

養液栽培における培養液処理の手引き

平成 19年 3月
山口県農業試験場

目 次

1	山口県における養液栽培の現状と排液の発生	1
	(1) 養液栽培の現状	1
	(2) 養液栽培における排液の発生	2
2	排液処理対策の意義	3
3	排液量の削減方法	4
	(1) 原水の水質改善	4
	(2) 適正な養液管理	6
	(3) 培養液中の有害成分等の除去・再利用	11
4	排液の再利用及び適正な処理	12
	(1) 排液の肥料的利用	13
	(2) 排液の浄化方法	15
	(3) 廃棄する場合の目標濃度	16

参考

<簡易分析器具の例>	17
<養液栽培における排液の削減・処理フロー>	18

1 山口県における養液栽培の現状と排液の発生

(1) 養液栽培の現状

山口県の養液栽培は野菜、花きで導入が進んでおり、今後多くの品目で普及すると見込まれている。

養液栽培の方法を培養液の利用から大きく分けると、培養液を循環して利用する循環方式（湛液型水耕栽培、NFT等）とかけ流しによる非循環方式（ロックウール栽培等）とに分けられる。県内では循環方式としてミツバ等の葉菜類の湛液水耕、トマト、ホウレンソウのNFT等があり、非循環方式としてはバラ、ガーベラのロックウール栽培等が導入されている。

イチゴ高設栽培は、養液栽培と養液土耕栽培、また施肥方法においても基肥中心と液肥中心等、様々な栽培方式が取り入れられているが、いずれの方式においても排液が生じることから、ここでは非循環方式の養液栽培として扱う。

