Spis treści

ROZDZIAŁ. I Klasyfikacja i opis składników struktury rośliny **1**

1.1. Zasady klasyfikacji 1
1.2. Komórka i jej składniki 6
1.2.1. Protoplast 6
1.2.2. Ściana komórkowa 15
1.2.2.1. Terminologia ogólna 15
1.2.2.2. Składniki ściany 17
1.2.2.3. Pierwotna ściana komórkowa 26
1.2.2.4. Wtórna ściana komórkowa 30
Jamki 34
1.2.2.5. Miejsce dla wody w ścianie 37
1.3. Przestwory międzykomórkowe 37
1.4. Plazmodesmy 39
1.5. Symplast i apoplast 43
1.6. Komórka~ą organizm roślinny 45
1.7. Tkanki 47
1.7.1. Podstawowa terminologia 47
1.7.2. Merystem 50
1.7.3. Miękisz (parenchyma) 51
1.7.3.1. Komórki przenośnikowe (transferowe) 53
1.7.3.2. Pochwy miękiszowe 54
1.7.4. Kolenchyma 56
1.7.5. Sklerenchyma 59
1.7.5.1. Włókna 59
1.7.5.2. Sklereidy 61
1.7.6. Epiderma (skórka) 63
1.7.6.1. Kutykula, wosk epikutykularny 64
1.7.6.2. Zwykłe komórki epidermalne 67
1.7.6.3. Szparki 70
1.7.6.4. Trichomy (włoski, wyrosty skórki) 75
1.7.7. Ryzoderma (skórka korzenia) 79
1.7.8. Ksylem (drewno) 81
1.7.8.1. Elementy trachealne 81
Cewki (tracheidy) 84 • Człony naczyń 84
1.7.8.2. Naczynia 85

1.7.8.3. Ksylem pierwotny . . . 86
1.7.8.4. Ksylem wtórny . . . 88
1.7.9. Floem (łyko) . . . 88
1.7.9.1. Elementy sitowe . . . 89
1.7.9.2. Floem pierwotny . . . 95
1.7.10. Peryderma i martwica korkowa . . . 96
1.8. Morfologiczno-porównawcze układy tkankowe . . . 97
1.8.1. Układ waskularny . . . 97
1.8.1.1. Koncepcja stelarna . . . 98
1.8.1.2. Układ waskularny pędu . . . 100
1.8.2. Układ podstawowy . . . 104
1.9. Funkcjonalne układy tkankowe i zasady ich działania . . . 106
1.9.1. Układ izolujący (okrywający) . . . 106
1.9.2. Układ przewietrzający (wentylacyjny) . . . 110
1.9.3. Układ fotosyntetyzujący . . . 117
1.9.3.1. Liście roślin typu C_3 . . . 120
1.9.3.2. Liście roślin typu C_4 . . . 122
1.9.3.3. Liście roślin typu CAM . . . 125
1.9.4. Układ pobierania (chłonny) . . . 126
1.9.4.1. Korzeń . . . 127
1.9.4.2. Pęd . . . 133
1.9.4.3. Zarodek . . . 134
1.9.4.4. Półpasożyty i pasożyty . . . 135
1.9.4.5. Rośliny owadożerne . . . 137
1.9.5. Układ przewodzący (transportowy) . . . 137
1.9.5.1. Elementy sitowe i floem jako drogi długodystansowego transportu symplastowego . . . 139
1.9.5.2. Elementy trachealne i jamy protoksylemowe jako drogi długodystansowego transportu apoplastowego . . . 145
1.9.5.3. Promienie łykodrzewne jako drogi transportu między ksylemem a floemem . . . 151
1.9.6. Układ spichrzowy . . . 154
1.9.7. Układ wydzielniczy . . . 158
1.9.7.1. Utwory egzosekrecji . . . 160
Gruczoły sekrecyjno-absorpcyjne u roślin owadożernych 168 • Czapeczka korzeniowa jako utwór wydzielniczy 169
1.9.7.2. Utwory endosekrecji . . . 170
Mleczniki 170 • Idioblasty wydzielnicze 173 • Przestwory wydzielnicze 177
1.9.8. Układ czepny . . . 180
1.9.9. Układ percepcji bodźców zewnętrznych i transmisji stanu pobudzenia . 181
1.9.10. Układ obronny przed patogenami . . . 185
1.9.11. Układ ruchowy . . . 187
1.9.11.1. Ruchy turgorowe . . . 188
Ruchy typu nastii 188 • Ruchy szparek 190 • Ruchy wąsów czepnych 191 • Zwijanie się liści traw 191 • Wygięciowe ruchy wzrostowe 192 • Kserochazja 192 • Higrochazja 193 • Ruchy kohezyjne 194
1.9.12. Układ mechaniczny . . . 196
1.9.12.1. Tensegrity oraz zasady wytrzymałości i sprężystości . . . 197
Naprężenia normalne i odkształcenia; zależności podstawowe 197 • Naprężenia i odkształcenia ścinania 198 • Naprężenia

