

Ernst-Detlef Schulze / Erwin Beck / Klaus Müller-Hohenstein

Pflanzenökologie

Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg · Berlin



581.5

Inhaltsverzeichnis

Vorwort V

Einführung

Kapitel 1

STRESSPHYSIOLOGIE

1.1 Die Umwelt als Stressor: Stressphysiologie der Pflanzen 7

- 1.1.1 Abiotische und biotische Umwelt verursachen Stress 7
- 1.1.2 Spezifische und unspezifische Reaktionen auf Stress 9
- 1.1.3 Die Stresskonzepte 11
- 1.1.4 Stressperzeption und Signalentstehung 15
- 1.1.5 Wie kann man Stress bei Pflanzen nachweisen? 17
- 1.1.6 Produktion stresstoleranter Pflanzen durch *genetic engineering*? 17
- 1.1.7 *Gene Silencing* 20

1.2 Licht 23

- 1.2.1 Sichtbares Licht 24
- 1.2.2 UV-Strahlung 39

1.3 Temperatur 51

- 1.3.1 Temperaturbereiche und Grenztemperaturen des Lebens 51
- 1.3.2 Temperaturabhängigkeit biochemischer Prozesse, Q_{10} und Aktivierungsenergie 56
- 1.3.3 Temperatur und Stabilität/ Funktionalität von Biomembranen 57
- 1.3.4 Hitze (Hyperthermie) 58
- 1.3.5 Kälte 69
- 1.3.6 Frost 81
- 1.3.7 Schlussbetrachtung 103

1.4 Sauerstoffmangel (Anaerobiose und Hypoxie) 111

- 1.4.1 Der Energiestoffwechsel der Pflanzen unter Sauerstoffmangel 115

- 1.4.2 Anatomisch-morphologische Veränderungen bei Hypoxie 121

- 1.4.3 Postanoxischer Stress 128

1.5 Wassermangel (Trockenheit) 133

- 1.5.1 Der Wasserhaushalt der Zelle unter Trockenheitsstress 136
- 1.5.2 Zelluläre Reaktionen auf Trockenheitsstress 139
- 1.5.3 CAM; *Crassulacean Acid Metabolism* (Crassulaceen-Säurestoffwechsel) 154
- 1.5.4 Anatomisch-morphologische Anpassungen an Trockenheit 160

1.6 Stress durch Salzbelastung (Osmotischer Stress) 165

- 1.6.1 Physiologische Effekte der Belastung durch Salz (NaCl) 167
- 1.6.2 Die adaptive Antwort der Pflanzenzelle auf Salzbelastung 170
- 1.6.3 Vermeidung von Salzstress 196

1.7 Schwermetalle 201

- 1.7.1 Schwermetallverfügbarkeit 203
- 1.7.2 Schwermetallmangel am Beispiel von Eisen 203
- 1.7.3 Stress durch Schwermetalliontoxizität 208
- 1.7.4 Die Reaktion der Pflanze auf Schwermetallüberangebot 212
- 1.7.5 Schwermetallresistenz (-toleranz) 219
- 1.7.6 Schwermetallgewinnung und Bodenentseuchung mit Hilfe von Pflanzen (*Phytomining*, *Phytoremediation*) 219

1.8 Aluminium 225

- 1.8.1 Pflanzenverfügbare Formen des Aluminiums 226
- 1.8.2 Aluminiumtoxizität 226
- 1.8.3 Al^{3+} -Resistenz 233
- 1.8.4 Al^{3+} -Toleranz 236

1.9 Xenobiotika 239

- 1.9.1 Herbizide 241
- 1.9.2 Gasförmige Luftschadstoffe 248

- 1.10 Biotischer Stress: Tierfraß, Infektion, Allelopathie 273**
- 1.10.1 Die Verwundungssignalkette 277
 - 1.10.2 Pathogenbefall und -abwehr 288
 - 1.10.3 Allelopathie 291

Kapitel 2

AUTÖKOLOGIE: DIE PFLANZE ALS GESAMT-ORGANISMUS (WHOLE PLANT ECOLOGY)

- 2.1 Der Wärmehaushalt der Pflanzen 299**
- 2.1.1 Die Atmosphäre als Lebensraum 301
 - 2.1.2 Das Klima der bodennahen Luftschichten 309
 - 2.1.3 Die Energiebilanz eines Blattes 316
 - 2.1.4 Anpassungen an Temperaturextreme 317
- 2.2 Der Wasserhaushalt der Pflanzen 325**
- 2.2.1 Wasser als Standortfaktor 325
 - 2.2.2 Wassertransport in der Pflanze 334
 - 2.2.3 Die Regulation der Spaltöffnungen 351
 - 2.2.4 Die Transpiration von Blättern und Kronendächern 358
- 2.3 Der Nährstoffhaushalt der Pflanzen 369**
- 2.3.1 Die Verfügbarkeit der Nährelemente im Boden und die Ionenaufnahme 369
 - 2.3.2 Stickstoffernährung 381
 - 2.3.3 Die Schwefelernährung 392
 - 2.3.4 Die Phosphaternährung 394
 - 2.3.5 Die Ernährung mit basischen Kationen 396
 - 2.3.6 Bor als Beispiel für ein Spurenelement 403
- 2.4 Der Kohlenstoffhaushalt 409**
- 2.4.1 Die Netto-Photosynthese: physiologische und physikalische Grundlagen 410
 - 2.4.2 Spezifische Blattfläche, Stickstoffgehalt und Photosynthesekapazität 420
 - 2.4.3 Die Reaktion der Photosynthese auf Standortfaktoren 424
 - 2.4.4 Wachstum und Speicherung 442
 - 2.4.5 Der C- und N-Haushalt pflanzlicher Lebensformen 449