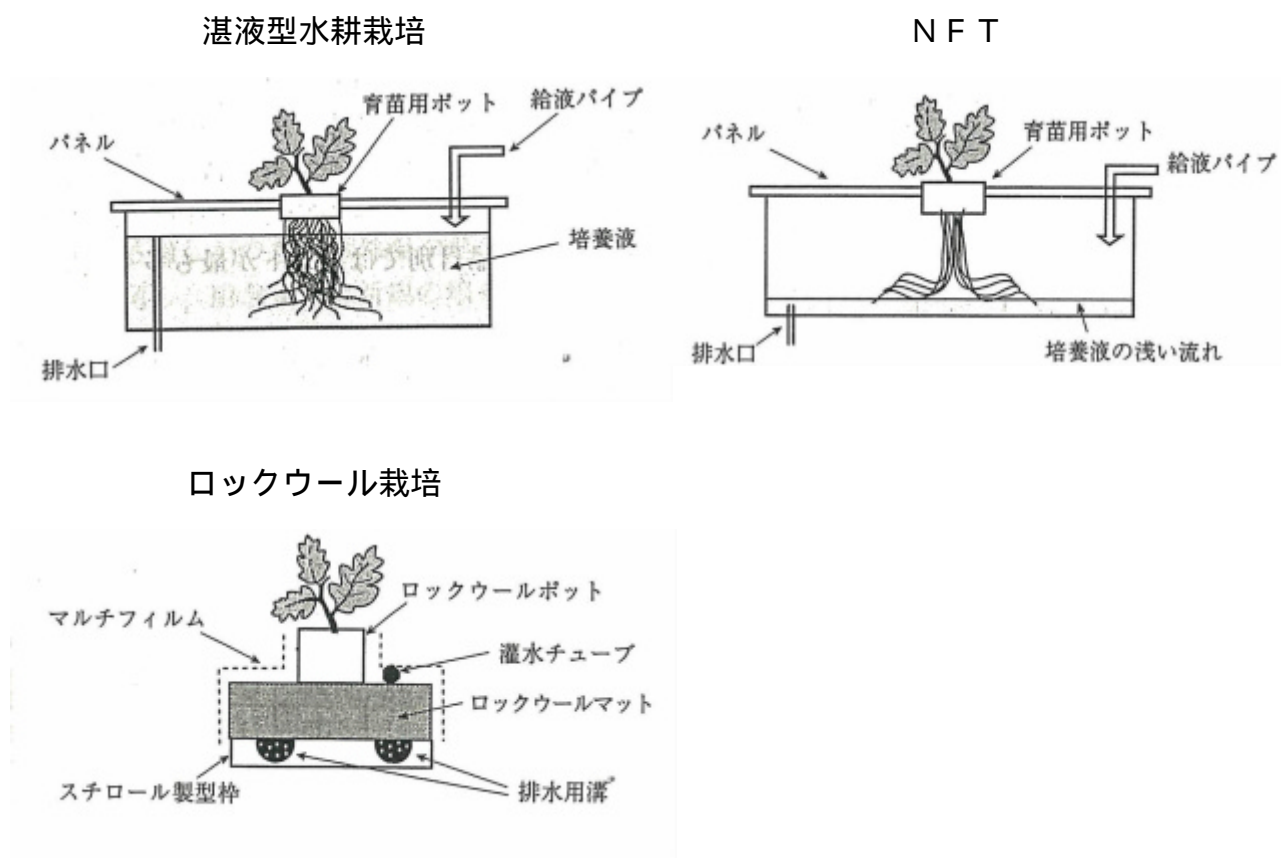


図1 養液栽培模式図

(2) 養液栽培における排水の発生

養液栽培では、栽培方式により異なるものの、いずれの方式でも排水の発生がある。

1) 循環方式の養液栽培

この方式では通常は排水が発生しないが、次のような場合に培養液の交換が行われ、これに伴い排水が発生する。

培養液の成分組成等が変化した場合

一般に培養液のECやpHにより管理が行われ、通常は濃厚培養液やpH調整剤を投入して恒常性を維持している。しかし栽培が長くなると特定の養分の過不足が生じて養分のバランスが崩れる場合があり、培養液の更新が必要となる。

根の老廃物による生育障害

根から溶出したり、根の腐敗によって生じる有機酸が養液中へ蓄積し、栽培作物に障害が発生した場合には培養液の更新が必要となる。

根部の病害の発生または発生予防

根部の病害が発生した場合には培養液を更新するほか、発生を予防するため定期的に培養液を更新する場合がある。

栽培が終了した場合

湛液水耕では長期にわたり連続して栽培するものもあるが、果菜類などでは1作の栽培が終了すると培養液を廃棄し、系を消毒して次作の作付けを行う場合が多い。

2) 非循環方式の養液栽培

この方式では、養液タンクから一定の組成の培養液を供給（給液）しており、培地内の養分組成、水分状態を安定させるために作物が吸収する量より多めの給液が行われている。このため常時排水が発生しており、その量は一般的には給液量の20～30%である。

表1 養液栽培における作物・栽培方式別の排水状況（大分県資料）

作物	栽培方式		排水の発生頻度	排水量	年間排水量 (t/10a)	排水中のNO ₃ -N濃度 (ppm)
トマト	もみがら耕	循環式	1回/月	4t/回	20～30	100～250
	ロックウール耕	かけ流し	1日	1t/日	100～120	100～200
ミツバ	M式水耕	湛液式	1～2回/年	40t/回	40～60	200～300
小ネギ	NFT水耕	湛液式	1～2回/年	20t/回	20～40	200～300
葉菜類		湛液式	1～2回/年	50t/回	40～60	200～300
バラ	ロックウール耕	かけ流し	1日	1t/日	300～500	80～150
イチゴ	高設栽培	かけ流し	1日	1t/日	200～400	10～50

2 排液処理対策の意義

養液栽培では、肥料の吸収利用効率が土耕栽培に比べて高く、使用される肥料による環境負荷は低いとされている。しかし、大規模養液栽培施設の稼働や、不適切な管理等による排液量の増加等が懸念されており、本県における循環型農業を進める上で、養液栽培における排液処理対策を適正に行うよう指導に努め、環境負荷低減対策を促進することが必要である。

排液中に含まれる硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は、地下水等の水質汚濁に係る環境基準のうち人の健康の保護に関する環境基準項目として基準値が設定されている。また、アンモニア、アンモニア化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物は水質汚濁防止法に基づく排水規制の一律排水基準の有害項目として許容限度が定められている。

