

Inhaltsverzeichnis

1	Das Pflanzenreich	1
1.1	Was sind Grüne Pflanzen?	3
1.1.1	Der Aufbau der Pflanzenzelle	4
1.2	Chlorophyta	10
1.2.1	Organisationsformen der Grünalgen	10
1.2.2	Merkmale von Chlorophyta	12
1.3	Charophyta	14
2	Landgang	17
2.1	Eroberung des Landes durch die Embryophyten (Embryobioten; Landpflanzen)	17
2.1.1	Pflanzliche Gewebe	20
2.1.2	Die Haare der Pflanzen	26
2.1.3	Die Stomata	28
2.2	Leber-, Laub- und Hornmoose	30
2.2.1	Reproduktive Organe der Landpflanzen	33
2.2.2	Sporangien und Sporen	34
2.2.3	Wuchsformen der Moose (Bryophyten)	35
2.3	Gefäßpflanzen	36
2.3.1	Leitgewebe	41
2.3.2	Organe der Gefäßpflanzen	43
3	Samenpflanzen	53
3.1	Der Aufstieg der Samenpflanzen	53
3.1.1	Heterosporie, Samen und Pollen	57
3.1.2	Sekundäres Dickenwachstum	60
3.1.3	Die Frucht und die Bestäubung der Koniferen	67
3.2	Blütenpflanzen (Angiospermen)	69
3.2.1	Die Blüte und ihre Organe	73
3.3	Einkeimblättrige (Monokotyledonen)	78
3.3.1	Raphiden und andere Kristalle	82
3.3.2	Frucht und Früchte	82
3.4	Echte Zweikeimblättrige (Eudikotyledonen)	85
3.4.1	Die Gestalt der Blüte	93
3.4.2	Wuchsformen der Samenpflanzen	94
3.4.3	Nektarien und Hydathoden	96
3.4.4	Blütenstände (Infloreszenzen) der Angiospermen	96

4	Fortpflanzung und Vermehrung	99
4.1	Sexuelle Fortpflanzung	100
4.1.1	Vom Gameten zur Zygote	100
4.1.2	Kernphasenwechsel	101
4.1.3	Generationswechsel	103
4.2	Die Generationswechsel einiger Algen	105
4.3	Die Generationswechsel der samenfreien Landpflanzen (Lebermoose, Laubmoose, Hornmoose, Lycophyten, Farne)	106
4.3.1	Bryophyten (Laub-, Leber- und Hornmoose)	107
4.3.2	Farne und Lycophyten	109
4.4	Der Generationswechsel der Samenpflanzen (Gymnospermen und Angiospermen)	114
4.4.1	Bestäubung	115
4.4.2	Befruchtung der Samenpflanzen	120
4.4.3	Samenverbreitung	123
4.5	Mechanismen zur Aufrechterhaltung der Fremdbefruchtung	124
4.6	Apomixis (Asexuelle Fortpflanzung)	126
4.7	Vegetative Vermehrung	129

5	Entwicklung	133
5.1	Wie untersucht man Entwicklung?	133
5.2	Embryoentwicklung	135
5.2.1	Musterbildung im Embryo	136
5.2.2	Gerichteter Auxinfluss und Etablierung der apikal-basalen Achse	137
5.2.3	Etablierung des Wurzelpols	138
5.3	Sprossmeristem und Organbildung	140
5.3.1	Sprossmeristem	141
5.3.2	Organbildung	144
5.4	Blattpolarität	145
5.4.1	Blattober- und Unterseite	145
5.4.2	Wenn Blätter nicht mehr wissen, wo oben und unten ist ..	146
5.4.3	Kommunikation zwischen Sprossapex und Blatt	148
5.5	Die Wurzel	150
5.5.1	Beispiel für radiale Musterbildung	150
5.5.2	Ähnliche Mechanismen regulieren Wurzel- und Sprossmeristeme	152

5.6	Blühinduktion als Beispiel für abiotische Entwicklungsregulation	155
5.6.1	Übergang von der vegetativen zur generativen Entwicklung	155
5.6.2	Der Blühzeitpunkt wird durch verschiedene Faktoren reguliert	156
5.7	Blütenentwicklung als Beispiel für kombinatorische Genfunktion	160
5.7.1	Bildung der verschiedenen Blütenorgane	161
5.7.2	Terminierung der Meristemfunktion	164
5.7.3	Von der Blühinduktion zum Blütenorgan	165
5.8	Befruchtung und Samenbildung	166
5.8.1	Befruchtung	166
5.8.2	Epigenetische Regulation der Samenentwicklung	169