główne 199 • Zginanie i sztywność 200 • Wyboczenia 204 • Skręcanie 206 • Naprężenia wstępne 208 • Energia sprężystości 209 • Belki złożone 211
1.9.12.2. Naprężenia i odkształcenia w niezdrewniałych ścianach komórkowych i tkankach niezdrewniałych . . . 212
1.9.12.3. Naprężenia wstępne u roślin . . . 213
Naprężenia turgorowe komórki 215 • Naprężenia tkankowe 220 • Naprężenia wzrostowe w drewnie 223
1.9.12.4. Organy roślinne jako belki złożone . . . 227
1.9.12.5. Wytrzymałość organów roślinnych na zginanie, skręcanie, wyboczenia i optymalizacja ich budowy . . . 228
Zginanie 228 • Skręcanie 231 • Wyboczenie 232 • Optymalizacja budowy 235
1.10. Podstawy anatomii organów . . . 236
1.10.1. Łodyga . . . 241
1.10.1.1. Filotaksja . . . 243
1.10.1.2. Epiderma (skórka) . . . 249
1.10.1.3. Układ waskularny . . . 251
Paprotniki 260 • Nagonasienne 267 • Dwuliścienne 271 • Jednoliścienne 279
1.10.1.4. Układ tkanek podstawowych . . . 285
1.10.2. Liść . . . 296
1.10.2.1. Charakterystyka ogólna . . . 296
1.10.2.2. Budowa liścia właściwego u okrytonasiennych . . . 298
Ogonek liściowy i osadka 298 • Epiderma blaszki 301 • Mezofil 307 • Układ waskularny blaszki 313 • Układ mechaniczny blaszki 318 • Struktury wydzielnicze 321
1.10.2.3. Budowa liścia u nagonasiennych . . . 324
Iglaste 325 • Inne nagonasienne 329
1.10.2.4. Budowa liści u paprotników . . . 330
1.10.3. Korzeń . . . 337
1.10.3.1. Charakterystyka ogólna . . . 337
1.10.3.2. Walec osiowy . . . 339
1.10.3.3. Kora pierwotna . . . 344
1.10.3.4. Ryzoderma — skórka korzenia . . . 352

ROZDZIAŁ. 11 Podstawy histogenezy . . . 357

11.1. Objaśnienie podstawowych pojęć . . . 357
11.2. Szlaki rozwojowe w roślinie . . . 359
11.3. Mnożenie się komórek . . . 361
11.3.1. Cykl komórkowy . . . 362
11.3.2. Cytokineza . . . 370
11.4. Wzrost i podziały komórek w ujęciu organizmalnym . . . 372
11.4.1. Typy wzrostu komórek . . . 372
11.5. Szybkość wzrostu komórki roślinnej . . . 375
0,5.1. Tensor wzrostu . . . 376
11.5.2. Wymiary komórek w przypadku wzrostu podziałowego; homeostaza wymiarów . . . 378
11.6. Wzrost symplastyczny; układ komórek, ukierunkowanie podziałów . . . 380
11.7. Biochemiczno-komórkowe podstawy wzrostu pierwotnej ściany komórkowej 385
11.8. Genetyczne podstawy różnicowania komórek . . . 389