養液栽培施設は水質汚濁防止法に基づく対象施設ではないが、河川への流出や地下浸透等による環境への影響が懸念される。

このことから、肥料分を含んだままの排液を河川等へ放出することは問題であり、これを回避する対策としては栽培品目や栽培システム毎に、培養液組成、給液・かん水等の栽培方法を改善することで排液の総量削減に努めるとともに、生じた排液を適正に処理することが重要となる。

< 参考 > 窒素に係る設定基準

水質汚濁に係る環境基準（公共用水域及び地下水の水質汚濁）

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素 10 ppm（mg / L）（年間平均値）

水質汚濁防止法に基づく排水規制（公共用水域への排出）

1 Lにつきアンモニア性窒素に0.4を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量 100 ppm（mg / L）

注）水質汚濁防止法においては、『硝酸性窒素』及び『亜硝酸性窒素』の用語を用いる

3 排液量の削減方法

排液による環境への負荷低減には、可能な限り排液量を削減することが重要であり、このことは無駄な肥料費等の経費削減にもつながる。

循環方式と非循環方式の排液量は、表2のトマトの事例を示すように、通常は非循環方式が多くなるため、可能な限り循環方式に変更することが望ましい。

表2 1年間に廃棄される肥料成分量（トマト300日、10a当たり）

肥料要素	循環方式	非循環方式	(施肥成分量)
窒素 (N)	1.96 Kg	14.7 Kg	(73.5 Kg)
リン酸 (P ₂ O ₅)	0.95	7.1	(15.5)
加里 (K ₂ O)	3.76	28.2	(117.0)
石灰 (CaO)	1.68	12.6	(45.0)
苦土 (MgO)	0.80	6.0	(18.0)

日本施設園芸協会「養液栽培の手引き」を改変

循環方式と非循環方式とで排液の発生パターンは異なるが、共通的な削減方法としては、用いる原水の水質改善、適正な養液管理、培養液中の有害成分の除去などがあげられる。

以下、主な削減方法の概要を記載する。

(1) 原水の水質改善（循環方式、非循環方式）

養液栽培で培養液を調製するための原水は、一般的に地下水が利用されているが、劣悪な水質の地下水を用いて培養液を調製した場合には、原水用地下水の水質が直接的に作物へ影響を及ぼしたり、地下水の水質を十分考慮せずに劣悪な組成の培養液を用いると作物の生育や収量に影響を及ぼすため、培養液の更新期間が早まるなど、培養液の排液量は増加しやすい。

現在、県内養液栽培施設で使用されている原水の水質は表3のとおりであり、原水の水質は施設によってかなりの差がみられる。また、種々の資料から作成した原水の望ましい水質は表4のとおりであり、これと比較して県内の原水をみるとEC、カルシウム、

硫酸根で基準を満たさないものが多くみられる。

なお、表3は現在の稼働施設を対象とした原水の調査結果であり、原水が問題で使用を見合わせた場合もあることから、養液栽培を開始する場合には必ず使用する原水のチェックを実施する。

表3 県内の養液栽培に利用されている原水の水質 (50カ所調査)

	pH	EC (mS/cm)	硝酸態窒素	アンモニア態窒素	カルシウム	マグネシウム	カリウム	ナトリウム	塩素	硫酸根
			ppm			ppm				
平均値	6.9	0.26	2.8	0.1	22.0	5.5	3.1	18.1	18.1	19.1
最大値	9.4	1.62	15.7	1.6	61.5	47.0	27.7	67.0	49.0	82.6
最小値	1.9	0.08	0.0	0.0	2.8	0.0	0.2	0.0	0.0	4.8

注) 最大値、最小値は各成分毎に求めた。

表4 原水の望ましいと考えられる水質基準

	pH	EC	カルシウム	マグネシウム	ナトリウム	塩素	硫酸根	鉄
基準A	6.0 ~ 7.2	< 0.2	< 30	< 20	< 10	< 15	< 50	< 1.0
基準B	5.0 ~ 7.5	< 0.5	< 50	< 30	< 15	< 50	< 60	< 1.0

