

# SPIS TREŚCI

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>1. Wstęp • Jan Kopcewicz, Stanisław Lewak</b> . . . . .                                     | 19  |
| 1.1. Czym jest fizjologia roślin. . . . .                                                      | 19  |
| 1.2. Fizjologia roślin a inne dyscypliny naukowe. . . . .                                      | 20  |
| <br><b>2. Podstawy procesów życiowych</b> . . . . .                                            | 22  |
| 2.1. Podstawy strukturalno-funkcjonalne komórki roślinnej<br>• <i>Andrzej Tretyn</i> . . . . . | 22  |
| 2.1.1. Błona komórkowa (plazmolema). . . . .                                                   | 24  |
| 2.1.2. Cytoplazma podstawowa i struktury cytoplazmatyczne . . . . .                            | 29  |
| 2.1.3. Jądro komórkowe. . . . .                                                                | 39  |
| 2.1.4. Wakuola. . . . .                                                                        | 42  |
| 2.1.5. Ściana komórkowa. . . . .                                                               | 43  |
| 2.1.6. Transport przez błony biologiczne. . . . .                                              | 52  |
| 2.1.7. Regulacja podstawowych funkcji komórek roślinnych . . . . .                             | 67  |
| 2.1.8. Zróżnicowanie strukturalne i funkcjonalne komórek roślinnych . . . . .                  | 85  |
| Literatura . . . . .                                                                           | 86  |
| 2.2. Podstawy metaboliczne • <i>Stanisław Lewak</i> . . . . .                                  | 88  |
| 2.2.1. Reakcje samorzutne. . . . .                                                             | 89  |
| 2.2.2. Magazynowanie i przenoszenie energii metabolicznej . . . . .                            | 90  |
| 2.2.3. Reakcje fotochemiczne i fotobiologiczne. . . . .                                        | 91  |
| 2.2.4. Reakcje utleniania i redukcji. . . . .                                                  | 94  |
| 2.2.5. Reakcje enzymatyczne. . . . .                                                           | 99  |
| 2.2.6. Regulacja metaboliczna. . . . .                                                         | 100 |
| Literatura . . . . .                                                                           | 106 |
| 2.3. Podstawy molekularne • <i>Stanisław Lewak</i> . . . . .                                   | 107 |
| 2.3.1. Struktura genu. . . . .                                                                 | 109 |
| 2.3.2. Informacyjny RNA . . . . .                                                              | 111 |
| 2.3.3. Synteza białka i potranslacyjne przekształcenia. . . . .                                | 112 |
| 2.3.4. Informacja zawarta w genomie. . . . .                                                   | 114 |
| Literatura. . . . .                                                                            | 114 |

