

All about Hydroponics

養液栽培の すべて

植物工場を支える基本技術

(社)日本施設園芸協会 / 日本養液栽培研究会 共編



誠文堂新光社

「養液栽培のすべて」 目次

はじめに	.....
「養液栽培のすべて」の発刊にあたって	.....

第1章 養液栽培発展の現状

糠谷 明

1. 養液栽培の範疇	.....	2
2. 養液栽培の発展	.....	3
1) 養液栽培の導入とれき耕の実用化	.....	4
2) 各種水耕プラントの開発と普及	.....	4
3) 簡易方式NFT、ロックウール耕の導入と実用化	.....	4
4) 植物工場の基幹技術として注目される養液栽培	.....	5
5) 養液栽培面積の方式別、作物別設置面積	.....	5
3. 養液栽培は労働問題、環境問題解決の重要な手段	.....	8
4. 養液栽培の将来展望	.....	9
5. 爆発的な発展が見られない理由は？	.....	9
6. 植物工場事業への期待	.....	11

第2章 養液栽培の主要方式の特性と栽培法

1. 養液栽培の方式と分類	.....	切岩祥和	16
1) 水耕と固形培地耕	.....		16
2) 培養液供給方式の違いによる分類	.....		18
2. 水耕	.....	切岩祥和	19
1) 湛液型循環式水耕 (DFT) の基本構造と特性	.....		19
(1) 構造と装置		(2) 特性・特徴	
2) NFTの基本構造と特性	.....		22
(1) 構造と装置		(2) 特性・特徴	
3. 固形培地耕 (無機培地)	.....	和田光生	27
1) ロックウール栽培	.....		27
(1) 基本構造と装置		(2) 特性・特徴	

2) 砂 耕	32
(1) 基本構造と装置	(2) 特性・特徴
3) れき耕	34
(1) 基本構造と装置	(2) 特性・特徴
4) パーライト耕	37
(1) 基本構造と特性	
5) 粒状フェノール発泡樹脂耕	37
(1) 基本構造と特性	
6) その他	38
(1) パミスサンド耕	(2) 粒状セラミック耕
(3) もみ殻くん炭耕	
4. 固形培地耕 (有機質)	和田光生 39
1) ヤシ殻耕	39
(1) 基本構造と装置	(2) 特性・特徴
2) 樹皮培地耕	40
(1) 基本構造と装置	(2) 特性・特徴
3) ピート耕	42
(1) 基本構造と装置	(2) 特性・特徴
4) その他	44
(1) もみ殻耕	(2) 混合培地耕
5. その他の方式	切岩祥和 45
1) 噴霧耕	45
2) 極少量培地耕	46
3) シート耕	47
4) その他	49
(1) 循環キャピラリーシステム	(2) パッシブ水耕

第3章 用水と培養液の調整・管理

1. 用 水	寺林 敏 54
1) 用水の質	54
(1) 井戸水	(2) 河川水
(3) 水道水	(4) 雨水
2) 水質の改善法	57

(1) 膜分離技術と逆浸透法	
(2) 用水中に高濃度の鉄分が含まれる場合の除去法	
(3) 重炭酸濃度の測定と調節	
3) 用水量	64
2. 培養液の調整・管理	伊達修一 64
1) 組成	65
(1) 培養液作成のための計算方法	
(2) 培養液作成のために用いる肥料	
(3) 施肥量の計算法	
2) 濃度 (EC)	78
(1) 培養液濃度の表し方	
(2) 培養液濃度の設定	
3) pH	83
(1) 培養液 pH と植物の養分吸収	
(2) 培養液 pH の調節	
4) 窒素形態	寺林 敏 86
(1) 窒素吸収に関する作物の特性	
(2) 植物体の NO_3^- 蓄積の抑制	
(3) NH_4^+ と NO_3^- の併用による生育促進	
(4) 花き類の生育と窒素形態	
(5) 培養液中の窒素形態の調製	
5) 酸素濃度	伊達修一 93
6) 温度	98
3. 培地の種類にあった培養液管理・給液管理	102
1) 培地の水分特性と給液管理	102
2) 水分センサによる効率的給液管理	103
3) 培地の種類に合わせた培養液管理	105
4. 高品質化のための培養液管理技術	106
1) 高糖度化	106
2) 特定成分の高含量化	108
(1) ミネラル・ビタミン	
(2) 機能性成分	
3) 特定成分の低含量化	111
(1) 硝酸態窒素	
(2) シュウ酸	
(3) カリウム	