11.8.1. Totipotencjalność genetyczna komórek . . . 389
11.8.2. Determinacja komórek . . . 391
11.8.3. Typy komórek a geny . . . 392
11.8.4. Geny kierujące rozwojem i różnicowaniem komórek . . . 395
11.8.5. Maszyneria i regulacja transkrypcji . . . 396
11.8.6. Zasady wykształcania fenotypu strukturalnego . . . 402
11.9. Metody genetyki molekularnej w badaniach wczesnych stadiów różnicowania komórek . . . 403
11.10. Informacja pozycyjna i kształtowanie wzorów różnicowania przestrzennego . 406
II. **10.1.** Koncepcja kompartymentów poliklonalnych w rozwoju organów . . . 413
11.11. Substncje morfogenne i naprężenia w informacji pozycyjnej i różnicowaniu . 417
11.11.1. Morfogeny, hormony . . . 417
II. 11.2. Naprężenia w ścianach komórkowych . . . 427
11.12. Polarność, kierunkowość, osiowość, chiralność . . . 432
II.12.1. Polarny transport auksyny i kanalizacja tego transportu . . . 435
11.13. Czynniki zewnętrzne w różnicowaniu . . . 438
11.13.1. Światło . . . 439
11.13.2. Woda . . . 442
11.13.3. Temperatura . . . 443
11.13.4. Czynniki mechaniczne . . . 444
11.13.5. Grawitacja . . . 447
11.13.6. Tlen i czynniki żywieniowe . . . 447
11.14. Cytodyferencjacja a cykl komórkowy . . . 448
11.15. Nierówne podziały jako czynnik różnicowania . . . 451
11.16. Kompetencja w różnicowaniu . . . 453
11.17. Indukcja i dominacja komórek w różnicowaniu . . . 454
11.18. Programowana śmierć komórki w różnicowaniu . . . 456

ROZDZIAŁ III Budowa i rozwój zarodka . . . 460

111.1. Terminologia podstawowa i charakterystyka ogólna . . . 460
111.2. Zarodek paprotników . . . 462
111.3. Zarodek nagonasiennych . . . 467
111.4. Zarodek okrytonasiennych . . . 473
III.4.1. Zarodek *Arabidopsis* . . . 485
111.5. Waskularyzacja zarodka . . . 491

ROZDZIAŁ. IV Merystem wierzchołkowy pędu wegetatywnego i to, co z niego powstaje . . . 498

IV. 1. Charakterystyka ogólna merystemu pędu . . . 498
IV.2. Komórki inicjalne . . . 507
IV.3. Części merystemu wierzchołkowego . . . 509
IV.3.1. Elementy różniące się pochodzeniem (P) . . . 509
IV.3.2. Elementy typu strukturalnego (S) . . . 511
IV.3.2.1. Zróżnicowanie pozycyjne ujawniane metodami klasycznymi 512
IV.3.2.2. Zróżnicowanie pozycyjne ujawniane metodami biologii molekularnej . . . 522
IV.4. Udział pięter inicjalnych w tworzeniu pędu na podstawie badań chimer . . . 524
IV.5. Rozmieszczenie wzrostu podziałowego w wierzchołku . . . 533
IV.5.1. Merystem wierzchołkowy w eksperymentach chirurgicznych i hodowli *in vitro* . . . 539