|        |                                                                                                       |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.4.   | Odbiór i przekazywanie sygnałów w komórkach roślinnych • <i>Andrzej Tretyn</i> . . . . .              | 115 |
| 2.4.1. | Receptory roślinne . . . . .                                                                          | 118 |
| 2.4.2. | Białka G . . . . .                                                                                    | 120 |
| 2.4.3. | Mechanizm działania wtórnych przekaźników informacji . . . . .                                        | 123 |
| 2.4.4. | Nukleotydy cykliczne (cAMP, cGMP) i tlenek azotu. . . . .                                             | 129 |
| 2.4.5. | Fosforylacja i defosforylacja białek jako składnik integrujący szlaki przekazywania sygnałów. . . . . | 131 |
| 2.4.6. | Uwagi końcowe. . . . .                                                                                | 133 |
|        | Literatura . . . . .                                                                                  | 136 |
| 2.5.   | Regulacja procesów fizjologicznych przez czynniki endogenne • <i>Stanisław Lewak</i> . . . . .        | 137 |
| 2.5.1. | Hormony roślinne. . . . .                                                                             | 139 |
| 2.5.2. | Biosynteza i degradacja hormonów. . . . .                                                             | 142 |
| 2.5.3. | Odwracalna inaktywacja hormonów. . . . .                                                              | 151 |
| 2.5.4. | Transport hormonów. . . . .                                                                           | 154 |
| 2.5.5. | Wrażliwość komórek na hormony, kompetencja komórek . . . . .                                          | 156 |
| 2.5.6. | Receptory hormonów. . . . .                                                                           | 157 |
| 2.5.7. | Mechanizmy działania hormonów. . . . .                                                                | 161 |
|        | Literatura . . . . .                                                                                  | 166 |
| 2.6.   | Regulacja procesów wzrostu i rozwoju przez czynniki środowiskowe • <i>Andrzej Tretyn</i> . . . . .    | 167 |
| 2.6.1. | Światło. . . . .                                                                                      | 167 |
| 2.6.2. | Temperatura . . . . .                                                                                 | 182 |
| 2.6.3. | Pole grawitacyjne. . . . .                                                                            | 183 |
| 2.6.4. | Allelopatia . . . . .                                                                                 | 189 |
|        | Literatura. . . . .                                                                                   | 191 |
| 3.     | <b>Gospodarka WODna</b> • <i>Alina Kacperska</i> . . . . .                                            | 192 |
| 3.1.   | Zawartość wody w tkankach roślinnych. . . . .                                                         | 192 |
| 3.2.   | Funkcje wody w roślinie. . . . .                                                                      | 193 |
| 3.3.   | Struktura i właściwości wody. . . . .                                                                 | 194 |
| 3.4.   | Procesy umożliwiające przemieszczanie się wody w roślinie . . . . .                                   | 196 |
| 3.4.1. | Dyfuzja . . . . .                                                                                     | 196 |
| 3.4.2. | Przepływ masowy. . . . .                                                                              | 196 |
| 3.4.3. | Osmoza . . . . .                                                                                      | 196 |
| 3.5.   | Potencjał wody. . . . .                                                                               | 198 |
| 3.6.   | Stosunki wodne w komórce roślinnej. . . . .                                                           | 199 |
| 3.7.   | Potencjał wody a translokacja wody między komórkami . . . . .                                         | 200 |
| 3.8.   | Stosunki wodne w całej roślinie i jej organach. . . . .                                               | 202 |
| 3.8.1. | Rośliny pojkilohydryczne i homeohydryczne. . . . .                                                    | 203 |
| 3.8.2. | Pobieranie wody. . . . .                                                                              | 204 |
| 3.8.3. | Drogi przemieszczania się wody w roślinie. . . . .                                                    | 206 |
| 3.8.4. | Przepływ wody w ksylemie. . . . .                                                                     | 206 |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.9. Czynniki regulujące szybkość pobierania i ruchu wody w roślinie. . . . . | 211 |
| 3.9.1. Czynniki glebowe. . . . .                                              | 212 |
| 3.9.2. Czynniki atmosferyczne. . . . .                                        | 214 |
| 3.9.3. Czynniki roślinne mające wpływ na transpirację. . . . .                | 216 |
| 3.9.4. Ruchy aparatów szparkowych. . . . .                                    | 218 |
| 3.10. Transpiracja a wymiana CO <sub>2</sub> . . . . .                        | 223 |
| 3.11. Bilans wodny rośliny. . . . .                                           | 224 |
| 3.11.1. Określanie bilansu wody w roślinie. . . . .                           | 225 |
| 3.11.2. Rośliny hydrostabilne i hydrolabilne. . . . .                         | 226 |
| Literatura. . . . .                                                           | 227 |

|           |                                                              |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4.</b> | <b>Gospodarka mineralna roślin</b>                           | <b>228</b> |
| 4.1.      | Rola składników mineralnych w roślinie • <i>Zofia Starek</i> | 228        |
| 4.1.1.    | Aspekty ilościowe i jakościowe odżywiania mineralnego        | 228        |
| 4.1.2.    | Funkcje fizjologiczne makroelementów<br>i mikroelementów     | 232<br>239 |
| 4.2.      | Gospodarka azotowa • <i>Halina Gabryś</i>                    | 246        |
| 4.2.1.    | Przemiany azotu w roślinach                                  | 246        |
| 4.2.2.    | Metabolizm azotowy mikroorganizmów                           | 250        |
|           | Literatura                                                   | 258        |
| 4.3.      | Pobieranie i dystrybucja jonów • <i>Zofia Starek</i>         | 259        |
| 4.3.1.    | Pobieranie jonów z podłoża                                   | 259        |
| 4.3.2.    | Transport jonów w całej roślinie                             | 268        |
|           | Literatura                                                   | 271        |

