

LB

2755-708

Ex

Dieter Heß

Pflanzenphysiologie

Molekulare und biochemische Grundlagen von
Stoffwechsel und Entwicklung der Pflanzen

- 10., völlig neubearbeitete und
neugestaltete Auflage
- 348 Zeichnungen und Formeln
- 27 Schwarzweißfotos
- 15 Tabellen

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5	
A	Steuerung der Merkmalsbildung durch Nucleinsäuren.	17
1	Struktur der Nucleinsäuren, Transkription und Translation	19
1.1	Averys Transformationsexperimente	19
1.2	Die chemische Konstitution der Nucleinsäuren	21
1.2.1	Bausteine der Nucleinsäuren	21
1.2.2	Nucleoside, Nucleotide, Polynucleotide	22
1.2.3	Das Watson-Crick-Modell der DNA	24
1.3	Die Expression der Gene	26
1.3.1	Das Konzept der Genexpression.	27
1.3.2	Transkription	27
1.3.3	Der genetische Code	30
1.3.4	Processing	32
1.3.5	Translation.	40
1.3.6	Antimetaboliten der Transkription und Translation.	46
1.3.7	»Langlebige« mRNA in höheren Pflanzen	49
1.3.8	Ein-Gen – Ein-Polypeptid	51
1.4	Gentechnik und Gentechnologie	56
1.4.1	DNA-Analytik	58
1.4.2	Technische Voraussetzungen für den Gentransfer.	70
1.4.3	Methoden des Gentransfers	78
B	Grundlagen des Stoffwechsels	91
2	Photosynthese	92
2.1	Die Gliederung der Photosynthese in Primär- und Sekundärvorgänge	92
2.2	Primärvorgänge der Photosynthese	94
2.2.1	Elektronentransportketten	94
2.2.2	Redoxsysteme bei den Primärprozessen der Photosynthese	95
2.2.3	Zwei Photosysteme mit Kern-Bereichen und Lichtsammler-Komplexen.	103

8 Inhaltsverzeichnis

2.2.4	Der Ablauf der Primärprozesse	107
2.2.5	Der Chloroplast: Ort der Photosynthese	113
2.2.6	Photophosphorylierung nach der chemiosmotischen Hypothese	119
2.3	Sekundärvorgänge der Photosynthese	123
2.3.1	Der CO ₂ -Akzeptor	123
2.3.2	Der Anschluß an die Primärprozesse	124
2.3.3	Der Calvin-Zyklus (reduktiver Pentosephosphat-Zyklus)	126
2.3.4	Variante 1 in der CO ₂ -Anlieferung: der C ₄ -Dicarbonsäure-Weg	129
2.3.5	Variante 2 in der CO ₂ -Anlieferung: der Crassulaceen-Säure-Stoffwechsel (diurnaler Säurezyklus der Sukkulenten)	137
2.3.6	Vergleich C ₄ -Dicarbonsäure-Weg und diurnaler Säurezyklus: räumliche und zeitliche Kompartimentierung	141
2.3.7	C ₄ -Dicarbonsäure-Weg und CAM: Beispiele für Biochemische Ökologie	142
3	Kohlenhydrate	145
3.1	Monosaccharide	145
3.1.1	Phosphorylierungen (Kinasen)	146
3.1.2	Intramolekulare Verschiebung von Phosphat (Mutasen)	146
3.1.3	Zucker-Nucleotide (UDPG)	146
3.1.4	Inversion einer HO-Gruppe (Epimerasen)	147
3.1.5	Steuerung des Gleichgewichts zwischen Aldosen und Ketosen (Isomerasen)	147
3.1.6	Oxidativer Abbau um 1 C-Atom (Übergang Hexose – Pentose)	148
3.2	Oligosaccharide und Polysaccharide	150
3.2.1	Glykoside	150
3.2.2	Oligosaccharide	151
3.2.3	Polysaccharide	154
3.2.4	Glykoproteide	167
3.2.5	Syntheseorte von hochpolymeren Zellwandbestandteilen	168
4	Biologische Oxidation	175
4.1	Glykolyse	176
4.2	Oxidative Decarboxylierung des Pyruvats; Bildung aktivierter Essigsäure	180
4.3	Citronensäure-Zyklus	182