IV.6. Wykształcanie międzywęźli . . . 540
IV.7. Interkalarny merystem wydłużeniowy łodygi . . . 549
IV.8. Pierwotne grubienie łodyg . . . 551
IV.9. Wyróżnicowywanie się prokambium w łodydze . . . 552
IV.9.1. Dojrzewanie elementów waskularnych wzdłuż wiązki prokambium 559
IV.9.2. Poprzeczna kolejność dojrzewania elementów waskularnych w łodydze . . . 563
IV.10. Tworzenie nowych wierzchołków pędu . . . 564
IV.10.1. Rozwidlanie wierzchołka . . . 565
IV.10.2. Powstawanie wierzchołków bocznych . . . 566
IV.10.3. Wytwarzanie wierzchołków przybyszowych (pąki przybyszowe) . . 573
IV.11. Obumieranie wierzchołków pędu . . . 575
IV.12. Regularne wytwarzanie zawiązków liści na wierzchołku pędu — filotaksja . 577
IV.12.1 Poglądy na temat mechanizmów określających miejsce tworzenia nowego zawiązka . . . 581
IV.13. Komórkowe podstawy uwypuklania się zawiązka liściowego . . . 584
IV.13.1. Badania eksperymentalne nad inicjowaniem liści . . . 590
IV.14. Determinacja uwypuklenia bocznego na wierzchołku . . . 592
IV.15. Rozwój zawiązka liściowego . . . 595
IV.15.1. Merystem szczytowy i interkalarny . . . 600
IV.15.2. Merystem brzeżny . . . 601
IV.15.3. Merystem płytowy . . . 604
IV.15.4. Merystem doosiowy i odosiowy . . . 605
IV.16. Chimery w badaniach rozwoju liścia . . . 608
IV.17. Ilościowa charakterystyka podziałów komórkowych i wzrostu zawiązka liścia; różnicowanie mezofilu . . . 611
IV.18. Rozwój liści łuskowatych . . . 618
IV.18.1. Periodyczność w tworzeniu liści listowia i łusek u roślin drzewiastych 621
IV.19. Waskularyzacja . . . 625
IV.19.1. Hormonalna regulacja waskularyzacji . . . 625
IV.19.2. Dojrzewanie elementów trachealnych . . . 631
IV.19.3. Różnicowanie się elementów sitowych . . . 637
IV.19.4. Waskularyzacja liścia . . . 641
IV.20. Rozwój szparek i aparatów szparkowych . . . 651
IV.21. Rozwój trichomów . . . 659
IV.22. Rozwój kolenchymy, sklerenchymy i aerenchymy . . . 661
IV.23. Wykształcanie budowy wtórnej łodygi . . . 665
IV.23.1. Powstawanie kambium z prokambium . . . 666
IV.23.2. Przyrost wtórny i jego konsekwencje dla budowy pierwotnej 667
IV.23.3. Nienormalny przyrost wtórny u dwuliściennych i jednoliściennych 671

ROZDZIAŁ. V Merystem wierzchołkowy korzenia i to, co z niego powstaje 677

V.1. Wierzchołek korzenia i jego merystem . . . 677
V.1.1. Terminologia . . . 677
V.1.2. Funkcjonowanie merystemu . . . 680
V.1.3. Komórki inicjalne . . . 684
V.1.4. Strefa wolno rosnąca (QC) . . . 695
V.1.5. Informacja pozycyjna w merystemie wierzchołkowym . . . 703
V.2. Powstawanie nowych wierzchołków korzenia . . . 707
V.2.1. Dichotomia wierzchołka korzenia . . . 707
V.2.2. Powstawanie wierzchołków korzeni bocznych . . . 708

V.2.3. Powstawanie wierzchołków korzeni przybyszowych . . . 715
V.3. Rozwój ryzodermy i kory pierwotnej (wraz z endodermą) . . . 717
V.3.1. Ryzoderma . . . 717
V.3.2. Kora pierwotna (bez endodermy) . . . 721
V.3.3. Endoderma . . . 724
V.4. Rozwój walca osiowego i waskularyzacja korzenia . . . 728
V.5. Korzenie typu haustoriów . . . 738
V.6. Korzenie mikoryzowe . . . 739
V.6.1. Ektomikoryza . . . 740
V.6.2. Endomikoryza . . . 744
V.6.2.1. Mikoryza arbuskularna . . . 744
V.6.2.2. Pozostałe typy mikoryzy . . . 748
V.7. Brodawki korzeniowe roślin motylkowatych . . . 750
V.8. Brodawki korzeniowe roślin niemotylkowatych . . . 755
V.9. Zakładanie się kambium i przyrost wtórny w korzeniu . . . 757
V.1O. Zakładanie się felogenu i rozwój perydermy w korzeniu . . . 759

