

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
A. Historische Übersicht	1
B. Kulturmethoden	5
1. Methoden der Wasserkultur	5
a) Gefäße	5
b) Nährlösungen	6
c) Aufstellung der Versuchsgefäße	9
2. Methoden der Hydro- und Kieskultur	12
3. Methoden der Gefäßkultur (Sand- und Erdkultur)	14
a) Gefäße	15
b) Substrate und Düngung	15
c) Vegetationsanlagen	17
4. Methoden des Feldversuches	19
C. Mineralstoffquellen der Pflanzen	21
1. Der Boden als Nährstoffquelle für die Pflanzen	21
1. Allgemeines	21
a) Das anorganische Ausgangsmaterial für die Bodenbildung	21
b) Die organische Substanz des Bodens (Humusstoffe)	22
c) Überblick über die Bodenarten	23
α) Landböden (Terrestrische Böden)	24
β) Grundwasser- und Überflutungsböden (Semiterrestrische Böden)	25
γ) Moore	26
d) Zustandsformen der mineralischen Nährstoffe im Boden	26
2. Makronährstoffe	27
a) Stickstoff	27
b) Schwefel	29
c) Phosphor	30
d) Kalium	31
e) Calcium	33
f) Magnesium	33
3. Mikronährstoffe	35
a) Natrium	35
b) Eisen	35
c) Mangan	36
d) Kupfer	37
e) Zink	38
f) Molybdän	39
g) Bor	39
h) Chlor	40
4. Mineralstoffe mit begrenzter oder ungeklärter Bedeutung	41
a) Silicium	41
b) Nickel	41
c) Kobalt	42
d) Aluminium	42

5. Sonstige Mineralstoffe	43
a) Selen	43
b) Fluor	44
c) Cadmium	45
d) Blei	45
e) Arsen	46
f) Uran	46
g) Vanadium	47
6. Nährstoffverluste der Böden durch Auswaschung	47
II. Natürliche Gewässer als Nährstoffquelle für die Pflanzen	49
1. Nährstoffgehalt des Süßwassers	49
2. Nährstoffgehalt der Salzwässer des Binnenlandes	50
3. Nährstoffgehalt des Meerwassers	50
III. Die mineralische Düngung als Nährstoffquelle für die Pflanzen	51
1. Allgemeine Gesetzmäßigkeiten	51
a) Beziehungen zwischen Nährstoffvorrat im Boden und Nährstoffentzug durch die Pflanzen	51
b) Methoden der mineralischen Düngung	52
2. Zusammensetzung, Erzeugung und Verbrauch der wichtigsten Düngemittel	53
a) Stickstoffdüngemittel	53
b) Phosphordüngemittel	55
c) Kalidüngemittel	57
d) Kalkdüngemittel	58
e) Mehrnährstoffdüngemittel	59
D. Aufnahme, Verteilung und Lokalisation der Mineralstoffe in der Pflanze	62
I. Allgemeine Gesetzmäßigkeiten	62
1. Orte der Nährstoffaufnahme	62
2. Mechanismus der Ionenaufnahme	64
a) Zytologische und anatomische Verhältnisse des Aufnahmeweges	64
b) Passive und aktive Ionenaufnahme	66
c) Gegenseitige Beeinflussung der Ionen bei der Aufnahme	70
d) Bedeutung der Chelatisierung für die Nährstoffaufnahme	72
3. Ionentransport	74
4. Mineralstoffgehalt der Pflanzen	78
a) Aschengehalt der Pflanzen	78
α) Methodik der Aschengehaltsbestimmung	78
β) Aschengehalt der Gesamtpflanze	79
γ) Aschengehalt der pflanzlichen Organe	80
b) Zusammensetzung der Pflanzenasche	82
α) Mineralstoffgehalt der Gesamtpflanze	82
β) Mineralstoffgehalt der pflanzlichen Organe	86
c) Abhängigkeit des Mineralstoffgehaltes der Pflanzen vom Entwicklungszustand	89
II. Aufnahme, Assimilation und Lokalisation der Makronährstoffe	93
1. Stickstoff	93
a) Aufnahme des Stickstoffs	93
b) N ₂ -Bindung durch Mikroorganismen	95
α) N ₂ -Bindung durch frei im Boden lebende Mikroorganismen	95
β) N ₂ -Bindung durch symbiontisch lebende Mikroorganismen	96
γ) Biochemie der N ₂ -Bindung	102
c) Nitratreduktion	103
d) Aminosäuren und Eiweißsynthese	105