## 5. Przemiany związków organicznych i energii u roślin . 272

|         |                                                                               |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.    | Fotosynteza i chemosynteza • <i>Kazimierz Strzałka</i> . . . . .              | 272 |
| 5.1.1.  | Rodzaje plastydów i budowa chloroplastów. . . . .                             | 273 |
| 5.1.2.  | Budowa i funkcja błon fotosyntetycznych. . . . .                              | 278 |
| 5.1.3.  | Wiązanie dwutlenku węgla w fotosyntezie. . . . .                              | 291 |
| 5.1.4.  | Fotooddychanie. . . . .                                                       | 301 |
| 5.1.5.  | Wymiana substancji między chloroplastem a cytozolem . . .                     | 304 |
| 5.1.6.  | Fizjologiczne i ekologiczne aspekty fotosyntezy. . . . .                      | 307 |
| 5.1.7.  | Fotosynteza a efekt cieplarniany. . . . .                                     | 314 |
| 5.1.8.  | Reakcje fotosyntezy u bakterii. . . . .                                       | 315 |
| 5.1.9.  | Sztuczne układy naśladujące fotosyntezę; alternatywne źródła energii. . . . . | 319 |
| 5.1.10. | Chemosynteza. . . . .                                                         | 322 |
|         | Literatura. . . . .                                                           | 328 |
| 5.2.    | Procesy anaboliczne • <i>Kazimierz Strzałka</i> . . . . .                     | 330 |
| 5.2.1.  | Drogi syntezy cukrowców. . . . .                                              | 331 |
| 5.2.2.  | Drogi syntezy lipidów. . . . .                                                | 337 |

|             |                                                                                            |            |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2.3.      | Drogi syntezy aminokwasów. . . . .                                                         | 344        |
| 5.2.4.      | Drogi syntezy nukleotydów. . . . .                                                         | 348        |
| 5.2.5.      | Synteza i degradacja chlorofilu. . . . .                                                   | 356        |
| 5.2.6.      | Synteza metabolitów wtórnych. . . . .                                                      | 361        |
| 5.2.7.      | Terpenoidy. . . . .                                                                        | 362        |
| 5.2.8.      | Związki fenolowe. . . . .                                                                  | 373        |
| 5.2.9.      | Metabolity wtórne zawierające azot. . . . .                                                | 379        |
|             | Literatura. . . . .                                                                        | 385        |
| <b>5.3.</b> | <b>Procesy oddechowe • Halina Gabryś. . . . .</b>                                          | <b>387</b> |
| 5.3.1.      | Główne substraty oddechowe i ich mobilizacja. . . . .                                      | 388        |
| 5.3.2.      | Glikoliza. . . . .                                                                         | 390        |
| 5.3.3.      | Fermentacje. . . . .                                                                       | 393        |
| 5.3.4.      | Szlak pentozofosforanowy i jego powiązanie z glikolizą. . . . .                            | 395        |
| 5.3.5.      | Struktura mitochondriów roślinnych. . . . .                                                | 396        |
| 5.3.6.      | Metabolizm związków węgla w mitochondriach. . . . .                                        | 398        |
| 5.3.7.      | Mitochondrialny łańcuch transportu elektronów i fosforylacja<br>oksydacyjna. . . . .       | 404        |
| 5.3.8.      | Regulacja procesów oddechowych. . . . .                                                    | 410        |
| 5.3.9.      | Katabolizm lipidów. . . . .                                                                | 413        |
| 5.3.10.     | Fizjologia oddychania. . . . .                                                             | 415        |
|             | Literatura. . . . .                                                                        | 420        |
| <b>5.4.</b> | <b>Energetyka komórki roślinnej • Halina Gabryś. . . . .</b>                               | <b>421</b> |
| 5.4.1.      | Energia swobodna reakcji chemicznej i jej związek ze stałą<br>równowagi. . . . .           | 421        |
| 5.4.2.      | Nośniki energii metabolicznej. . . . .                                                     | 425        |
| 5.4.3.      | Energetyczne aspekty reakcji oksydoredukcyjnych. . . . .                                   | 427        |
| 5.4.4.      | Światło jako źródło energii dla roślin. . . . .                                            | 428        |
| 5.4.5.      | Transformacja energii w błonach roślinnych. . . . .                                        | 429        |
| 5.4.6.      | Przenoszenie energii pomiędzy przedziałami komórki. . . . .                                | 431        |
| 5.4.7.      | Energetyczne koszty procesów biochemicznych i transportu. . . . .                          | 432        |
|             | Literatura. . . . .                                                                        | 433        |
| <b>6.</b>   | <b>Transport floemowy i dystrybucja substancji<br/>pokarmowych • Zofia Starek. . . . .</b> | <b>434</b> |
| <b>6.1.</b> | <b>Przemieszczanie związków pokarmowych w całej roślinie. . . . .</b>                      | <b>435</b> |
| 6.1.1.      | Wprowadzenie. . . . .                                                                      | 435        |
| 6.1.2.      | Organizm roślinny jako zespół donorów i akceptorów substancji<br>pokarmowych. . . . .      | 436        |
| <b>6.2.</b> | <b>Struktura floemu. . . . .</b>                                                           | <b>439</b> |
| 6.2.1.      | Różnorodność budowy łyka. . . . .                                                          | 439        |
| 6.2.2.      | Struktury cytoplazmatyczne rurek sitowych. . . . .                                         | 441        |
| <b>6.3.</b> | <b>Transport floemowy. . . . .</b>                                                         | <b>442</b> |
| 6.3.1.      | Skład chemiczny soku floemowego. . . . .                                                   | 442        |
| 6.3.2.      | Ilościowe aspekty transportu floemowego. . . . .                                           | 442        |
| 6.3.3.      | Czynniki wpływające na transport floemowy. . . . .                                         | 446        |

