

Inhalt

Vorwort zur ersten Auflage VII

Vorwort zur vierten Auflage IX

Einleitung 1

1 Eine Blattzelle ist in mehrere metabolische Kompartimente unterteilt 3

- 1.1 Die Zellwand verleiht der Pflanzenzelle mechanische Stabilität 6
Die Zellwand besteht hauptsächlich aus Kohlenhydraten und Proteinen 6
Plasmodesmen stellen eine Verbindung zwischen benachbarten Zellen her 9
- 1.2 Vakuolen haben vielfältige Funktionen 11
- 1.3 Plastiden stammen von Cyanobakterien ab 13
- 1.4 Auch Mitochondrien sind durch Endosymbiose entstanden 17
- 1.5 In den Peroxisomen laufen Reaktionsketten ab, bei denen toxische Zwischenprodukte entstehen 19
- 1.6 Endoplasmatisches Reticulum und Golgi-Apparat bilden ein Netzwerk zur Verteilung von Biosyntheseprodukten 20
- 1.7 Aus Pflanzenzellen lassen sich funktionell intakte Zellorganellen gewinnen 23
- 1.8 Unterschiedliche Transportmechanismen vermitteln einen Stoffaustausch zwischen verschiedenen Stoffwechsellräumen 26
- 1.9 Translokatoren katalysieren den spezifischen Transport von Substraten und Produkten des Stoffwechsels 27
Der Metabolitransport wird durch Konformationsänderungen bewirkt 30
Aquaporine machen Zellmembranen für Wasser durchlässig 32
- 1.10 Ionenkanäle haben eine sehr hohe Transportkapazität 33
- 1.11 Porine sind aus β -Faltblattstrukturen aufgebaut 38

2 Die Nutzung der Energie des Sonnenlichtes durch die Photosynthese ist die Grundlage für das Leben auf der Erde 45

- 2.1 Wie hat es mit der Photosynthese angefangen? 46
- 2.2 Die Energie des Sonnenlichtes wird durch Farbstoffe eingefangen 47
Der Energiegehalt des Lichtes hängt von seiner Wellenlänge ab 47
Chlorophyll ist der zentrale Photosynthesefarbstoff 49

- 2.3 Die Absorption von Licht führt zur Anregung eines Chlorophyllmoleküls 52
 - Die Rückkehr des Chlorophyllmoleküls vom ersten Singulettzustand in den Grundzustand kann auf verschiedenen Wegen erfolgen 54
- 2.4 Für das Einfangen von Licht ist eine Antenne erforderlich 56
 - Wie wird die Anregungsenergie der in der Antenne eingefangenen Photonen in die Reaktionszentren geleitet? 58
 - Die Funktion einer Antenne lässt sich besonders gut am Beispiel der Antenne des Photosystems II zeigen 59
 - Durch Phycobilisomen können Cyanobakterien und Rotalgen auch noch bei geringer Lichtintensität Photosynthese betreiben 62
- 3 Die Photosynthese ist ein Elektronentransportprozess 67
 - 3.1 Photosyntheseapparate sind aus Modulen aufgebaut 67
 - 3.2 Bei der Photosynthese entstehen ein Reduktionsmittel und ein Oxidationsmittel 70
 - 3.3 Das Konstruktionsprinzip eines photosynthetischen Reaktionszentrums wurde durch Röntgenstrukturanalyse an Purpurbakterien aufgeklärt 72
 - Röntgenstrukturanalyse 73
 - Das Reaktionszentrum von *Rhodospseudomonas viridis* ist symmetrisch aufgebaut 75
 - 3.4 Wie funktioniert das Reaktionszentrum? 77
 - 3.5 Bei der Photosynthese in Algen und Pflanzen sind zwei photosynthetische Reaktionszentren hintereinandergeschaltet 80
 - 3.6 Durch Photosystem II wird Wasser gespalten 83
 - Der Photosystem-II-Komplex ist dem Reaktionszentrum in Purpurbakterien sehr ähnlich 87
 - Maschinelle Landwirtschaft erfordert zumeist den Einsatz von Herbiziden 89
 - 3.7 Der Cytochrom-*b₆/f*-Komplex vermittelt den Elektronentransport zwischen Photosystem II und Photosystem I 91
 - Eisenatome in Cytochromen und Eisen-Schwefel-Zentren haben eine zentrale Funktion als Redoxüberträger 91
 - Der Elektronentransport durch den Cytochrom-*b₆/f*-Komplex ist mit einem Transport von Protonen gekoppelt 93
 - Durch einen Q-Cyclus kann die Anzahl der durch den Cytochrom-*b₆/f*-Komplex gepumpten Protonen verdoppelt werden 96
 - 3.8 Photosystem I reduziert NADP⁺ 98
 - Beim cyclischen Elektronentransport über PS I wird die Lichtenergie nur zur Synthese von ATP genutzt 101
 - 3.9 Durch das Photosystem I werden Elektronen auf Sauerstoff übertragen, wenn andere Akzeptoren fehlen 103
 - 3.10 Regulationsvorgänge sorgen dafür, dass die eingefangenen Photonen zwischen den beiden Photosystemen verteilt werden 106
 - Überschüssige Lichtenergie wird in Form von Wärme abgegeben 108