基準A：市販の培養液を用いる場合

基準B：単肥配合により培養液を作成する場合

原水用地下水の水質のうち、作物栽培上で影響の大きい主な元素は以下のとおりである。

1) 塩分(ナトリウム、塩素)

塩分はナトリウムと塩素からなり、海水には 3.5 %程度含まれることから海岸近くの地下水等に高濃度含まれることがある。塩分はECを高めるとともに作物の生育抑制の原因となるので、最も注意が必要な要素である。塩分濃度が高い場合には他に水源を探るか、雨水等による希釈が必要となる。雨水を利用する方法は最も安価で効果的であり、地下水の劣悪な地域での積極的な利用が望まれる。雨水を利用する場合、ハウスの屋根に降った雨水を貯留させるためのタンクもしくは、プール等の大がかりな施設が必要となるが、原水水質を気にせずに栽培ができる。

2) カルシウム、マグネシウム

カルシウム、マグネシウムは養液栽培の肥料元素であり、濃度が高い場合は単肥配合により有効利用が可能となる。また、カルシウムが高すぎる場合には培養液の調製時に、リン酸と化学反応を起こしてリン酸カルシウムの結晶となり、リン酸、カルシウムの肥効が落ちるため注意が必要である。

3) 鉄

鉄は微量元素であり、それ自体が植物の生育に影響を及ぼすことはほとんどないと考えられるが、鉄濃度が高いと地下水は薄い茶色に着色する。鉄濃度が1 ppmを超えるとサビ色の沈殿が生じやすくなり、送水パイプ内での目詰まりの原因となる。

また、鉄濃度が高い場合には地下水をくみ上げて爆気した後に沈澱をフィルター除去をするか、除鉄装置で処理した後に原水として利用する。

(2) 適正な養液管理

1) 肥料の選択(循環方式、非循環方式)

作物の養分吸収特性は、その植物の特性や、葉菜類のように栄養生長段階で栽培が終了するもの、果菜類のように生殖生長後も栽培するもの等、栽培の方式によっても異なる。大まかなタイプは図2の模式的に示すように、収穫期まで養分の吸収が増加するもの(ホウレンソウ型)、栽培途中で養分吸収がピークを迎え、その後低下するもの(メロン型)、生育の途中まで増加するが、その後は吸収量が一定になるもの(トマト型)などに分けられる。このため、培養液の好適養分濃度は、栽培作物やその生育段階毎により異なり、表5, 6に示すように研究機関等から好ましい値が示さ

れており、これに基づく調製液も市販されている。また、原水に含まれる養分が問題にならない場合には、これに従い培養液を調製するか、前もって数種の肥料が配合された市販の養液栽培用肥料を使用することが好ましい。

しかしながら、原水中にカルシウムやマグネシウム等の肥料分が多く含まれる場合には、原水に含まれる養分濃度を考慮し、給液しようとする培養液の目標濃度に対する不足分を純度の高い肥料を使用して調製する単肥配合を行うことが望ましい。これにより、栽培作物の生育安定が望めるとともに余分な成分の排出が抑制される。