4.4	Endoxidation an der Atmungskette; Mitochondrien als Energiezentralen	185
4.4.1	Bau der Mitochondrien	185
4.4.2	Atmungskette	186
4.4.3	Atmungskettenphosphorylierung	189
4.4.4	Die ATP-Ausbeute über die Atmungskette	189
4.5	Photorespiration (Glykolatweg)	193
4.5.1	Microbodies	193
4.5.2	Photorespiration	193
5	Glycerolipide	197
5.1	Chemische Konstitution der Glycerolipide	197
5.1.1	Triacylglycerine (Neutralfette)	197
5.1.2	Phospholipide	200
5.1.3	Glykolipide	200
5.2	Die Biosynthese der Fettsäuren und der Glycerolipide	201
5.2.1	Die de novo-Synthese von Fettsäuren	202
5.2.2	Modifikationen der Primärfettsäuren	207
5.3	Der Abbau von Neutralfetten und Fett- säuren	211
5.3.1	Der Abbau der Neutralfette	211
5.3.2	Der Abbau der Fettsäuren über β -Oxidation.	212
5.4	Der Glyoxylat-Zyklus und die Gluconeogenese	213
5.4.1	Der Glyoxylat-Zyklus	213
5.4.2	Die Gluconeogenese und der Weg dahin	215
6	Terpenoide	217
6.1	Chemische Konstitution	218
6.2	Biosynthese, generell	219
6.3	Die einzelnen Gruppen der Terpenoide: Biosynthese, Funktionen und Anwendungen	221
6.3.1	Monoterpene	222
6.3.2	Sesquiterpene	223
6.3.3	Triterpene	223
6.3.4	Diterpene	233
6.3.5	Tetraterpene: Carotinoide	235
6.3.6	Polyterpene	239
7	Phenole	242
7.1	Chemische Konstitution	242
7.2	Biosynthese, generell	243
7.2.1	Der Shikimisäure-Weg	243
7.2.2	Der Acetat-Malonat-Weg	247

7.3	Die einzelnen Gruppen der Phenolderivate: Biosynthese, Funktionen und Anwendungen . . .	247
7.3.1	Zimtsäuren	247
7.3.2	Cumarine	250
7.3.3	Lignin	252
7.3.4	Phenolcarbonsäuren und einfache Phenole . . .	255
7.3.5	Flavanderivate (Flavonoide)	262
7.3.6	Stilbene	270
8	Aminosäuren	273
8.1	Die Reduktion des Stickstoffs	273
8.1.1	Nitratreduktase	273
8.1.2	Nitritreduktase	274
8.2	Glutamat als primärer NH ₃ -Akzeptor	274
8.3	Transaminierungen	276
8.4	Die Herkunft des C-Skeletts der Aminosäuren . . .	277
8.5	Stellung der Aminosäuren im Stickstoffkreis- lauf	278
9	Tetrapyrrole (Porphyrine und offene Tetrapyrrole)	282
9.1	Biosynthese von Chlorophyllen und Cytochromen	282
9.1.1	Der C ₅ -Weg von Glutaminsäure zu δ-Amino- lävulinsäure (ALA)	282
9.1.2	Von ALA zu zyklisch geschlossenen Tetra- pyrrolen	283
9.1.3	Vom Protoporphyrin IX zu den Chlorophyllen und Cytochromen	283
9.2	Biosynthese von Phytochrom	284
10	Alkaloide	286
10.1	Derivate der aliphatischen Aminosäuren Ornithin und Lysin	287
10.1.1	Chinolizidin-Alkaloide	288
10.1.2	Pyrrolizidin-Alkaloide	288
10.1.3	Nicotiana-Alkaloide und Nicotinsäure	289
10.1.4	Tropan-Alkaloide	291
10.2	Derivate der aromatischen Aminosäuren Phenylalanin und Tyrosin	293
10.2.1	Betalaine	293
10.2.2	Isochinolin- und Benzylisochinolin- Alkaloide	294
10.2.3	Colchicin	295

10.3	Derivate der Aminosäure Tryptophan: Indol-alkaloide und Derivate	295
10.4	Purin-Alkaloide	298
10.5	Alkaloide und Biochemische Systematik	300
C	Grundlagen der Entwicklung	305
11	Teilungswachstum	307
11.1	Der Mitose-Zyklus	307
11.2	Die Replikation der DNA	308
11.2.1	Das Prinzip der semikonservativen DNA-Replikation	308
11.2.2	Das Meselson-Stahl-Experiment	308
11.2.3	Taylors Versuche an <i>Vicia faba</i>	310
11.2.4	Molekularer Mechanismus der DNA-Replikation	311
12	Totipotenz	316
12.1	Regenerationsexperimente	316
12.2	Vegetative Hybridisierung	319
13	Differentielle Genaktivität: der Nachweis	323
13.1	Stadien- und gewebespezifische mRNA	323
13.2	Stadien- und gewebespezifische Proteinmuster	326
14	Intrazelluläre Regulation	329
14.1	Regulation der Genexpression	330
14.1.1	Die Organisation der DNA in den Chromosomen	330
14.1.2	Substratinduktion	333
14.2	Regulation der Enzymaktivität	334
14.2.1	Isosterische Effekte	334
14.2.2	Allosterische Effekte	335
14.2.3	Feinregulation durch Isoenzyme	336
14.2.4	Phosphorylierungen zur Steuerung der Enzymaktivität	338
15	Interzelluläre Regulation: Phytohormone und ihre physiologischen Wirkungen	342
15.1	Indolderivate: IES	343