6

	Photosynthese: Lichtreaktionen und Prozesse im Chloroplasten	172
6.1	Bedeutung der Photosynthese	172
6.2	Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie ...	174
6.3	Struktureller Aufbau des Photosyntheseapparats	184
6.3.1	Die Lichtsammelkomplexe	186
6.3.2	Photosystem II mit Wasserspaltungsapparat	189
6.3.3	Photosystem I und der Cytochrom <i>b₆f</i> -Komplex	194
6.3.4	Verteilung der Reduktionskraft am Photosystem I: Die zentrale Rolle des Ferredoxins und die Redox-Regulation ..	198
6.3.5	Die ATP-Synthese	200
6.3.6	Die Photosynthesekomplexe in der Thylakoide	204
6.4	Die Regulation der Lichtreaktionen	206
6.4.1	Verteilung der Anregungsenergie auf die Photosysteme ...	207
6.4.2	Nicht photochemische Energielöschung	208
6.4.3	Energieumwandlung im Reaktionszentrum und Photoinhibition	209
6.5	Der Calvin-Zyklus	210
6.5.1	Die Reaktionen des Calvin-Zyklus	211
6.5.2	Regulation im Calvin-Zyklus	217
6.6	Retrograder Signaltransfer zwischen Plastiden und Zellkern	222
6.7	Plastidendifferenzierung	226
6.8	Evolution der Photosynthese	230
6.8.1	Evolution der Lichtreaktionen	230
6.8.2	Stoffwechsel als evolutiver Flickenteppich am Beispiel des Calvin-Zyklus	232

7

Die Photosynthese im Blatt	234
7.1 Wege der CO₂-Fixierung im Blatt	234
7.1.1 Die Photorespiration	235
7.1.2 C ₄ -Photosynthese	239
7.1.3 Crassulaceen-Säurestoffwechsel (CAM)	244
7.1.4 Die Verwertung der Assimilate	245
7.2 Der photosynthetische Gaswechsel	250
7.2.1 Brutto- und Nettophotosynthese: CO ₂ - und O ₂ -Gaswechsel	250
7.2.2 Die Regulation des Gasaustausches durch die Stomata ...	254
7.3 Ökophysiologie der Photosynthese	258
7.3.1 Der Einfluss von Außenfaktoren	259
7.3.2 Strahlung	261
7.3.3 CO ₂ -Konzentration	263
7.3.4 Temperatur	266

8

Nährstoffhaushalt	270
8.1 Merkmale der pflanzlichen Ernährung	270
8.1.1 Nährstoffbedarf	270
8.1.2 Nährstoffquellen	272
8.2 Mineralstoffhaushalt	273
8.2.1 Mineralstoffquellen	273
8.2.2 Aufnahme von Mineralstoffen	276
8.2.3 Mineralsalze als Standortfaktoren	284
8.3 Der Stoffwechsel des Stickstoffs	289
8.3.1 Stickstoffassimilation	289
8.3.2 Fixierung von molekularem Stickstoff	293
8.4 Der Stoffwechsel des Schwefels	298
8.4.1 Der Kreislauf des Schwefels	298
8.4.2 Assimilatorische Sulfatreduktion	299
8.4.3 Schwefeldioxid – ein Mitverursacher des Waldsterbens ...	301

9

Wasserhaushalt	302
9.1 Die Bedeutung des Wassers für das pflanzliche Leben ..	302
9.1.1 Die Eigenschaften von Wasser	302
9.1.2 Der Anteil des Wassers an der stofflichen Zusammensetzung des Pflanzenkörpers	303
9.1.3 Wasserbilanz und Wasserzustand der Pflanze	304

9.2	Wasserhaushalt der pflanzlichen Zelle	307
9.2.1	Die Wasseraufnahme als Diffusionsvorgang	308
9.2.2	Osmose und osmotisches Potential	308
9.2.3	Druckpotential und Turgor	309
9.2.4	Saugspannungsgleichung	312
9.2.5	Quellung und Matrixpotential	313
9.3	Wasserhaushalt der ganzen Pflanze	315
9.3.1	Gravitationspotential	315
9.3.2	Die Pflanze im Wasserpotentialgefälle zwischen Boden und Luft	316
9.3.3	Wasseraufnahme aus dem Boden	317
9.3.4	Wasserabgabe in die Atmosphäre	320
9.3.5	Das Wasserpotential der Luft	322
9.4	Die Wasserbilanz	324
9.4.1	Dynamik der Wasserbilanz	325
9.4.2	Grundtypen der Wasserbilanz	327
9.4.3	Dürresistenz	328