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.4. Mechanizm transportu floemowego na duże odległości . . .                        | 448 |
| 6.4.1. Załadunek floemu . . . . .                                                    | 448 |
| 6.4.2. Rozładunek floemu . . . . .                                                   | 450 |
| 6.4.3. Mechanizm i siły motoryczne transportu floemowego . . . .                     | 452 |
| 6.5. Dystrybucja substancji pokarmowych w roślinach . . . .                          | 456 |
| 6.5.1. Bilans substancji pokarmowych - zaopatrzenie i zapotrzebo-<br>wanie . . . . . | 456 |
| 6.5.2. Waskularne połączenia donorów z akceptorami . . . . .                         | 457 |
| 6.5.3. Hierarchiczność akceptorów . . . . .                                          | 457 |
| 6.5.4. Udział hormonów w dystrybucji związków pokarmowych . .                        | 459 |
| Literatura . . . . .                                                                 | 461 |

## 7. Wzrost i rozwój roślin . . . . . 462

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1. Mechanizmy wzrostu i rozwoju • <i>Andrzej Tretyn</i> . . . . . | 462 |
| 7.1.1. Wzrost a rozwój roślin. . . . .                              | 463 |
| 7.1.2. Różnicowanie a rozwój. . . . .                               | 468 |
| 7.1.3. Tworzenie wzorców i kształtów. . . . .                       | 470 |
| 7.1.4. Rozwój a morfogeneza. . . . .                                | 473 |
| 7.1.5. Morfogeneza - kształtowanie się ciała roślin. . . . .        | 476 |
| Literatura. . . . .                                                 | 484 |
| 7.2. Kiełkowanie nasion • <i>Stanisław Lewak</i> . . . . .          | 485 |
| 7.2.1. Struktura i skład chemiczny nasion. . . . .                  | 485 |
| 7.2.2. Przebieg kiełkowania i jego regulacja. . . . .               | 488 |
| 7.2.3. Procesy zachodzące podczas kiełkowania. . . . .              | 492 |
| 7.2.4. Żywotność i wigor nasion. . . . .                            | 496 |
| Literatura. . . . .                                                 | 497 |
| 7.3. Rozwój wegetatywny • <i>Jan Kopcewicz</i> . . . . .            | 498 |
| 7.3.1. Rozwój organów wegetatywnych. . . . .                        | 498 |
| 7.3.2. Mechanizmy wegetatywnego rozwoju roślin. . . . .             | 506 |
| 7.3.3. Zjawiska korelacyjne w morfogenezie roślin. . . . .          | 513 |
| 7.3.4. Regeneracja i rozmnażanie wegetatywne roślin. . . . .        | 515 |
| Literatura. . . . .                                                 | 519 |
| 7.4. Rozwój generatywny • <i>Jan Kopcewicz</i> . . . . .            | 520 |
| 7.4.1. Ogólna charakterystyka kwitnienia. . . . .                   | 520 |
| 7.4.2. Genetyczna kontrola kwitnienia. . . . .                      | 522 |
| 7.4.3. Fotoperiodyczna indukcja kwitnienia. . . . .                 | 525 |
| 7.4.4. Termiczna indukcja kwitnienia. . . . .                       | 542 |
| 7.4.5. Ewokacja kwitnienia. . . . .                                 | 547 |
| 7.4.6. Rozwój kwiatu. . . . .                                       | 550 |
| 7.4.7. Rozwój nasienia i owocu. . . . .                             | 551 |
| Literatura. . . . .                                                 | 555 |
| 7.5. Spoczynek roślin • <i>Stanisław Lewak</i> . . . . .            | 557 |
| 7.5.1. Spoczynek drzew. . . . .                                     | 558 |
| 7.5.2. Spoczynek nasion. . . . .                                    | 560 |