15.1.1	Chemische Konstitution.	343
15.1.2	Historik, Testverfahren.	343
15.1.3	Biosynthese und Abbau.	346
15.1.4	Einige physiologische Funktionen der IES	346
15.1.5	Polarer Transport der IES.	349
15.1.6	Synthetische Auxine	352
15.2	Gibberelline	354
15.2.1	Chemische Konstitution.	354
15.2.2	Historik, Testverfahren.	354
15.2.3	Biosynthese	355
15.2.4	Einige physiologische Funktionen der Gibberelline	355
15.3	Cytokinine.	357
15.3.1	Chemische Konstitution.	357
15.3.2	Historik, Testverfahren.	358
15.3.3	Biosynthese und Abbau.	359
15.3.4	Einige physiologische Funktionen der Cytokinine	359
15.4	Abscisinsäure.	361
15.4.1	Chemische Konstitution.	361
15.4.2	Historik, Testverfahren.	361
15.4.3	Biosynthese	362
15.4.4	Einige physiologische Funktionen der Abscisinsäure.	362
15.5	Ethylen	364
15.5.1	Chemische Konstitution.	364
15.5.2	Historik, Testverfahren.	364
15.5.3	Biosynthese	364
15.5.4	Einige physiologische Funktionen des Ethylens	365
15.6	Weitere Phytohormone bzw. Phytohormon- Kandidaten	367
15.6.1	Brassinosteroide.	367
15.6.2	Jasmonsäure	368
15.6.3	Salicylsäure	368
16	Molekularer Wirkungsmechanismus der Phytohormone: Signaltransduktion	372
16.1	Rezeptoren	373
16.1.1	Die Rezeptorhypothese	373
16.1.2	Zielzellen	373
16.1.3	Hormonrezeptoren in Pflanzen	373
16.2	Sekundäre Messenger	375
16.2.1	Calcium-Ionen und Calmodulin.	376
16.2.2	Inositol-1,4,5-triphosphat und Diacylglycerin	377

16.2.3	Kaskadeneffekte	378
16.3	Gene als Zielstrukturen	382
16.3.1	Ein klassisches Beispiel: die Aktivierung des Gens für α -Amylase durch Gibberellinsäure . . .	382
16.3.2	Promotoren als Zielstrukturen für die Modu- lation der Genexpression	384
17	Regulation durch Außenfaktoren:	
	Abiotische Außenfaktoren	389
17.1	Licht als Normalfaktor	389
17.2	Temperatur als Streßfaktor.	397
18	Regulation durch Außenfaktoren:	
	Biotische Außenfaktoren	402
18.1	Wirt-Pathogen-Beziehungen	402
18.1.1	Präinfektionelle Abwehrstoffe	402
18.1.2	Postinfektionelle Abwehrstoffe.	405
18.1.3	Molekulare Mechanismen induzierter Abwehr- reaktionen.	409
18.2	Zusammenleben zum beiderseitigen Vorteil: Symbiosen und Assoziationen	417
18.2.1	Die Symbiose zwischen Fabales und Rhizobiaceae	417
18.2.2	Assoziationen zwischen Getreide und Azospirillen	424
19	Musterbildung	429
19.1	Die Polarität.	429
19.1.1	Das Phänomen	429
19.1.2	Induktion und Fixierung der Polarität	430
19.2	Inäquale Zellteilungen	433
19.2.1	Erste Teilung der Zygote	434
19.2.2	Spaltöffnungsentwicklung	434
19.2.3	Wurzelhaarbildung	435
19.2.4	Die erste Pollenmitose	436
19.3	Positionseffekte	437
19.4	Streckungswachstum	437
19.4.1	Das Phänomen	437
19.4.2	Die Saugkraftgleichung	439
19.4.3	Etappen der Zellstreckung	441
19.4.4	Art der Haftpunkte, ihre Lösung und Zell- streckung.	443
19.4.5	Der Wirkungsmechanismus der IES bei der Zellstreckung	445