ROZDZIAŁ. VI Kambium i to, co z niego powstaje u roślin drzewiastych 761

VI.1. Kambium . . . 761
VI.1.1. Określenie pojęcia kambium, komórki inicjalne . . . 761
VI.1.2. Komórki kambium . . . 766
VI.1.2.1. Komórki wrzecionowate . . . 766
Kształty i wymiary 766 • Struktura i ultrastruktura 768
VI.1.2.2. Komórki promieniowe . . . 773
VI. 1.3. Kambium piętrowe i niepiętrowe . . . 775
VI. 1.4. Promieniowy wzrost podziałowy kambium. Podziały peryklinalne . . 778
VI.1.5. Zmienność grubości pokładu kambium . . . 783
VI.1.6. Możliwość odtwarzania historii rozwoju kambium na podstawie badań ksylemu lub floemu . . . 784
VI.1.7. Wzrost intruzywny komórek wrzecionowatych i podziały antyklinalne 785
VI.1.8. Eliminowanie komórek inicjalnych . . . 788
VI.1.9. Wzrost średniej długości komórek w rozwoju kambium . . . 791
VI.1.10. Wykształcanie zróżnicowania na komórki wrzecionowate i promieniowe . . . 793
VI.1.10.1. Kambium wiązkowe . . . 793
VI.l.10.2. Kambium międzywiązkowe . . . 795
VL1.11. Przekształcanie się inicjałów wrzecionowatych w inicjały promieniowe i na odwrót . . . 795
VI.1.12. Zmiany w promieniach kambialnych . . . 796
VI.1.13. Czasowe i przestrzenne zróżnicowanie działalności kambium u drzew i czynniki regulujące . . . 798
VI.1.14. Kambium a zjawiska regeneracyjne . . . 800
VI.1.15. Chiralność zdarzeń komórkowych w kambium, domenowa struktura kambium i jej znaczenie w zmianach orientacji komórek . . . 806
VI.2. Ksylem wtórny (drewno wtórne) . . . 816
VI.2.1. Rodzaje drewna . . . 816
VI.2.2. System podłużny drewna . . . 818
VI.2.2.1. Cewki u iglastych . . . 818
VI.2.2.2. Cewki u dwuliściennych . . . 824
VI.2.2.3. Naczynia (człony naczyń) . . . 825
VI.2.2.4. Włókna drzewne . . . 831

VI.2.2.5. Podłużny miękisz drzewny . . . 833
VI.2.3. System poprzeczny — promienie drzewne . . . 835
VI.2.3.1. Promienie u iglastych . . . 836
VI.2.3.2. Promienie u dwuliściennych . . . 838
VI.2.4. Wzajemne rozmieszczenie układu przewodzącego i układu wzmacniającego w drewnie . . . 840
VI.2.5. Przewody żywiczne . . . 842
VI.2.6. Tworzenie się słojów drewna . . . 847
VI.2.7. Drewno wczesne i późne, młodociane i dorosłe . . . 851
VI.2.8. Wtórne drewno korzeni . . . 852
VI.2.9. Powstawanie twardzieli . . . 853
VI.2.10. Wcistki . . . 858
VI.2.11. Połączenie ksylemowe między pąkiem bocznym a łodygą z przyrostem wtórnym . . . 859
VI.2.12. Drewno kompresyjne . . . 860
VI.2.13. Drewno tensyjne . . . 873
VI.2.14. Powstawanie skrętnego przebiegu elementów drewna . . . 878
VI.2.15. Rozwój drewna z włóknistością falistą . . . 881
VI.2.16. Ewolucja rozmiarów rośliny i drewna wtórnego . . . 887
VI.3. Floem wtórny — łyko wtórne . . . 889
VI.3.1. Terminologia i charakterystyka ogólna . . . 889
VI.3.2. Elementy sitowe . . . 891
VI.3.2.1. Komórki sitowe . . . 892
VI.3.2.2. Człony rurek sitowych . . . 893
VI.3.3. Miękisz łykowy podłużny i poprzeczny, komórki Strasburgera i komórki towarzyszące, sklereidy . . . 895
VI.3.4. Włókna łykowe . . . 901
VI.3.5. Wzajemne ułożenie komórek w łyku . . . 903
VI.3.6. Sezonowość w tworzeniu łyka i jego roczne przyrosty . . . 904
VI.3.7. Łyko funkcjonujące i niefunkcjonujące . . . 907

ROZDZIAŁ. VII Wtórne tkanki okrywające u roślin drzewiastych . . . 913

VIII. Charakterystyka ogólna . . . 913
VII.2. Felogen . . . 915
VII.3. Feloderma . . . 916
VII.4. Felem (korek) . . . 917
VII.5. Przetchlinki . . . 920
VII.6. Zakładanie się i rozwój pierwszego pokładu perydermy . . . 925
VII.7. Martwica korkowa (rytidom) . . . 930

ROZDZIAŁ. VIII Anatomiczne podstawy odcinania organów . . . 935

VIII.1. Charakterystyka ogólna . . . 935
VIII.2. Strefa odcinania, jej rozwój . . . 936
VIII.3. Pokład odcinający (rozdzielający) i jego dojrzewanie . . . 943
VIII.4. Zabezpieczenie blizny . . . 948

Skorowidz rzeczowy . . . 953

Skorowidz nazw roślin . . . 974