- 4 Bei der Photosynthese wird ATP erzeugt 113**
- 4.1 Ein Protonengradient dient als energiereicher Zwischenzustand bei der ATP-Synthese 113
- 4.2 Entkoppler bewirken die Dissipation des elektrochemischen Protonengradienten in Wärme 116
Die chemiosmotische Hypothese wurde experimentell bestätigt 118
- 4.3 H⁺-ATP-Synthasen in Bakterien, Chloroplasten und Mitochondrien besitzen eine einheitliche Grundstruktur 119
Die Röntgenstrukturanalyse des F₁-Teils der ATP-Synthase liefert einen Einblick in die ATP-Synthese 122
- 4.4 Die Synthese des ATP wird durch eine Konformationsänderung des Proteins bewirkt 124
Beim photosynthetischen Elektronentransport ist die Stöchiometrie zwischen der Bildung von NADPH und ATP noch nicht endgültig geklärt 127
Die H⁺-ATP-Synthase der Chloroplasten wird durch Licht reguliert 128
Eine V-ATPase ist mit der F-ATP-Synthase verwandt 128
- 5 Mitochondrien sind die Kraftwerke der Zellen 131**
- 5.1 Vor der biologischen Oxidation werden die Substrate in gebundenen Wasserstoff und Kohlendioxid zerlegt 131
- 5.2 Mitochondrien sind der Ort der Zellatmung 132
Mitochondrien bilden ein eigenes Stoffwechselkompartiment 133
- 5.3 Die Substrate für die biologische Oxidation werden im Matrixraum fragmentiert 134
Pyruvat wird durch einen Multienzymkomplex oxidiert 134
Im Citratcyclus wird Acetat vollständig oxidiert 135
Durch anaplerotische Reaktionen wird ein Verlust von Intermediaten des Citratcyclus ausgeglichen 139
- 5.4 Wieviel Energie wird bei der Oxidation von NADH umgesetzt? 140
- 5.5 Die mitochondriale Atmungskette besitzt Gemeinsamkeiten mit der Elektronentransportkette der Photosynthese 142
Die Komplexe der mitochondrialen Atmungskette 143
- 5.6 Der Elektronentransport der Atmungskette ist über einen Protonentransport mit der ATP-Synthese gekoppelt 147
Der mitochondriale Protonentransport führt zur Bildung eines Membranpotenzials 148
Die mitochondriale ATP-Synthese dient der Versorgung des Cytosols 150
- 5.7 Mitochondrien aus Pflanzen haben spezielle Stoffwechselfunktionen 152
Mitochondrien können überschüssiges NADH auch ohne ATP-Bildung oxidieren 152
In Pflanzen können durch die mitochondriale Atmungskette auch NADH und NADPH aus dem Cytosol oxidiert werden 154
- 5.8 Die Kompartimentierung des mitochondrialen Stoffwechsels erfordert spezifische Membran-Translokatoren 155