e) Stickstoffhaltige organische Verbindungen in der Pflanze von Nichteiweißcharakter . . .	110
f) Kreislauf des Stickstoffs	112
2. Schwefel	115
a) Aufnahme des Schwefels	115
b) Sulfatreduktion	118
c) Schwefelhaltige organische Verbindungen	118
d) Schwefelbakterien	120
e) Kreislauf des Schwefels	123
3. Phosphor	124
a) Aufnahme des Phosphors	124
b) Assimilation des Phosphors	126
4. Kalium, Calcium und Magnesium	131
a) Aufnahme des Kaliums, Calciums und Magnesiums	131
b) Lokalisation des Kaliums, Calciums und Magnesiums	134
III. Aufnahme und Lokalisation der Mikronährstoffe	139
1. Natrium	139
a) Aufnahme des Natriums	139
b) Lokalisation des Natriums	140
2. Eisen	141
a) Aufnahme des Eisens	141
b) Lokalisation des Eisens	143
3. Mangan	144
a) Aufnahme des Mangans	144
b) Lokalisation des Mangans	145
4. Kupfer	146
a) Aufnahme des Kupfers	146
b) Lokalisation des Kupfers	148
5. Zink	148
a) Aufnahme des Zinks	148
b) Lokalisation des Zinks	150
6. Molybdän	151
a) Aufnahme des Molybdäns	151
b) Lokalisation des Molybdäns	152
7. Bor	153
a) Aufnahme des Bors	153
b) Lokalisation des Bors	154
8. Chlor	156
a) Aufnahme des Chlors	156
b) Lokalisation des Chlors	157
IV. Aufnahme und Lokalisation der Mineralstoffe mit begrenzter oder ungeklärter Bedeutung	159
1. Aufnahme und Lokalisation des Siliciums	159
2. Aufnahme und Lokalisation des Nickels	160
3. Aufnahme und Lokalisation des Kobalts	162
4. Aufnahme und Lokalisation des Aluminiums	163
V. Sonstige Mineralstoffe	165
1. Aufnahme und Lokalisation des Selens	165
2. Aufnahme und Lokalisation des Fluors	166
3. Aufnahme und Lokalisation des Cadmiums	167
4. Aufnahme und Lokalisation des Bleis	168
5. Aufnahme und Lokalisation des Arsens	168
6. Aufnahme und Lokalisation des Urans	169
7. Aufnahme und Lokalisation des Vanadiums	169

E. Einfluß der Mineralstoffe auf Wachstum und Entwicklung der Pflanzen	171
I. Allgemeines	171
II. Makronährstoffe	172
1. Stickstoff	172
2. Schwefel	176
3. Phosphor	179
4. Kalium	181
5. Calcium	185
6. Magnesium	187
III. Mikronährstoffe	190
1. Natrium	190
2. Eisen	192
3. Mangan	195
4. Kupfer	198
5. Zink	200
6. Molybdän	202
7. Bor	204
8. Chlor	208
IV. Wirkung hoher Salzkonzentrationen auf das Pflanzenwachstum	210
F. Spezielle physiologische Bedeutung der Mineralstoffe	213
I. Beziehungen zwischen Mineralstoffen und Enzymen	213
1. Mineralstoffe als Bestandteil von Enzymen (Metallo-Enzyme)	213
a) Eisen	213
b) Kupfer	217
c) Zink	217
d) Molybdän	219
e) Kobalt	221
2. Mineralstoffe als Aktivatoren von Enzymen	222
a) Divalente Kationen	222
b) Monovalente Kationen	224
c) Anionen	224
3. Mineralstoffe als Substrat für Enzyme	225
a) Reduktion und Oxidation von Mineralstoffen durch Enzyme	225
b) Mineralstoffübertragung durch Enzyme	225
II. Beziehungen zwischen Mineralstoffen und Phytohormonen	226
1. Auxine	226
2. Cytokinine	227
3. Gibberelline	228
4. Abszisionsäure	228
III. Beziehungen zwischen Mineralstoffen und Wasserhaushalt	229
1. Wasseraufnahme	229
2. Transpiration	229
IV. Beziehungen zwischen Mineralstoffen und CO₂-Assimilation	232
1. Photosynthese	232
a) Pigmentsysteme	232
b) Primärvorgänge	235
c) CO ₂ -Assimilation	236
2. Chemosynthese	237
a) Schwefelverbindungen	237
b) Stickstoffverbindungen	238
c) Schwermetallverbindungen	239