特に循環方式では、原水に高い濃度で含まれる成分の集積が回避されることにより生育不良等も回避され、培養液の更新時期が遅くなることで排液量の削減が可能となる。

参考に県内で実施されている原水の養分濃度、目標培養液濃度から求めた単肥計算シートの例を表7に示す。

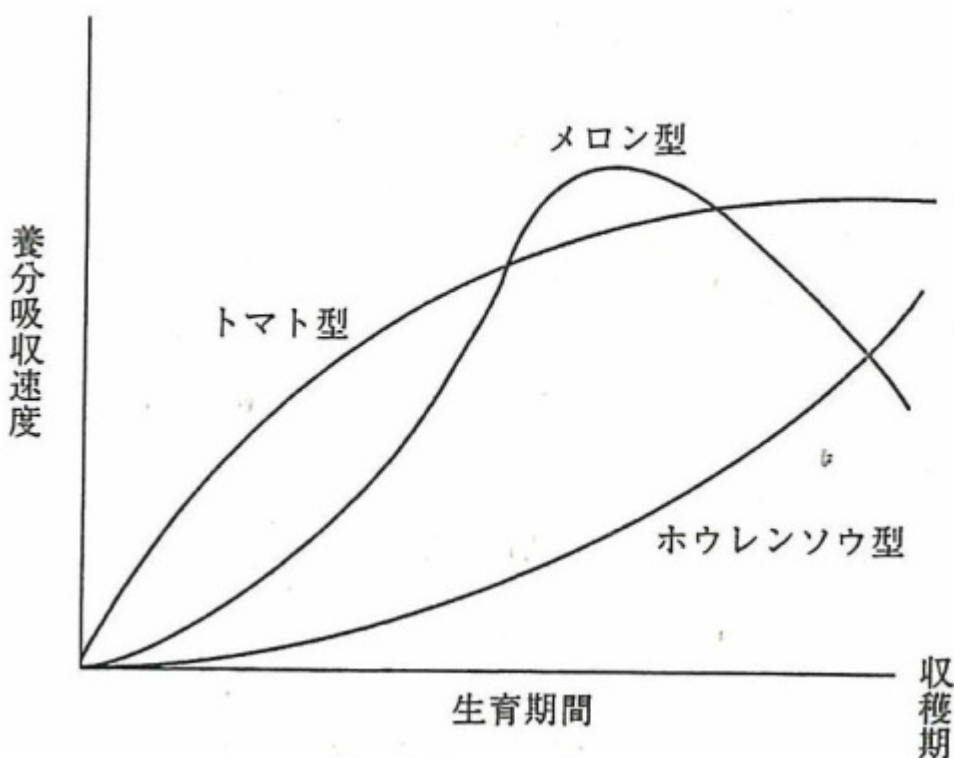


図2 野菜の養分吸収性

表5 培養液の処方例

(野菜試験場研究資料第21号)

(野菜試験場研究資料第21号)

処方例	成分濃度 (me/l)					生育段階調整		対象作物	備考
	N	P	K	Ca	Mg	前期	後期		
園芸試験場標準	16	4	8	8	4	-	-	各種	生育段階により、濃度を調節して用いられるのが通例である
山崎処方	10	4	8	10	4	100	100	トマト	冬季は120~140%
	7	2	4	3	2	100	100	ナス	同上
	9	2.5	6	3	1.5	100	100	ピーマン	同上
	13	3	6	7	4	100	70	キュウリ	冬季は後期も100%
	13	4	6	7	3	100	100	メロン	冬季は120~140%、露地メロン型品種は、70~80%
	5	1.5	2	3	1	100	150*	イチゴ	*開花期以後
	6	1.5	4	2	1	100	100	レタス	
	8(9)	2(6)	4(7)	4(2)	2	100	100	ミツバ	夏季は25~100%、冬季は40~130%
	11	4	8	4	4	100	100	シュンギク	
	11	4	8	4	4	100	100	ホウレンソウ	
	9	6	7	2	2	100	100	メネギ	夏季は25~100%、冬季は40~130%
	4.5	3	3.5	1	1	100	100	クレソン	
	14	2	10	4	2	50	100*	コカブ	根径2cm以上
神奈川園試処方	10	4	6	10	4	-	-	トマト	
千葉農試処方	12*	3	6	5	4	-	-	イチゴ	*NH ₄ -N 1 me/lを含む、促成栽培
	12*	6	6	2	2	-	-	ネギ	*NH ₄ -N 4 me/lを含む、周年栽培
大阪農技センター処方	18.6	5.3	10.5	6.4	5.3	-	-	ホウレンソウ	
愛知農総試	10.7	2.7	5.3	5.3	2.7	-	-	ホウレンソウ	
志村(1985)	8	2	4	4	2	100	200	メロン	噴霧耕