- 6 Der Calvin-Cyclus ist Reaktionsweg für die photosynthetische CO₂-Assimilation 159**
 - 6.1 Die CO₂-Assimilation erfolgt durch die Dunkelreaktion der Photosynthese 159
 - 6.2 Ribulosebiphosphat-Carboxylase katalysiert die Fixierung von CO₂ 161
 - Die Oxygenierung des Ribulosebiphosphats: Eine kostspielige Nebenreaktion 163
 - Ribulosebiphosphat-Carboxylase/Oxygenase: Besonderheiten 165
 - Aktivierung der Ribulosebiphosphat-Carboxylase/Oxygenase 166
 - 6.3 Die Reduktion von 3-Phosphoglycerat führt zu Triosephosphat 167
 - 6.4 Aus Triosephosphat wird Ribulosebiphosphat regeneriert 169
 - 6.5 Neben dem reduktiven Pentosephosphatweg gibt es auch einen oxidativen Pentosephosphatweg 175
 - 6.6 Reduktiver und oxidativer Pentosephosphatweg werden reguliert 179
 - Reduzierte Thioredoxine übertragen das Signal für „Belichtung“ auf Enzymproteine 180
 - Die durch Thioredoxin modulierte Aktivierung chloroplastidärer Enzyme besteht in der Lösung einer eingebauten Sperre 181
 - Eine Reihe weiterer Regulationsvorgänge sorgt dafür, dass der Cyclus des reduktiven Pentosephosphatweges in den einzelnen Schritten abgestimmt ist 182

- 7 Über den Photorespirationsweg wird das durch die Oxygenaseaktivität der RubisCO gebildete Phosphoglycolat recycelt 187**
 - 7.1 Durch das Recycling von 2-Phosphoglycolat wird Ribulose-1,5-bisphosphat zurückgewonnen 187
 - 7.2 Das im Photorespirationsweg freigesetzte Ammonium-Ion wird mit hoher Effizienz refixiert 193
 - 7.3 Für die Reduktion des Hydroxypyruvats müssen Peroxisomen von außen mit Reduktionsäquivalenten versorgt werden 195
 - Die Aufnahme von Reduktionsäquivalenten in die Peroxisomen erfolgt über den Malat-Oxalacetat-Shuttle 195
 - Mitochondrien exportieren Reduktionsäquivalente ebenfalls über einen Malat-Oxalacetat-Shuttle 196
 - Der Export von Reduktionsäquivalenten aus den Chloroplasten wird durch das „Malatventil“ geregelt 197
 - 7.4 Die peroxisomale Matrix ist ein spezielles Kompartiment für die Entsorgung toxischer Produkte 199
 - 7.5 Wie hoch sind die Kosten der Ribulosebiphosphat-Oxygenase-Reaktion für die Pflanze? 200
 - 7.6 Am Kompensationspunkt findet keine Netto-CO₂-Fixierung statt 201
 - 7.7 Der energieverbrauchende Photorespirationsweg kann für die Pflanze auch nützlich sein 202

- 8 Photosynthese ist mit Wasserverbrauch verbunden 205**
- 8.1 Bei der Aufnahme von CO_2 in das Blatt geht Wasser aus dem Blatt in Form von Wasserdampf verloren 205
- 8.2 Stomata regulieren den Gasaustausch in einem Blatt 207
 Im Stoffwechsel der Schließzellen spielt Malat eine wichtige Rolle 207
 Die Stomaöffnung unterliegt einer komplexen Regulation 209
- 8.3 Diffusion von CO_2 in eine Pflanzenzelle 211
- 8.4 C_4 -Pflanzen benötigen bei der CO_2 -Assimilierung weniger Wasser als C_3 -Pflanzen 213
 Die CO_2 -Pumpe in C_4 -Pflanzen 215
 C_4 -Stoffwechsel des NADP-Malat-Enzymtyps 217
 C_4 -Stoffwechsel des NAD-Malat-Enzymtyps 221
 C_4 -Stoffwechsel des Phosphoenolpyruvat-Carboxykinasetyps 222
 Enzyme des C_4 -Stoffwechsels werden durch Licht reguliert 224
 Produkte des C_4 -Stoffwechsels können durch Massenspektrometrie identifiziert werden 225
 Zu den C_4 -Pflanzen gehören wichtige Agrarpflanzen, aber auch hartnäckige Unkräuter 225
- 8.5 Durch den Crassulaceensäure-Stoffwechsel können viele Pflanzen auch noch bei sehr großem Wassermangel überleben 226
 Das während der Nacht fixierte CO_2 wird als Äpfelsäure gespeichert 227
 Die Photosynthese erfolgt bei geschlossenen Stomata 229
- 9 Polysaccharide sind Speicher- und Transportform der bei der Photosynthese gebildeten Kohlenhydrate 233**
- In vielen Pflanzen sind Stärke und Saccharose die Hauptprodukte der CO_2 -Assimilation 233
- 9.1 In Form von Stärke können in der Zelle sehr große Kohlenhydratmengen gespeichert werden 234
 Die Synthese von Stärke verläuft über ADP-Glucose 237
 Der Abbau von Stärke erfolgt auf zwei verschiedenen Wegen 239
 Durch die Stärkesynthese können in den Chloroplasten überschüssige Photosyntheseprodukte zwischengelagert werden 242
- 9.2 Die Saccharose wird im Cytosol synthetisiert 244
- 9.3 Die Verwertung des bei der Photosynthese gebildeten Triosephosphats muss strikt reguliert werden 245
 Fructose-1,6-bisphosphatase funktioniert als Eingangsventil für die Synthesekette der Saccharose 246
 Die Saccharosephosphat-Synthase wird sowohl durch Metabolite als auch durch kovalente Modifikation reguliert 249
 Die Verteilung der Assimilate zwischen Saccharose und Stärke beruht auf dem Zusammenspiel mehrerer Regulationsmechanismen 250
 Trehalose ist eine wichtige Signalsubstanz 251
- 9.4 In manchen Pflanzen erfolgt der Export der Assimilate aus den Blättern in Form von Zuckeralkoholen oder von Oligosacchariden der Raffinosefamilie 252