|        |                                                          |     |
|--------|----------------------------------------------------------|-----|
| 7.5.3. | Spoczynek innych organów. . . . .                        | 563 |
| 7.5.4. | Mechanizmy spoczynku. . . . .                            | 563 |
|        | Literatura. . . . .                                      | 566 |
| 7.6.   | Starzenie się roślin • <i>Jan Kopcewicz</i> . . . . .    | 567 |
| 7.6.1. | Ogólna charakterystyka starzenia się roślin. . . . .     | 567 |
| 7.6.2. | Starzenie się organów. . . . .                           | 570 |
| 7.6.3. | Mechanizmy starzenia się roślin. . . . .                 | 581 |
|        | Literatura. . . . .                                      | 585 |
| 7.7.   | Ruchy roślin • <i>Jan Kopcewicz</i> . . . . .            | 586 |
| 7.7.1. | Procesy bodźcowe i pobudzenie. . . . .                   | 586 |
| 7.7.2. | Typy ruchów. . . . .                                     | 588 |
|        | Literatura. . . . .                                      | 600 |
| 7.8.   | Rytm biologiczne roślin • <i>Jan Kopcewicz</i> . . . . . | 601 |
| 7.8.1. | Ogólna charakterystyka rytmów. . . . .                   | 601 |
| 7.8.2. | Mechanizmy zjawisk rytmicznych. . . . .                  | 602 |
|        | Literatura. . . . .                                      | 611 |

## **8. Reakcje roślin na abiotyczne czynniki**

|        |                                                                     |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------|-----|
|        | <b>Stresowe • <i>Alina Kacperska</i></b> . . . . .                  | 612 |
| 8.1.   | Stres i jego skutki. . . . .                                        | 613 |
| 8.1.1. | Przebieg reakcji rośliny na działanie czynnika stresowego . . . . . | 615 |
| 8.1.2. | Rodzaje uszkodzeń spowodowanych stresem. . . . .                    | 617 |
| 8.1.3. | Odporność i jej elementy. . . . .                                   | 617 |
| 8.1.4. | Adaptacja i aklimatyzacja. . . . .                                  | 618 |
| 8.1.5. | Strategie dostosowawcze i typy odporności. . . . .                  | 613 |
| 8.2.   | Stres oksydacyjny. . . . .                                          | 621 |
| 8.2.1. | Biologiczne skutki stresu oksydacyjnego. . . . .                    | 621 |
| 8.2.2. | Mechanizmy obronne. . . . .                                         | 623 |
| 8.3.   | Stres spowodowany niedoborem wody - stres wodny . . . . .           | 626 |
| 8.3.1. | Skutki deficytu wody w komórkach roślin. . . . .                    | 626 |
| 8.3.2. | Mechanizmy odporności roślin na suszę. . . . .                      | 631 |
| 8.4.   | Stres wywołany niedoborem tlenu w podłożu. . . . .                  | 631 |
| 8.4.1. | Zaburzenia funkcjonalne i przyczyny uszkodzeń. . . . .              | 634 |
| 8.4.2. | Odporność na niedobór tlenu. . . . .                                | 634 |
| 8.5.   | Stres radiacyjny. . . . .                                           | 635 |
| 8.5.1. | Stres świetlny (promieniowanie fotosyntetycznie czynne) .. . . .    | 635 |
| 8.5.2. | Promieniowanie nadfioletowe. . . . .                                | 637 |
| 8.6.   | Stres termiczny. . . . .                                            | 637 |
| 8.6.1. | Stres spowodowany wysoką temperaturą - szok cieplny .. . . .        | 638 |
| 8.6.2. | Stres spowodowany niską temperaturą . . . . .                       | 643 |
| 8.7.   | Stres spowodowany zasoleniem - stres solny. . . . .                 | 655 |
| 8.7.1. | Szkodliwe skutki zasolenia. . . . .                                 | 656 |