19.5	Apikale Dominanz	450
19.5.1	Das Phänomen	450
19.5.2	IES-Optima	451
19.5.3	IES-induzierte Ethylen-Synthese und Hemmung der Seitenknospen	453
19.5.4	Interaktionen der Phytohormone	454
19.6	Homoioogenetische Induktion	454
19.7	Positionseffekte im Blattsystem	455
19.8	Sperreffektmuster	457

D Phasen im Entwicklungszyklus der Pflanzen . 461

20	Die embryonale Phase	463
20.1	Die Embryogenese	463
20.1.1	Der Ablauf	463
20.1.2	Nachweis beteiligter Gene über Muster- mutanten	463
20.1.3	Die Kausalanalyse	464
20.1.4	Entwicklungshilfe bei der Embryogenese: Embryonenkultur	471
20.1.5	Bildung von Speicherproteinen	473
20.1.6	Reifung der Embryonen und Einleitung der Keimruhe	477
20.2	Bildung von Samen und Frucht	479
20.2.1	Bildung des Samens	479
20.2.2	Bildung der Frucht	480
21	Die unselbständige vegetative Phase	484
21.1	Keimruhe	484
21.1.1	Unvollständige Embryonen	484
21.1.2	Nachreife durch Trocknung	485
21.1.3	Impermeabilität für Wasser und/oder Gase	485
21.1.4	Inhibitoren	485
21.1.5	Der biochemische Keimfähigkeits-Test (TTC-Test)	486
21.2	Keimungsbedingungen	488
21.2.1	Wasser	488
21.2.2	Sauerstoff	489
21.2.3	Temperatur	489
21.2.4	Licht	490
21.3	Mobilisierung von Reservestoffen	492
21.4	Zentrale Stoffwechselprozesse im Keimling	493

21.4.1	Phasen im Sauerstoffverbrauch eines Keimlings	494
21.4.2	Der oxidative Pentosephosphat-Zyklus	494
21.5	Der Aufbau des Photosynthese-Apparates	495
21.5.1	Entstehung und Umwandlung von Plastiden	496
21.5.2	Bildung von Chloroplastenproteinen	497
21.6	Regulation der Keimung durch Phytohormone	499
21.7	Regulation der Keimung und Ökologie	500
21.7.1	Eichung auf Temperatur	501
21.7.2	Chemische Eichung auf Niederschlag	501
22	Die selbständige vegetative Phase	505
22.1	Stofftransport und Wasserhaushalt	505
22.1.1	Quertransport von Wasser und Mineralsalzen von den Wurzelhaaren zu den Leitbündeln der Wurzel	506
22.1.2	Transmembrantransport	508
22.1.3	Transport im Xylem	511
22.1.4	Transport im Phloem	516
22.1.5	Wasserstreß	523
22.2	Pflanzen gegen Pflanzen: Allelopathie	526
22.2.1	Ein historischer Fall: der Walnußbaum	528
22.2.2	Allelopathie in natürlichen Ökosystemen: der Chaparral	530
22.2.3	Allelopathie bei Nutzpflanzen	532
22.3	Pflanzen gegen Insekten: Sekundärstoffe gegen Fraßfeinde – Nutzung der Abwehrstoffe durch Fraßfeinde	534
22.3.1	Das Fraßmuster der Raupen des Seidenspinners	535
22.3.2	Demissin und der Kartoffelkäfer	536
22.3.3	Herzglykoside der Asclepiadaceen und Danaiden	537
22.3.4	Pyrolizidin-Alkaloide: differentielles Wirkungsspektrum je nach der Tiergruppe	539
22.3.5	Toxische Glucosinolate als Lockmittel und Beißfaktoren: Sinigrin und der Große Kohlweißling	541
22.3.6	Monoterpene als Pheromone bei Borkenkäfern	542
22.3.7	Die Limabohne und ihre Duftstoffe	545
22.3.8	Insektenhormone in Pflanzen	545

23	Die reproduktive Phase	550
23.1	Blütenbildung	550
23.1.1	Blühinduktion	551
23.1.2	Blütendifferenzierung	571
23.2	Entwicklung der Gametophyten und Befruchtung	577
23.2.1	Der Ablauf	577
23.2.2	Aspekte aus der Entwicklung der Gameto- phyten	579
23.2.3	Befruchtung – auch in vitro	585
	Bildquellen	587
	Literaturhinweise	591
	Sachregister	597