- 9.5 Fructane werden als Speichersubstanz in der Vakuole gelagert 253
- 9.6 Cellulose wird durch Enzyme der Plasmamembran synthetisiert 258
 Die Synthese von Callose wird oft durch Gewebsverletzungen ausgelöst 258
 Zellwand-Polysaccharide werden auch im Golgi-Apparat synthetisiert 260
- 10 Die Assimilation von Nitrat wird zur Synthese von organischem Material benötigt 263**
- 10.1 Die Reduktion des Nitrat zu NH_3 erfolgt in zwei Teilreaktionen 263
 Nitrat wird im Cytosol zu Nitrit reduziert 264
 Die Reduktion von Nitrit zu Ammonium findet in den Plastiden statt 266
 Die Fixierung des NH_4^+ erfolgt in gleicher Weise wie bei der Photorespiration 268
- 10.2 Die Nitrataassimilation erfolgt auch in der Wurzel 270
 Der oxidative Pentosephosphatweg liefert Reduktionsäquivalente 270
- 10.3 Die Nitrataassimilation unterliegt einer strengen Kontrolle 272
 Die Synthese der Nitrat-Reduktase wird auf der Ebene der Genexpression reguliert 272
 Die Nitrat-Reduktase wird auch durch reversible kovalente Modifikation reguliert 274
 14-3-3-Proteine sind wichtige Regulatoren des Stoffwechsels 274
 Die Regulation der Nitrat-Reduktase und der Saccharosephosphat-Synthase weisen große Ähnlichkeiten auf 275
- 10.4 Endprodukt der Nitrataassimilation ist die ganze Palette der Aminosäuren 275
 Die CO_2 -Assimilation liefert die Kohlenstoffgerüste, die dann in der Endstufe der Nitrataassimilation für die Aminosäuresynthese verwendet werden 276
 Die Synthese von Glutamat erfordert eine Beteiligung der Mitochondrien 278
 Biosynthese von Prolin und Arginin 278
 Aspartat ist die Vorstufe für fünf Aminosäuren 280
 Die Acetolactat-Synthase ermöglicht die Synthese von hydrophoben Aminosäuren 283
 Über den Shikimatweg werden aromatische Aminosäuren synthetisiert 286
 Glyphosat wirkt als Herbizid 286
 Ein großer Teil der Pflanzensubstanz wird über den Shikimatweg gebildet 288
- 10.5 Glutamat ist Ausgangssubstanz für die Synthese von Chlorophyllen und Cytochromen 289
 Protoporphyrin ist auch Ausgangssubstanz für die Hämsynthese 293
- 11 Durch N_2 -Fixierung kann der Luftstickstoff für das Pflanzenwachstum genutzt werden 295**
- 11.1 Leguminosen bilden eine Symbiose mit Knöllchenbakterien 296
 Die Knöllchenbildung beruht auf einem regulierten Zusammenspiel der Expression spezifischer bakterieller und pflanzlicher Gene 298
 Zwischen Bakteroiden und Wirtszelle findet ein Austausch von Stoffwechselprodukten statt 299