|            |                                                                                                          |     |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.7.2.     | Odporność na zasolenie. . . . .                                                                          | 657 |
| 8.8.       | Stres spowodowany zanieczyszczeniami środowiska ...                                                      | 659 |
| 8.8.1.     | Przyczyny i rodzaje zanieczyszczeń. . . . .                                                              | 659 |
| 8.8.2.     | Oddziaływanie zanieczyszczeń antropogenicznych na fitosferę                                              | 660 |
| 8.8.3.     | Zanieczyszczenia pochodzące z atmosfery. . . . .                                                         | 661 |
| 8.8.4.     | Skażenia spowodowane obecnością metali ciężkich w glebie<br>i wodzie. . . . .                            | 666 |
| 8.8.5.     | Inne rodzaje skażeń. . . . .                                                                             | 667 |
| 8.8.j^     | Rośliny jako bioindykatory zanieczyszczeń. . . . .                                                       | 667 |
| 8.9.       | Udział hormonów w reakcjach roślin na czynniki stresowe (18)                                             | 669 |
| 8.9.1.     | Kwas abscysynowy (ABA). . . . .                                                                          | 669 |
| 8.9.2.     | Ftylgg^ . . . . .                                                                                        | 671 |
| 8.9.3.     | Kwas jasmoTrewy-4JA) . . . . .                                                                           | 671 |
| 8.10.      | Białka stresowe. . . . .                                                                                 | 673 |
| 8.10.1.    | Białka szoku cieplnego. . . . .                                                                          | 674 |
| ff.10.2.   | Białka LEA - dehydryny. . . . .                                                                          | 674 |
| 8.11.      | Podsumowanie: czy można mówić o wspólnym podłożu<br>reakcji roślin na różne czynniki stresowe? . . . . . | 676 |
| Literatura | . . . . .                                                                                                | 678 |

## 9. Fizjologiczne podstawy produktywności

|                                 |                                                                                                      |     |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| roślin • Zofia Starek . . . . . | W                                                                                                    | 679 |
| 9.1.                            | Powiązanie fizjologii roślin z różnymi naukami stosowanymi                                           | 680 |
| 9.1.1.                          | Fizjologia roślin a nauki rolnicze. . . . .                                                          | 680 |
| 9.1.2.                          | Co to jest fizjologia plonowania? . . . . .                                                          | 680 |
| 9.1.3.                          | Niekonwencjonalne wykorzystanie roślin uprawnych. . . . .                                            | 680 |
| 9.2.                            | Intensywność fotosyntezy i dystrybucja biomasy<br>w ontogenezie roślin. . . . .                      | 681 |
| 9.2.1.                          | Produkcja fotosyntetyczna a przyrost biomasy. . . . .                                                | 681 |
| 9.2.2.                          | Charakterystyka liści jako donorów i akceptorów asymilatów<br>w globalnej produkcji biomasy. . . . . | 682 |
| 9.2.3.                          | Produkcja fotosyntetyczna poza zielonym liściem. . . . .                                             | 684 |
| 9.3.                            | Produktywność zespołów roślinnych. . . . .                                                           | 684 |
| 9.3.1.                          | Produkcja biomasy zespołów roślinnych w warunkach natural-<br>nych. . . . .                          | 684 |
| 9.3.2.                          | Metoda oceny produktywności roślin - analiza wskaźnikowa<br>wzrostu. . . . .                         | 686 |
| 9.4.                            | Produktywność roślin a plon rolniczy. . . . .                                                        | 690 |
| 9.4.1.                          | Co to jest plon rolniczy? . . . . .                                                                  | 690 |
| 9.4.2.                          | Wielkość i jakość plonu. . . . .                                                                     | 690 |
| 9.4.3.                          | Nawożenie roślin a wielkość plonu. . . . .                                                           | 692 |
| 9.5.                            | Wpływ warunków środowiska (klimatu) na produktywność<br>agrocenoz . . . . .                          | 695 |
| 9.5.1.                          | Roślina a klimat . . . . .                                                                           | 695 |

