoce. Uzupełnieniem publikacji jest podana literatura polska i zagraniczna.