- Die Dinitrogenase-Reduktase liefert Elektronen für die
Dinitrogenasereaktion 300
- Durch die Dinitrogenase werden sowohl N_2 als auch H^+ reduziert 301
- 11.2 Die N_2 -Fixierung kann nur bei sehr niedrigen Sauerstoff-
konzentrationen erfolgen 303
- 11.3 Die Energiekosten für die Nutzung des N_2 als Stickstoffquelle
sind höher als bei der Nutzung von NO_3^- 306
- 11.4 Pflanzen verbessern ihre Nährstoff-Versorgung durch die Symbiose
mit Pilzen 306
- Besonders häufig ist die arbuskuläre Mykorrhiza 306
- Ectomykorrhiza versorgt Waldbäume mit Nährstoffen 307
- 12 Die Assimilation von Sulfat ermöglicht die Synthese schwefelhaltiger
Verbindungen 311**
- 12.1 Sulfatassimilation erfolgt durch Photosynthese 311
- Die Sulfatassimilation zeigt Parallelen, aber auch Unterschiede
zur Nitratassimilation 311
- Vor der Reduktion wird das Sulfat aktiviert 313
- Die Sulfit-Reduktase ist der Nitrit-Reduktase sehr ähnlich 313
- H_2S wird in Form von Cystein fixiert 315
- 12.2 Glutathion dient der Zelle als Antioxidans und zur Entgiftung
von Schadstoffen 316
- Xenobiotika werden durch Konjugation unschädlich gemacht 316
- Phytochelatine schützen die Pflanze vor Schwermetallen 318
- 12.3 Aus Cystein wird Methionin synthetisiert 319
- S-Adenosylmethionin ist ein universelles Methylierungsreagens 320
- 12.4 Im Überschuss ist Schwefeldioxid für Pflanzen ein Schadstoff 321
- 13 Durch den Phloemtransport erreichen die Photoassimilate
ihre Verbrauchsorte 325**
- 13.1 Es gibt zwei Wege der Phloembeladung 326
- 13.2 Der Phloemtransport erfolgt durch einen Massenstrom 329
- 13.3 Durch Phloementladung werden Sink-Gewebe versorgt 330
- 13.4 Der Glykolyseweg hat eine zentrale Funktion bei der Verwertung
der Kohlenhydrate 332
- 14 Produkte der Nitratassimilation werden in der Pflanze in Form
von Proteinen gespeichert 337**
- 14.1 Globuline sind die am weitesten verbreiteten Speicherproteine 338
- 14.2 Prolamine werden als Speicherproteine in Gräsern gebildet 339
- 14.3 2S-Proteine kommen in Samen dikotyler Pflanzen vor 339
- 14.4 Proteine schützen den Samen davor, von Tieren gefressen
zu werden 340

- 14.5 Die Proteinsynthese der Speicherproteine erfolgt am rauhen endoplasmatischen Reticulum 340
- 14.6 Proteinasen mobilisieren die in den Speicherproteinen deponierten Aminosäuren 343
- 15 Lipide wirken als Membranbausteine und als Kohlenstoffspeicher 345**
 - 15.1 Polare Lipide sind wichtige Membranbausteine 345
 - Die Fluidität der Membran wird durch den Anteil ungesättigter Fettsäuren und den Gehalt an Sterolen geprägt 348
 - Membranlipide enthalten eine Vielfalt hydrophiler Kopfgruppen 348
 - Sphingolipide sind wichtige Bausteine der Plasmamembranen 351
 - 15.2 Triacylglycerine sind Reservesubstanzen 352
 - 15.3 Die Neusynthese von Fettsäuren erfolgt in Plastiden 353
 - Ausgangsprodukt für die Synthese der Fettsäuren ist Acetyl-CoA 354
 - Die Acetyl-CoA-Carboxylase ist das Startenzym der Fettsäuresynthese 355
 - Weitere Schritte der Fettsäuresynthese erfolgen ebenfalls an einem Multienzymkomplex 358
 - In der neugebildeten Fettsäure wird die erste Doppelbindung durch eine lösliche Desaturase eingefügt 360
 - Das in den Plastiden als Produkt der Fettsäuresynthese gebildete Acyl-ACP hat zwei Verwendungszwecke 362
 - 15.4 Glycerin-3-phosphat ist Ausgangssubstrat für die Synthese von Glycerolipiden 363
 - An der ER-Membran werden Fettsäuren verlängert und in der ER-Membran desaturiert 364
 - Ein Teil der plastidären Membranlipide wird über den eukaryontischen Weg gebildet 367
 - 15.5 Triacylglycerine werden in den Membranen des endoplasmatischen Reticulums gebildet 367
 - Pflanzliche Fette werden nicht nur als Nahrungsmittel, sondern auch als Rohstoffe für die Industrie genutzt 368
 - Durch *molecular engineering* werden Pflanzenfette maßgeschneidert 371
 - 15.6 Die Mobilisierung des Kohlenstoffs aus den Speicherlipiden während der Samenkeimung erfolgt in den Glyoxysomen 372
 - Über den Glyoxylatcyclus können Pflanzen aus Acetyl-CoA Hexosen synthetisieren 374
 - Reaktionen mit toxischen Zwischenprodukten laufen in den Peroxisomen ab 376
 - 15.7 Lipoxygenasen sind an der Synthese von Aroma-, Abwehr- und Signalstoffen beteiligt sowie auch an der Mobilisierung von Speicherlipiden 377
- 16 Sekundärmetabolite erfüllen in Pflanzen spezielle ökologische Funktionen 383**
 - 16.1 Sekundärmetabolite dienen oft dem Schutz gegen pathogene Mikroorganismen und Herbivoren 383
 - Mikroben als Krankheitserreger 384