|                      |                                                                 |     |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 9.6.                 | Ingerencja rolnika w procesy fizjologiczne roślin uprawnych     | 698 |
| 9.6.1.               | Plon - wynik strategii rolnika czy strategii rośliny? . . . . . | 698 |
| 9.6.2.               | Pestycydy i ich toksyczność dla roślin i ludzi . . . . .        | 699 |
| 9.7.                 | Wpływ zanieczyszczeń środowiska na rośliny uprawne .            | 702 |
| 9.7.1.               | Problemy uprawy roślin w warunkach skażonego środowiska         | 702 |
| 9.7.2.               | Główne źródła zanieczyszczeń gleby. . . . .                     | 705 |
| 9.7.3.               | Gleby skażone - siedlisko dla roślin przemysłowych . . . . .    | 705 |
| Literatura . . . . . |                                                                 | 706 |

## 10. Biotechnologia roślin • Andrzej Tretyn. . . . . 707

|                      |                                                                                      |     |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.1.                | Biotechnologiczne metody regeneracji roślin. . . . .                                 | 709 |
| 10.1.1.              | Uzyskiwanie roślin wolnych od patogenów. . . . .                                     | 710 |
| 10.1.2.              | Otrzymywanie roślin haploidalnych. . . . .                                           | 710 |
| 10.1.3.              | Otrzymywanie sztucznych nasion. . . . .                                              | 711 |
| 10.1.4.              | Biotechnologiczne zastosowanie protoplastów. . . . .                                 | 712 |
| 10.2.                | Reakcje biotransformacji w roślinnych kulturach komórkowych. . . . .                 | 715 |
| 10.3.                | Transformowanie roślin. . . . . y. . . . .                                           | 720 |
| 10.3.1.              | Transformowanie roślin z użyciem <i>Agrobacterium</i> . . . . .                      | 720 |
| 10.3.2.              | Inne (bezwektorowe) metody transformacji roślin . . . . .                            | 722 |
| 10.3.3.              | Selekcja i ocena efektywności transformacji . . . . .                                | 724 |
| 10.4.                | Zastosowanie roślin transgenicznych w celu doskonalenia (ulepszania) roślin. . . . . | 726 |
| 10.4.1.              | Zwiększanie wartości żywieniowych i technologicznych roślin                          | 728 |
| 10.4.2.              | Uzyskiwanie roślin odpornych na działanie herbicydów . . . . .                       | 730 |
| 10.4.3.              | Odporność na wirusy, bakterie i grzyby. . . . .                                      | 732 |
| 10.4.4.              | Odporność na szkodniki (owady i nicienie). . . . .                                   | 733 |
| 10.4.5.              | Odporność na stresy. . . . .                                                         | 734 |
| 10.4.6.              | Wykorzystywanie roślin do produkcji szczepionek i przeciwciał                        | 735 |
| 10.4.7.              | Asymilacja azotu atmosferycznego przez rośliny. . . . .                              | 736 |
| 10.4.8.              | Kontrola kwitnienia roślin. . . . .                                                  | 737 |
| 10.4.9.              | Inne możliwości stosowania roślin transgenicznych . . . . .                          | 738 |
| 10.5.                | Zagrożenia wynikające ze stosowania biotechnologii . . . . .                         | 738 |
| 10.6.                | Społeczna ocena biotechnologii . . . . .                                             | 740 |
| Literatura . . . . . |                                                                                      | 742 |