G. Ökophysiologische Bedeutung der Mineralstoffe	240
I. Beziehungen zwischen Wasserhaushalt und Mineralstoffhaushalt	241
1. Hydrophyten	241
a) Hydrophyten des Pleuston	241
b) Hygro- und Hydrophyten des Benthos	242
2. Helophyten	244
3. Pflanzen von Hochmoorböden	246
4. Mesophyten	248
5. Xerophyten und Poikilohydre	249
a) Malakophylle Xerophyten	249
b) Sklerophylle Xerophyten	250
c) Wasser-Sukkulente	250
d) Poikilohydre	250
6. Epiphyten	252
7. Parasiten und Saprophyten	253
a) Hemiparasiten	253
b) Holoparasiten und Saprophyten	253
II. Beziehungen zwischen dem Mineralstoffgehalt des Bodens und der Pflanzen	255
1. Pflanzen stickstoffreicher Böden (Nitrophyten)	256
a) Natürlich stickstoffreiche Standorte	256
b) Sekundär natürlich stickstoffreiche Standorte	261
c) Ruderalstandorte und Äcker	264
2. Pflanzen calciumreicher Böden (Calciphyten)	265
a) Calciumkarbonatreiche Standorte	265
b) Calciumsulfatreiche Standorte (Gips)	270
3. Pflanzen magnesiumreicher Böden	271
a) Dolomit	271
b) Serpentin	271
4. Pflanzen natriumreicher Böden (Halophyten)	273
a) Kochsalzreiche Standorte	274
b) Natriumsulfatreiche Standorte	282
c) Natriumkarbonatreiche Standorte	283
5. Pflanzen borreicher Böden	283
6. Pflanzen schwermetallhaltiger Böden (Metallophyten)	284
a) Zink	287
b) Nickel	288
c) Kupfer	288
d) Molybdän	289
e) Cadmium	290
f) Arsen	290
g) Blei	290
h) Chrom	290
i) Vanadium	291
j) Uran	292
k) Übrige Schwermetalle	292
7. Pflanzen selenreicher Böden (Selenophyten)	292
8. Pflanzen fluorreicher Böden	294
H. Mineralstoffe und Umweltschutz	296
1. Auswirkungen der mineralischen Düngung auf die Beschaffenheit der natürlichen Gewässer	296
2. Auswirkungen mineralischer Emissionen	299

a) Schwefeldioxid-Immissionen	299
b) Stickstoffhaltige Immissionen	302
c) Fluorhaltige Immissionen	303
d) Kalk- und Zementstäube	304
e) Salzstäube	305
f) Kohlenstoffhaltige Flugstäube und Flugaschen	306
g) Schwermetall-Immissionen	306
I. Literatur	314
(A) Historische Übersicht	314
(B) Kulturmethoden	315
(C) Mineralstoffquellen der Pflanzen	316
(D) Aufnahme, Verteilung und Lokalisation der Mineralstoffe in der Pflanze	320
I. Allgemeine Gesetzmäßigkeiten	320
II. Aufnahme, Assimilation und Lokalisation der Makronährstoffe	327
III. Aufnahme und Lokalisation der Mikronährstoffe	337
IV. Aufnahme und Lokalisation der Mineralstoffe mit begrenzter oder ungeklärter Bedeutung	348
V. Sonstige Mineralstoffe	351
(E) Einfluß der Mineralstoffe auf Wachstum und Entwicklung der Pflanzen	353
I. Allgemeines	353
II. Makronährstoffe	354
III. Mikronährstoffe	360
IV. Wirkungen hoher Salzkonzentrationen auf das Pflanzenwachstum	370
(F) Spezielle physiologische Bedeutung der Mineralstoffe	371
(G) Ökophysiologische Bedeutung der Mineralstoffe	381
(H) Mineralstoffe und Umweltschutz	397
J. Sachregister	408