- Phytoalexine werden von der Pflanze als Antwort auf eine Mikrobeninfektion gebildet 384
- Pflanzliche Abwehrstoffe können auch für den Menschen ein Risiko darstellen 385
- 16.2 Die Stoffklasse der Alkaloide umfasst eine Vielfalt heterocyclischer Sekundärmetabolite 386
- 16.3 Pflanzen setzen Blausäure frei, wenn sie von Tieren verletzt werden 388
- 16.4 Einige Pflanzen setzen bei Verletzung flüchtige Senföle frei 389
- 16.5 Pflanzen schützen sich vor Herbivoren durch ungewöhnliche Aminosäuren 390
- 17 Eine große Vielfalt von Isoprenoiden erfüllt sehr unterschiedliche Funktionen im Pflanzenstoffwechsel 393**
- 17.1 Für die Bildung von Isoprenoiden gibt es in höheren Pflanzen zwei verschiedene Synthesewege 395
- Ausgangssubstanz für die Synthese von Isopentenylpyrophosphat im Cytosol ist Acetyl-CoA 395
- Ausgangssubstanzen für die Synthese von Isopentenylpyrophosphat in den Plastiden sind Pyruvat und D-Glycerinaldehyd-3-phosphat 396
- 17.2 Prenyltransferasen katalysieren die Verknüpfung der Isopreneinheiten 398
- 17.3 Manche Pflanzen emittieren Isopren in die Luft 400
- 17.4 Vom Geranylpyrophosphat leiten sich viele Geruchsstoffe ab 401
- 17.5 Farnesylpyrophosphat ist Ausgangsverbindung für die Bildung von Sesquiterpenen 403
- Aus Farnesylpyrophosphat werden Steroide gebildet 404
- 17.6 Geranylgeranylpyrophosphat ist Ausgangssubstanz für Abwehrsubstanzen, Phytohormone und Carotinoide 406
- Oleoresine schützen Bäume vor Schädlingsbefall 406
- Die Carotinsynthese liefert Pigmente für die Pflanze und ein wichtiges Vitamin für den Menschen 407
- 17.7 Viele Substanzen sind aufgrund einer Prenylkette in Membranen löslich 408
- Durch Prenylierung können Proteine in einer Membran verankert werden 409
- Dolichol vermittelt die Glycosylierung von Proteinen 409
- 17.8 Die Regulation der Isoprenoidsynthese 410
- 17.9 Isoprenoide sind sehr stabile Substanzen 411
- 18 Die Phenylpropanoide umfassen eine Vielfalt pflanzlicher Sekundärmetabolite und Zellwandbestandteile 413**
- 18.1 Die Phenylalanin-Ammoniak-Lyase katalysiert die Startreaktion des Phenylpropanstoffwechsels 414
- 18.2 An der Synthese der Phenole sind Monooxygenasen beteiligt 415

- 18.3 Phenylpropane polymerisieren zu Makromolekülen 418
 - Lignane wirken als Abwehrsubstanzen 418
 - Durch radikalische Polymerisation von Phenylpropanen entsteht Lignin 420
 - Suberine bilden eine gas- und wasserundurchlässige Isolierschicht 422
 - Cutin ist isolierender Bestandteil der Cuticula 423
- 18.4 Für die Bildung von Flavonoiden und Stilbenen wird ein zweiter aromatischer Ring aus Acetatresten gebildet 423
 - Zu den Stilbenen zählen sehr wirksame natürliche Fungizide 424
- 18.5 Flavonoide haben in der Pflanze vielfältige Funktionen 425
- 18.6 Anthocyane sind Blütenfarbstoffe und dienen dem Lichtschutz von Pflanzen 427
- 18.7 Tannine binden fest an Proteine und haben dadurch Abwehrfunktionen 428

