

2641-119

Claus Buschmann · Karl Grumbach

# Physiologie der Photosynthese

Mit 106 Abbildungen



Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York Tokyo 1985

# Inhaltsverzeichnis

1. Stoffumwandlungen in biologischen Systemen	1
1.1. Einstellung eines dynamischen Gleichgewichtes	1
1.2. Energiebilanz biochemischer Reaktionen	1
1.3. Endergone und exergone Reaktionen	2
1.4. Enzyme - Katalysatoren biochemischer Reaktionen	3
2. Bedeutung der Photosynthese	5
2.1. Erdgeschichtliche Entwicklung	5
2.1.1. Chemische Evolution	5
2.1.2. Biologische Evolution	6
2.2. Grundaufbau eines Ökosystems	7
2.2.1. Stofffluß	7
2.2.2. Energiefluß	9
2.2.3. Einordnung der Photosynthese	11
2.3. Produktion von Biomasse	11
2.3.1. Natürliche Produktion	11
2.3.2. Der Einfluß des Menschen	12
3. Geschichte der Photosynthese-Forschung	14
3.1. Entdeckung der Photosynthese	14
3.2. Aufklärung von Einzelprozessen der Photosynthese	15
3.3. Nutzanwendung und Entwicklungsmöglichkeiten	17
4. Struktur und chemische Zusammensetzung photosynthetisch aktiver Organismen und Gewebe	18
4.1. Prokaryonten	18
4.1.1. Bakterien	19
4.1.2. Blaualgen	19
4.2. Eukaryonten	20
4.2.1. Organismusformen und ihre stammesgeschichtliche Entwicklung	20
4.2.2. Der Chloroplast	23
4.2.3. Rhodoplasten und Phäoplasten	27
E 1 Isolierung von Plastiden	28
E 2 Isolierung der Chloroplastenhüllmembran ("Envelope")	31
E 3 Bestimmung der Intaktheit von Chloroplastenpräparationen	32
E 4 Extraktion von Chloroplastenfarbstoffen und -chinonen	34
E 5 Chromatographische Auftrennung von Chloroplastenfarbstoffen und -chinonen	35
E 6 Quantitative Bestimmung der Chloroplastenfarbstoffe und -chinone	40

# VIII

E 7	Elektrophoretische Auftrennung von Chlorophyll-Protein-Komplexen	44
E 8	Bestimmung des Cytochrom f-Gehaltes isolierter Chloroplasten	47
E 9	Bestimmung des P 700-Gehaltes isolierter Chloroplasten	49
E 10	Bestimmung des Gehaltes der PS II-Akzeptoren Q, B und Plastochinon	51
5.	Mechanismus der Photosynthese	54
5.1.	Lichtabsorption	55
5.1.1.	Die Natur des Lichtes	55
5.1.2.	Absorption des Lichtes = Anregung von Farbstoffmolekülen	55
5.1.3.	Absorptionsspektren von Pflanzengeweben und Pflanzenextrakten	57
5.2.	Abgabe von Fluoreszenz und Wärme	62
5.2.1.	Übergang vom angeregten Zustand in den Grundzustand	62
5.2.2.	Arten der Fluoreszenz- und Wärmeabstrahlung	63
5.2.3.	Spektren der Fluoreszenz- und Wärmeabstrahlung	65
5.2.4.	Zusammenhang zwischen Photosynthese und der Abstrahlung von Fluoreszenz und Wärme	67
5.3.	Übertragung von Energie in den Antennensystemen	70
5.3.1.	Energieübertragung durch Exzitonentransfer	70
5.3.2.	Zusammensetzung und Funktion der Antennen	72
5.3.3.	Das "tri-partite"-Modell	74
5.3.4.	Regulation der Energieübertragung vom LHCP auf die Photosysteme I und II	75
5.4.	Elektronentransport	77
5.4.1.	Prinzip	77
5.4.2.	Komponenten	79
5.4.3.	Kinetik	87
5.4.4.	Räumliche Anordnung der Komponenten des Elektronentransportes in der Thylakoidmembran	87
5.5.	Photophosphorylierung	89
5.5.1.	Thermodynamische Grundlagen der ATP-Bildung	89
5.5.2.	Struktur der ATPase und Verlauf der ATP-Bildung	91
5.5.3.	Arten der Photophosphorylierung	92
5.5.4.	Regulation der ATP-Bildung	94
5.5.5.	Beispiele für die allgemeine Gültigkeit der chemiosmotischen Hypothese	95
E 11	Lichtabsorption von Blattfarbstoffen	97
E 12	Messung des Emissions- und des Anregungsspektrums der Chlorophyll-Fluoreszenz	98
E 13	Messung der Induktionskinetik der Chlorophyll-Fluoreszenz ("Kautsky-Effekt")	100
E 14	Messung der Sauerstoff-Entwicklung	103
E 15	Test der photosynthetischen Elektronentransportkette ("Hill-Reaktion")	105
E 16	Messung der NADP-Reduktion	110
E 17	Messung der Photophosphorylierung an isolierten Chloroplasten	111
E 18	Messung des Protonengradienten an isolierten Thylakoidmembranen	114