第4章 培養液管理の自動制御と環境計測

- | | | | | |
|--------------------------|-------------------|---------------|---------|--|
| 1. 培養液管理の自動制御 | 岩崎泰永 | 118 | | |
| 2. 培養液管理装置の概要 | | 118 | | |
| 1) 培養液管理装置の種類と仕組み | | 118 | | |
| (1) NFTおよび湛液水耕 (DFT) の場合 | (2) 固形培地耕の場合 | | | |
| 2) 培養液管理装置の動作原理と特徴 | | 120 | | |
| (1) 培養液の作成 | (2) 栽培ベッドへの培養液の供給 | | | |
| 3) 培養液管理装置に使われるセンサと構成部品 | | 121 | | |
| (1) ポンプ | (2) 電磁弁 | (3) フィルター | (4) 減圧弁 | |
| (5) 肥料希釈装置 | (6) EC測定器 | (7) pH測定器 | | |
| (8) 流量測定器 | (9) 水位調節器 | | | |
| 3. 給液方法 | 田川不二夫 | 126 | | |
| (1) 様々な給液方法の特徴 | (2) 点滴給液法の特徴 | | | |
| (3) 点滴給液システムの設計 | | | | |
| 4. やさしい環境計測 | 岩崎泰永 | 129 | | |
| 1) 環境計測の重要性 | | 129 | | |
| 2) 気温の計測 | | 129 | | |
| (1) 気温の計測方法 | (2) 気温計測の注意 | | | |
| 3) 湿度の計測 | | 131 | | |
| (1) 湿度の表し方 | (2) 湿度の計測方法 | (3) 湿度管理の重要性 | | |
| 4) 光の計測 | | 132 | | |
| (1) 光計測の重要性 | (2) 放射と日射 | (3) 日射の強さの表し方 | | |
| (4) 測定方法 | | | | |
| 5) 培地 (土壌) 水分の計測 | | 135 | | |
| (1) 培地 (土壌) 水分計測の必要性 | (2) 培地水分の表示方法 | | | |
| (3) 土壌水分の測定方法 | | | | |

第5章 固形培地の種類・特性

塚越 覚

- | | |
|-------------|-----|
| 1. 培地の種類・特性 | 140 |
| 1) 固形培地の分類 | 140 |

2) 固形培地が備えるべき条件・特性	140
(1) 物理性 (2) 化学性 (3) 生物性	
3) 培地を使用する際の注意点	142
2. 無機培地の種類と理化学的特性	142
1) ロックウール培地	142
2) 天然の無機培地	144
(1) れき (2) 砂 (3) パミスサンド	
3) 加工した無機培地	145
(1) パーライト (2) セラミックス (3) もみ殻くん炭	
(4) パーミキュライト	
4) 化学合成培地	147
(1) 粒状フェノール樹脂 (2) その他	
3. 有機培地の種類と理化学的特性	148
1) 天然の有機培地	148
(1) ピートモス (2) ココヤシ繊維 (ヤシ殻) (3) 樹皮培地	
(4) もみ殻 (5) ニータン、ソータン (6) 有機混合培地	

第6章 養液栽培における 地上部の環境管理

池田英男

1. 地上部環境管理の考え方	153
2. 栽培の概念	154
3. 植物成長のための環境管理	155
1) 光	157
2) 温度 (熱)	159
3) 湿度	160
4) CO ₂ 濃度	162
5) 風 (空気流動)	162
6) 害虫の飛来や微生物 (病気) 対策のための地上部環境管理	163
7) トマト栽培の地上部管理	164
8) 水耕葉菜類栽培の地上部管理	164
9) 人工光型植物工場における地上部環境管理	165