- 19 Vielfältige Signale koordinieren Wachstum und Entwicklung verschiedener Pflanzenorgane und bewirken deren Anpassung an unterschiedliche Umweltbedingungen 431**
 - 19.1 Aus Tieren bekannte Signaltransduktionsketten könnten Modelle für pflanzliche Signaltransduktionen sein 432
 - G-Proteine wirken als molekulare Schalter 432
 - Kleine G-Proteine haben verschiedene regulative Funktionen 434
 - Ca²⁺ wirkt als Botenstoff bei der Signaltransduktion 434
 - Der Phosphoinositolweg steuert die Öffnung von Ca²⁺-Kanälen 435
 - Calmodulin vermittelt die Botenstoffwirkung von Ca²⁺-Ionen 435
 - Phosphorylierte Proteine bilden Elemente der Signaltransduktion 437
 - 19.2 Phytohormone umfassen eine Vielfalt unterschiedlicher Substanzen 439
 - 19.3 Auxin stimuliert das Streckungswachstum im Spross 440
 - 19.4 Gibberelline regulieren das Längenwachstum von Stängeln 443
 - 19.5 Cytokinine stimulieren die Zellteilung 446
 - 19.6 Abscisinsäure kontrolliert den Wasserhaushalt der Pflanze 447
 - 19.7 Ethylen lässt Früchte reifen 449
 - 19.8 Auch Pflanzen besitzen Steroid- und Peptidhormone 451
 - Brassinosteroide kontrollieren das Zellwachstum 451
 - Peptide wirken als Phytohormone 452
 - Systemin löst die Verteidigung gegen den Fraß von Herbivoren aus 453
 - Phytosulfokine regulieren die Zellproliferation 453
 - Alkalisierung des Zellkulturmediums wird durch ein kleines Protein hervorgerufen 454
 - Kleine Cystein-reiche-Proteine regulieren die Selbstinkompatibilität 454
 - 19.9 Abwehrreaktionen werden durch das Zusammenspiel vieler Signalsubstanzen ausgelöst 455
 - 19.10 Lichtsensoren steuern die Entwicklung von Pflanzen 456
 - Cryptochrome und Phototropin sind Blaulicht-Sensoren 459

-
- 20 Eine Pflanzenzelle besitzt drei verschiedene Genome 463**
- 20.1 Im Kern sind die Gene auf mehrere Chromosomen verteilt 463
Von einer dikotylen und einer monokotylen Pflanze ist die DNA-Sequenz des Kerngenoms bekannt 466
- 20.2 Die DNA des Kerngenoms wird durch drei spezialisierte RNA-Polymerasen transkribiert 467
Die Transkription von Strukturgenen ist reguliert 468
Einem Gen sind Nukleotidsequenzen mit Promotor- und Regulatorfunktion vorgeschaltet 468
Transkriptionsfaktoren regulieren die Ablesung eines Gens 469
Kleine (sm) RNAs hemmen die Genexpression durch Inaktivierung von mRNAs 470
Die Transkription von Strukturgenen erfordert einen komplexen Transkriptionsapparat 471
Für die Bildung der reifen Messenger-RNA ist eine Prozessierung erforderlich 473
rRNA wird durch RNA-Polymerase I und III synthetisiert 476
- 20.3 Der DNA-Polymorphismus liefert genetische Marker für die Pflanzenzüchtung 476
Durch Restriktionsfragmentlängen-Polymorphismus lassen sich Individuen der gleichen Art unterscheiden 477
Die RAPD-Technik ist eine besonders einfache Methode zur Untersuchung des DNA-Polymorphismus 480
Der Polymorphismus der Mikrosatelliten-DNA wird als genetischer Marker verwendet 482
- 20.4 Springende Gene vagabundieren durch das Genom 482
- 20.5 Die meisten Pflanzenzellen enthalten Viren 484
Retrotransposons sind degenerierte Retroviren 487
- 20.6 Plastiden besitzen ein zirkuläres Genom 487
Der Transkriptionsapparat der Plastiden besitzt Ähnlichkeiten mit dem der Bakterien 490
- 20.7 Das mitochondriale Genom von Pflanzen variiert stark in seiner Größe 491
Die mitochondriale DNA enthält fehlerhafte Informationen, die nach der Transkription korrigiert werden 495
Eine durch Mitochondrien verursachte männliche Sterilität bei Pflanzen ist ein wichtiges Hilfsmittel bei der Hybridzüchtung 496
- 21 Die Proteinbiosynthese findet an verschiedenen Orten statt 501**
- 21.1 Die Proteinsynthese erfolgt durch Ribosomen 502
Eine Peptidkette wird geknüpft 503
Durch den Einsatz spezifischer Hemmstoffe der Translation lässt sich entscheiden, ob ein Protein entweder im Kern oder im Genom der Plastiden oder Mitochondrien codiert wird 507
Die Translation wird reguliert 508