(注): 注記のない限りNはNO₃-N、PはPO₄-P

表6 微量元素の組成例

(犬伏, 1997)

処方名	成分濃度 (ppm)						備考
	Mn	B	Fe	Cu	Zn	Mo	
園試処方	0.50	0.50	3.00	0.020	0.050	0.010	
テンサン1号(粉体)	0.60	0.30	3.00	0.012	0.030	0.006	水1tに600gを入れた場合
大塚ハウス5号(粉体)	0.77	0.32	2.85	0.020	0.040	0.020	水1tに50gを入れた場合
大塚ハウス5号L(液体)	0.62	0.51	2.80	0.040	0.080	0.040	水1tに400mlを入れた場合
大塚、トマト処方	0.58	0.33	2.25	0.030	0.090	0.030	ハウスS1号に配合、標準濃度使用時
大塚、バラ処方	0.57	0.23	2.11	0.015	0.044	0.015	EC1.4dS/mで使用
愛知園研、バラ処方	0.50	0.25	2.00	0.050	0.200	0.050	ロックウールかけ流し方式
愛知園研、カーネーション処方	0.50	0.30	1.50	0.050	0.200	0.050	ロックウールかけ流し方式

表 7 単肥配合総合解析シート(例)

(大洋興業のシステム例、微量元素は別シート)

成分項目	NO3	NH4	PO4	K	Ca	Mg	SO4	Na	Cl		
原水(ppm)	20.6	0.0	5.5	2.2	43.8	7.9	17.4	36.7	35.1	原水 希釈量	
原水(me)	0.33	0.00	0.17	0.06	2.19	0.65	0.36	1.60	0.99	原水EC	500.0
原水(mS)	0.02	0.00	0.01	0.00	0.10	0.03	0.02	0.07	0.06	0.32	
栽培作物	ガーベラ		栽培者								
目標値	12.00	1.00	3.00	6.00	6.00	3.00	3.00				
計算値(me)	10.72	1.00	2.33	5.85	5.89	2.88	1.99	1.60	0.99		
差	-1.28	0.00	-0.67	-0.15	-0.11	-0.12	-1.01	1.60	0.99	灌液EC	1.88
EC(mS)	0.62	0.17	0.09	0.36	0.27	0.12	0.12	0.07	0.06		
調合濃厚液成分(%)										吐出量	液量設定
調合液	N-N	A-N	P2O5	K2O	CaO	MgO	SO4	Na2O	Cl	(mL)	ダイヤル
A液	2.35	0.28	0.00	2.91	2.07	0.24	0.00	0.00	0.00	2.52	16.0
B液	0.55	0.00	1.02	2.52	0.00	0.66	1.56	0.00	0.00	2.52	16.0
灌液成分濃度(me)											
濃度(me)	N-N	A-N	PO4	K	Ca	Mg	SO4	Na	Cl	(L/t)	
A液	8.41	1.00	0.00	3.10	3.71	0.59	0.00	0.00	0.00	5.01	
B液	1.99	0.00	2.16	2.69	0.00	1.64	1.63	0.00	0.00	5.01	
原水	0.33	0.00	0.17	0.06	2.19	0.65	0.36	1.60	0.99		
合計(me)	10.72	1.00	2.33	5.85	5.89	2.88	1.99	1.60	0.99		
EC(mS)	0.62	0.17	0.09	0.36	0.27	0.12	0.12	0.07	0.06	1.88	
酸化態 (ppm)	NO3	NH4	P2O5	K2O	CaO	MgO	SO4	Na2O	Cl		
	665	18	55	275	165	58	96	49	35		
元素 (ppm)	NO3-N	NH4-N	PO4-P	K	Ca	Mg	SO4-S	Na	Cl		
	150	14	24	228	118	35	32	37	35		
イオン比率	AN/TN	=	8.5	原水処理 滴定 (0.01N・HCl or H2SO4)							
	P /TN	=	19.9	滴定値	18.0	(ml/100ml水)					
	K /Cati.	=	40.0	HCO3- 濃度 : 109.8 (ppm) = 1.80 (me)							
	Ca /Cati.	=	40.3	KHCO3 必要量: 0.0 (g/t)							
	Ca /K	=	1.01								
	Mg /Cati.	=	19.7	N・HNO3 必要量: 1145 (ml/t)							