第7章 養液栽培で発生しやすい 生理障害とその対策

池田英男・福田直也

1. 肥料成分過不足の一般的症状	168
1) 地上部で見られる異常	168
(1) Ca欠乏症 (2) Mg欠乏症 (3) Fe欠乏症	
(4) Mn、Zn、Cuなどの重金属の欠乏あるいは過剰 (5) NaやClの過剰	
(6) 培養液を循環式で長期間使い続けることによる下葉の黄化や生育不良	
2) 地下部で見られる異常	170
(1) 培地の過湿による生育不良 (2) 根の褐変	
2. 養液栽培で発生しやすい生理障害とその対策	171
1) 外観的異常を伴わない生育不良あるいは栄養成長過多	171
(1) 生育不良 (2) 栄養成長過多	
2) 植物のしおれ	172
(1) 残留塩素による根の障害 (2) 溶存O ₂ の不足	
3) 外見的異常を伴う障害	174
(1) 育苗時 (2) 定植時 (3) 栽培時	

第8章 養液栽培における病害虫防除 (出さない工夫と出た時の対処法)

草刈眞一

1. 養液栽培で発生する作物病害と病原菌	178
1) 養液栽培で発生する病害の特徴	178
2) 水耕と固形培地耕の病害	178
3) 養液栽培で発生する主要病害の病徴と診断	181
(1) 細菌による病害 (2) 糸状菌病 (3) ウイルス病	
2. 害虫の被害と対応	186
3. 発生生態と防除対策	187
1) 病原菌の侵入経路と対策	187
(1) 種子伝染 (2) 苗の汚染 (3) 資材の汚染 (4) 害虫対策	
2) 病原菌の伝染と対策	190
(1) 根腐病菌の生活環と発生生態 (2) 病原菌の生育適温と病害発生	

(3) 伝染器官形成の抑制	
3) 病害の防除対策としての培養液の殺菌・除菌法	194
(1) 紫外線 (2) オゾン (3) ろ過殺菌 (4) 熱殺菌	
(5) 光触媒 (6) 金属銀剤 (7) 亜リン酸 (8) 農薬	
(9) 拮抗微生物	
4. 資材の消毒法と消毒剤、圃場衛生	200
1) 消毒資材	200
(1) 塩素製剤 (2) 有機殺菌剤 (3) オゾン水、電解酸性水	
(4) 熱	
2) 栽培資材の殺菌	201
(1) タンク、栽培槽、パイプライン等資材の殺菌	
(2) パネルの殺菌 (3) 培地の殺菌 (4) 資材の抗菌化	
3) 圃場衛生	204
5. おわりに	204

第9章 主要作物の栽培管理

1. トマト	東出忠桐	206
(1) 作物の特性 (2) 品種と特性 (3) 育苗管理		
(4) 培養液管理 (5) 地上部管理 (6) 病害虫防除		
2. イチゴ	齊藤弥生子	222
(1) 作物の特性 (2) 品種と特性 (3) 育苗管理		
(4) 培養液管理 (5) 地上部管理 (6) 病害虫防除		
3. キュウリ	種村竜太	240
(1) 作物の特性 (2) 品種と特性 (3) 育苗管理 (4) 培養液管理		
(5) 地上部管理 (6) 病害虫防除 (7) 特記事項		
4. パプリカ	橋本文博	246
(1) 作物の特性 (2) 品種と特性 (3) 育苗管理 (4) 培養液管理		
(5) 地上部管理 (6) 病害虫防除 (7) 特記事項		
5. メロン	糠谷 明	253
(1) 作物の特性 (2) 品種と特性 (3) 育苗管理		
(4) 定植・栽植様式 (5) 培養液管理 (6) 地上部管理		