5.6. Reduktiver Pentosephosphat-Zyklus (Calvin-Zyklus)	115
5.6.1. Reaktionsablauf	115
5.6.2. Regulation	123
5.7. Vorgeschaltete CO <sub>2</sub> -Fixierung bei C <sub>4</sub> - und CAM-Pflanzen	125
5.7.1. C <sub>4</sub> -Pflanzen	128
5.7.2. CAM-Pflanzen	130
5.7.3. Regulation der CO <sub>2</sub> -Fixierung bei C <sub>4</sub> - und CAM-Pflanzen	131
5.8. Photosynthese-Produkte, ihr Transport und ihre Speicherung	133
5.8.1. Transport	133
5.8.2. Speicherung	134
5.8.3. Steuerung des Transports und der Speicherung von Assimilaten	134
E 19 Messung der CO <sub>2</sub> -Fixierung an intakten Pflanzen	136
E 20 Bestimmung des CO <sub>2</sub> -Kompensationspunktes bei C <sub>3</sub> - und C <sub>4</sub> -Pflanzen	141
E 21 Stärke-Nachweis in Blättern	142
E 22 Chromatographische Auftrennung der photosynthetischen Primärprodukte	143
E 23 Bestimmung des Säuregehaltes einer CAM-Pflanze im Licht-Dunkel-Wechsel	144
6. Lichtatmung	146
6.1. Reaktionsablauf	147
6.2. Regulation der Lichtatmung und Wechselwirkung mit der Photosynthese	149
E 24 Messung der Lichtatmung bei höheren Pflanzen	150
7. Bakterien-Photosynthese	153
7.1. Lichtreaktion	155
7.2. Dunkelreaktion	155
8. Chemosynthese	157
8.1. Aerobe Chemosynthese	158
8.2. Anaerobe Chemosynthese	159
9. Entstehung der Photosynthese-Aktivität im Licht	161
9.1. Ablauf	161
9.1.1. Entwicklungsstadien der Plastiden	161
9.1.2. Biosynthese von Einzelkomponenten	163
9.1.3. Funktionelle Veränderung	175
9.2. Regulation	176
9.2.1. genetische Kontrolle	176
9.2.2. Einfluß von Phytohormonen	178
9.2.3. Einfluß von Umweltfaktoren	178
10. Photosynthese und natürliche Umweltfaktoren	181
10.1. Licht	181
10.1.1. Lichtintensität	181
10.1.2. Lichtqualität	183

10.2. Temperatur	191
10.2.1. Hitze	192
10.2.2. Kälte und Frost	192
10.3. Wasserangebot	193
10.4. Mineralstoffangebot	194
10.5. Gasstoffwechsel	196
10.5.1. Abhängigkeit von der äußeren Gaskonzentration	196
10.5.2. Eindringen von CO <sub>2</sub> in das Blatt	198
10.5.3. Regulation der Stomataöffnungsweite	199
E 25 Messung der Lichtintensität und der Lichtqualität	201
E 26 Messung der Stomataöffnung	204
11. Photosynthese und anthropogene Faktoren	207
11.1. Herbizide	207
11.1.1. Hemmstoffe des photosynthetischen Elektronen- transportes	210
11.1.2. Chlorose-induzierende Herbizide	211
11.2. Verunreinigungen der Luft	213
11.2.1. Abgase	213
11.2.2. Stäube und Aerosole	215
11.3. Verunreinigungen des Bodens	216
11.3.1. Salz	216
11.3.2. Schwermetalle	217
11.4. Ionisierende Strahlung	218
12. Biotechnische Ansätze zur Nutzung der Photosynthese	220
12.1. Produktion von Biomasse	220
12.1.1. Gezielte Stoffproduktion	220
12.1.2. Gewebe- und Zellkulturen	220
12.2. Produktion von Bioenergie	221
12.2.1. Produktion von Wasserstoff	222
12.2.2. Biomembranen	224
E 27 Anlegen einer Kalluskultur	226
E 28 Anlegen einer Submerskultur aus Kallusgewebe	228
E 29 Isolation von Protoplasten	228
E 30 Messung der Wasserstoff-Produktion bei Blaualgen	230
13. Photosynthese und Symbiose	231
13.1. Pflanzliche Symbiosegemeinschaften	231
13.1.1. Flechten	231
13.1.2. Mykorrhiza	231
13.1.3. Stickstoff-bindende Bakterien und Blaualgen	232
13.2. Symbiose zwischen Tieren und Pflanzen	232
13.2.1. Algen-Tier-Symbiose	232
13.2.2. Chloroplasten-Schnecke-Symbiose	233
13.3. Die Pflanzenzelle als symbiontisches System	233
Fachbücher zum Thema Photosynthese	236
Sachregister	239