10

Transport	330	
10.1	Transportvorgänge in Pflanzen	330
10.1.1	Kurzstreckentransport	330
10.1.2	Mittelstreckentransport	330
10.1.3	Ferntransport	332
10.2	Xylemtransport	334
10.2.1	Transportierte Stoffe	335
10.2.2	Die Elemente des Xylems	335
10.2.3	Xylemtransport: Massenstrom mit Solarantrieb	339
10.3	Phloemtransport	345
10.3.1	Transportierte Stoffe	346
10.3.2	Die Elemente des Phloems	347
10.3.3	Das Transportsystem	350

11

Sekundärstoffwechsel	359	
11.1	Funktionen von Sekundärmetaboliten	359
11.2	Phenolische Verbindungen	362
11.2.1	Synthesewege der Grundbausteine	362
11.2.2	Phenylpropanderivate	364
11.2.3	Flavonoide	368
11.2.4	Stilbene	371
11.2.5	Tannine (Gerbstoffe)	372

11.3	Isoprenoide Verbindungen	373
11.3.1	Synthesewege der Grundbausteine	375
11.3.2	Hemiterpene und Monoterpene	376
11.3.3	Sesquiterpene und Diterpene	378
11.3.4	Triterpene	379
11.3.5	Tetraterpene	383
11.3.6	Polyterpene	384
11.4	Stickstoffhaltige Sekundärverbindungen	386
11.4.1	Tabak-Alkaloide	389
11.4.2	Lupinen-Alkaloide	392
11.4.3	Pyrrolizidin-Alkaloide	393
11.4.4	Tropan-Alkaloide	395
11.4.5	Benzylisochinolin-Alkaloide	396
11.4.6	Monoterpen-Indol-Alkaloide	398
11.4.7	Ergolin-Alkaloide	400
11.4.8	Purin-Alkaloide	400
11.5	Hormone	402
11.5.1	Auxin	404
11.5.2	Cytokinine	405
11.5.3	Gibberelline	406
11.5.4	Abscisinsäure	407
11.5.5	Ethylen	408
11.5.6	Brassinosteroide	409
11.5.7	Jasmonsäure	410
11.5.8	Hormonartige Substanzen	411

12	Bewegungen	413
12.1	Bewegungsformen	413
12.1.1	Bewegung und Reiz	413
12.1.2	Bewegungsmechanismen	415
12.1.3	Bewegungstypen	418
12.2	Gravitropismus	425
12.2.1	Wahrnehmung und Weiterleitung von Schwerkraftsignalen: die Stärke-Statolithen-Hypothese ...	428
12.2.2	Die Cholodny-Went-Hypothese	430
12.3	Phototropismus	432
12.3.1	Wie verläuft eine phototrope Reaktion?	433
12.3.2	Photorezeptoren	434
12.4	Pollenschlauch- und Wurzelhaarwachstum	439
12.4.1	Das polare Wachstum des Pollenschlauchs	442
12.4.2	Inkompatibilitätsmechanismen	444
12.4.3	Polares Wachstum der Wurzelhaare	446

13	Anpassungen an den Lebensraum	448
	13.1 Standortfaktoren und Anpassungsstrategien	448
	13.2 Abiotische Umweltfaktoren	453
	13.2.1 Temperatur	453
	13.2.2 Wasser	463
	13.2.3 Strahlung	475
	13.2.4 Nährstoffe	480
	13.3 Biotische Umweltfaktoren	485
	13.3.1 Allelopathie	487
	13.3.2 Abwehrmechanismen der Pflanze	488
	13.3.3 Interaktionen mit Phytopathogenen in den Lebensphasen einer Pflanze	496
	13.3.4 Agronomische Maßnahmen	500
14	Angewandte Botanik	503
	14.1 Nutzung von Pflanzen	503
	14.1.1 Nahrungspflanzen	503
	14.1.2 Technisch genutzte Pflanzen	504
	14.1.3 Heilpflanzen, Insektizide, Pestizide	506
	14.2 Pflanzenzüchtung	508
	14.2.1 Klassische Züchtung	509
	14.2.2 Moderne Züchtungsmethoden (Gewebekultur)	514
	14.2.3 Gentechnologie	518
	14.3 Die Entwicklung der Landwirtschaft	526
	14.4 Botanik und Recht	532
15	Anhang	541
	Bildquellen	541
	Sachverzeichnis	545