6. レタス類	丸尾 達	258
(1) 作物の特性	(2) 作型と品種	(3) 育苗
(4) 定植とスペーシング	(5) 培養液管理	(6) 地上部環境管理
(7) 生理障害	(8) 収穫と調製	(9) 経営的特性
7. ホウレンソウ		267
(1) 作物の特性	(2) 品 種	(3) 播種・育苗
(4) 培養液管理	(5) 地上部管理	(6) 病害虫防除
8. ミツバ		272
(1) 作物の特性	(2) 品種と作型	(3) 種子の予措、催芽
(4) 育苗	(5) 定 植	(6) 培養液管理
(7) 地上部環境管理	(8) 病害虫防除	(9) 収穫・調製
(10) 経営的特性		
9. ネギ		280
(1) 作物の特性	(2) 品種選択	(3) 播種と育苗
(4) 定植と定植後の生育	(5) 培養液管理	(6) 地上部環境管理
(7) 病害虫防除	(8) 収穫と出荷	(9) 経営的特性
10. ハーブ類・薬用植物		289
1) ハーブ類		289
(1) 作物の特性	(2) 発 芽	(3) 地上部環境管理
(4) 培養液管理	(5) 経営的特性	
2) 薬用植物類		293
11. 根菜類		295
(1) ハツカダイコン	(2) ダイコン	(3) 西洋ニンジン
(4) サツマイモ	(5) ジャガイモ	(6) ミシマサイコ
(7) オタネニンジン		
12. パラ	加藤俊博	301
(1) 作物の特性	(2) 品種と特性	(3) 育苗管理
(4) 定植・栽植方式	(5) 培養液管理	(6) 地上部管理
(7) 病害虫防除	(8) 特記事項	
13. ガーベラ		306
(1) 作物の特性	(2) 品種と特性	(3) 育苗管理
(4) 定植・栽植方式	(5) 培養液管理	(6) 地上部管理
(7) 病害虫防除	(8) 特記事項	

第10章 植物工場、特に養液栽培におけるGAP 篠原 温

1. GAP実践取り組みの状況	313
2. GAPでやらなければならないこと	313
3. どのGAPか?	314
1) 民間認証GAP	314
2) 地域版GAP	315
4. 施設栽培(養液栽培)に関する管理項目について	316
1) 施設の立地条件	316
2) 施設・設備の衛生管理	317
3) 使用水の衛生管理	318
4) 小動物・昆虫管理システム	318
5) 作業者の衛生管理	318
5. GAP実践のメリット	319
6. おわりに	320

第11章 培地・培養液のリサイクル 磯崎真英

1. 使用済みロックウールのリサイクルと処理	322
1) 土壌改良材としての活用	322
2) ロックウールへの再製品化	322
3) 産業廃棄物として処理	323
2. 培養液のリサイクルと処理	323
1) 養液栽培の肥料の利用効率	323
2) 培養液のリサイクル	324
(1) 培養液組成の補正	
(2) 培養液中に蓄積する不要物質の除去	
(3) 地下部病害対策	
3) 廃棄排養液の利用と処理方法	326
(1) セリおよび水田表層土を利用した排液処理	
(2) 硫酸酸化菌と石灰硫黄系脱窒材を用いた硝酸態窒素の浄化	
(3) 土着の嫌気性脱窒菌を利用した微生物処理装置	

第12章 養液栽培を導入するにあたっての 留意点

池田英男

1. 生産者としての留意点	331
1) できるだけ綿密な経営計画を立てる	332
2) PDCA サイクル	332
3) データ採取の実行	333
4) 作業の記録と装置のメンテナンス	334
5) ハウスの衛生管理	334
6) 新しい情報の収集	335
7) 作業者の教育	335
2. メーカーあるいは技術普及者としての留意点	335

第13章 養液栽培の新しい展開

池田英男

1. 養液土耕や果樹の液肥栽培の普及	338
2. 植物工場での利用	339
3. 垂直農場	340
4. 屋上や垂直壁面などで植物を育てる技術として	341
5. 魚の養殖と植物水耕の融合	342
付 表	343
付表1 植物工場実証・展示・研修拠点の紹介	344
付表2 トマト、イチゴ、サラダナ、ホウレンソウ、ミツバの 経営費の比較	359
付表3 地域養液栽培研究会一覧	365
付表4 養液栽培関連資材扱い企業一覧	366
用語解説	369