- 21.2 Proteine erreichen durch eine kontrollierte Faltung ihre dreidimensionale Struktur 509
 - Die Faltung der Proteine erfolgt in einem mehrstufigen Prozess 509
 - Proteine werden während der Faltung geschützt 509
 - Hitzeschockproteine schützen vor Hitzeeinwirkung 510
 - Chaperone binden an ungefaltete Proteine 511
- 21.3 Kerncodierte Proteine werden auf verschiedene Zellkompartimente verteilt 514
 - Die meisten in die Mitochondrien importierten Proteine müssen zwei Membranen passieren 514
 - Der Import von Proteinen in Chloroplasten erfordert mehrere Translokationsapparate 517
 - In die Peroxisomen werden zumeist bereits gefaltete Proteine importiert 519
- 21.4 Proteine werden in streng kontrollierter Weise durch Proteasomen abgebaut 520

- 22 Durch Gentechnik können Pflanzen den Bedürfnissen von Landwirtschaft, Ernährung und Industrie angepasst werden 525**
- 22.1 Ein Gen wird isoliert 525
 - Zur Isolierung von Genen wird eine Genbibliothek benötigt 526
 - Eine Genbibliothek kann in Phagen aufbewahrt werden 527
 - Auch Plasmide eignen sich für die Aufbewahrung einer Genbibliothek 529
 - Die Genbibliothek wird nach einem Gen durchsucht 530
 - Ein Klon wird durch Antikörper identifiziert 531
 - Ein Klon wird durch DNA-Sonden identifiziert 532
 - Durch Komplementierung lassen sich Gene für bislang unbekannte Proteine isolieren 533
 - Gene können mithilfe von Transposons oder T-DNA aufgespürt werden 535
- 22.2 Agrobakterien können Pflanzenzellen transformieren 535
 - Das Ti-Plasmid enthält die genetische Information für die Tumorbildung 537
- 22.3 Ti-Plasmide werden als Transformationsvektoren benutzt 539
 - Durch die Transformation einer Zelle aus einem Blatt wird eine neue Pflanze erzeugt 542
 - Pflanzen können durch ein abgewandeltes Schrotgewehr transformiert werden 544
 - Protoplasten können durch die Aufnahme von DNA transformiert werden 544
 - Die Plastidentransformation als Methode zur gentechnischen Veränderung von Pflanzen bietet Vorteile für die Umwelt 546
- 22.4 Die Auswahl von Promotoren erlaubt eine gezielte Expression eines eingeschleusten Gens 548
 - Durch Adressierungssequenzen werden Genprodukte in ein bestimmtes subzelluläres Kompartiment dirigiert 549
- 22.5 Durch Transformation können Gene ausgeschaltet werden 549
- 22.6 Für die pflanzliche Gentechnik bestehen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten 551
 - Durch das Bt-Protein werden Pflanzen gegen Insektenfraß geschützt 552
 - Durch Gentechnik können Pflanzen vor Viren geschützt werden 554

- Die Erzeugung pilzresistenter Pflanzen ist noch in der Anfangsphase 554
- Durch die Herstellung herbizidresistenter Pflanzen können Totalherbizide
als selektive Herbizide eingesetzt werden 555
- Einsatz der Gentechnik zur Verbesserung des Ertrages oder der Qualität
von Ernteprodukten 556
- Einsatz der Gentechnik zur Erzeugung von Rohstoffen für die Industrie
und von Pharmazeutika 556
- Die Gentechnik eröffnet Möglichkeiten, den Schutz von Agrarpflanzen gegen
abiotischen Stress zu erhöhen 557

Index 561