Kapitel 3

ÖKOLOGIE VON ÖKOSYSTEMEN

- 3.1 Das Ökosystemkonzept 473**
- 3.1.1 Was ist ein Ökosystem? 474
 - 3.1.2 Abgrenzung von Ökosystemen 475
 - 3.1.3 Kompartimentierung 475
 - 3.1.4 Systemeigenschaften 475
- 3.2 Prozesse auf Bestands- und Ökosystemebene 479**
- 3.2.1 Selbstausdünnung 479
 - 3.2.2 Reversible und irreversible Veränderungen des Standorts durch Ressourcenverbrauch 483
 - 3.2.3 Komplexität und nicht-lineares Verhalten 486
 - 3.2.4 Artenzahl und die Aufteilung des Lebensraums unter den Arten 489
 - 3.2.5 Störungen 495
- 3.3 Stoffkreisläufe 503**
- 3.3.1 Der Wasserumsatz 504
 - 3.3.2 Der Kohlenstoffumsatz 506
 - 3.3.3 Der Stickstoffkreislauf 518
 - 3.3.4 Der Umsatz und Kreislauf der Kationen 525
- 3.4 Biodiversität und Ökosystemprozesse 531**
- 3.5 Fallstudien auf Ökosystemebene 537**
- 3.5.1 Bodenversauerung und Waldschäden 539
 - 3.5.2 Die Wirkung von Laub- und Nadelwald auf Ökosystemprozesse 542
 - 3.5.3 Kalk-Silikat-Pflanzen 547

Kapitel 4

SYNDYNAMIK, SYNCHOROLOGIE, SYNÖKOLOGIE

- 4.1 Historisch-genetische Entwicklung von Phytozöosen und ihre Dynamik 553**
- 4.1.1 Die Vegetationsgeschichte bis zum Ende des Tertiärs 555
 - 4.1.2 Klima- und Vegetationswandel im Pleistozän 558
 - 4.1.3 Die spät- und postglaziale Klima- und Vegetationsgeschichte 561
 - 4.1.4 Vegetationsveränderungen unter dem Einfluss des Menschen 568
 - 4.1.5 Grundlagen allgemeiner Vegetationsdynamik 601

- 4.1.6 Stabilität von Pflanzengemeinschaften 632
- 4.2 Synchorologie: Grundlagen der räumlichen Verbreitung von Pflanzen 643**
 - 4.2.1 Ausbreitung von Pflanzen 644
 - 4.2.2 Grundlagen der Arealkunde 652
 - 4.2.3 Art-Areal-Beziehungen 661
 - 4.2.4 Biodiversität 670
- 4.3 Interaktionen zwischen Vegetation und ihrer abiotischen und biotischen Umwelt – Synökologie 691**
 - 4.3.1 Einflüsse der Vegetation auf den Standort 692
 - 4.3.2 Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Tieren 698
 - 4.3.3 Interaktionen zwischen Pflanzen untereinander 719

Kapitel 5

Globale Aspekte der Pflanzenökologie

- 5.1 Globaler Wandel und globale Institutionen 749**
- 5.2 Globale Stoffkreisläufe 757**
 - 5.2.1 Der Wasserkreislauf 757
 - 5.2.2 Der Kohlenstoffkreislauf 760
 - 5.2.3 Der Stickstoffkreislauf 761
 - 5.2.4 Der Schwefelkreislauf 763
- 5.3 Die Bedeutung des menschlichen Einflusses auf den Kohlenstoffhaushalt für das globale Klima 765**
- 5.4 Die Bedeutung von Änderungen in der Landnutzung für den Kohlenstoffkreislauf 775**
 - 5.4.1 Landnutzung und CO₂-Emission 775
 - 5.4.2 Das Kyoto-Protokoll: Versuch einer Bewirtschaftung des globalen Kohlenstoffkreislaufs 777
 - 5.4.3 Bedeutung eines Klimawandels für Europa 788
- 5.5 Der Einfluss menschlicher Aktivitäten auf die Biodiversität 791**
 - 5.5.1 Der Rückgang der Artenvielfalt 791
- 5.6 Sozioökonomische Wechselwirkungen 797**
 - 5.6.1 Syndrome 799
 - 5.6.2 Bewertung von Biodiversität und Ökosystemen, Risiken 801