肥料投入量(kg/ 800 L)			
肥料名	A液	B液	合計量
硝酸カリ	50.0	32.0	82.0
硝酸石灰	64.0	0.0	64.0
リン安	0.0	0.0	0.0
硫マグ	0.0	32.0	32.0
硝マグ	14.0	0.0	14.0
硝安	8.0	0.0	8.0
磷酸カリ	0.0	16.0	16.0

2) イオン濃度制御(循環方式)

循環方式では、栽培作物毎に培養液の養分組成を設定した栽培が行われており、通常は培養液の塩類濃度(EC)で管理されている。しかし、栽培を続けていると目標とする培養液組成が維持できなくなることが多く、定期的に更新が行われたり、生育不良による培養液の更新が必要となる場合が生じ、これに伴い排液が発生する。

このため、イオン濃度制御は使用培養液中の個々の養分濃度を測定し、培養液組成の目標値に必要な分を添加する方法であり、培養液の更新を少なくすることで排液量を削減できる。

ただし、培養液中の養分濃度を測定する機器の整備が必要となる。また、自動的に測定・調整できる制御装置はかなり高価なものであり、保守管理も必要となる。

3) 灌水・給液管理(非循環方式)

表8が示すように、培養液の吸収量は作物の生育ステージ、季節、天候等により異なり、また、給液量が増加すれば排液量も増加する。従って、給液を最少限にするには生育状況や天候等を十分考慮したきめ細かい給液量の調製が重要である。給液量の調製には、これらの条件を加味して手動で調製する方法や排液量から調製する方法、日射センサー等を利用して自動で調製する方法等がある。

また、イチゴの高設栽培では灌水に伴い土壌中の養分が排液として排出されるため、上記同様の灌水量を調整することに加え、少量多灌水や土壌の水分状態に応じた灌水が排液量を削減することに効果がある。

表8 トマトの月別給液量 - 栽培事例 - (田中)

(リットル/株/日)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
給液量	0.79	0.74	0.84	1.14	1.52	1.33	1.64	1.85	1.48	1.05	0.81	0.67

(3) 培養液中の有害成分等の除去・再利用（循環方式）

培養液の更新を行わずに長期間栽培することにより、根から分泌される有機酸が蓄積し、栽培作物が生育不良で培養液の更新を余儀なくされることがある。この更新期間を延長するため、培養液中に活性炭を加えることで有機酸の除去を行い、培養液の更新時期を延長して排液量を削減する方法が行われている。活性炭の添加量は培養液の0.3%、一作経過すると効果が劣るので毎回更新するとよいのと報告がある。また、活性炭の代わりにもみがらクン炭でも同様の効果があるとされている。

なお、ミツバ幼苗において有機酸による生育阻害が起きる濃度を表9に示し、培養液中に活性炭を加えた場合の効果を表10で示しており、活性炭を加えることにより無処理の培養液に比べて有機酸濃度が低下していることがわかる。

表9 ミツバ幼苗に対する有機酸の生育阻害濃度（ppm）

（千葉県資料）

蟻酸	酢酸	プロピオン酸	イソ酪酸	乳酸	イソ吉草酸	吉草酸	シュウ酸	安息香酸	コハク酸	リンゴ酸
23	30	37	62	7,206	409	409	450	122	11,810	1,341

表10 培養液中への活性炭添加による水耕ミツバ培養液の有機酸除去効果（ppm）

（千葉県資料）

活性炭添加	蟻酸	酢酸	プロピオン酸	イソ酪酸	乳酸	イソ吉草酸	吉草酸	シュウ酸	安息香酸	コハク酸	リンゴ酸
有	51.1	22.5	11.1	-	15.5	2.9	1.8	0.8	94.0	2.6	9.1
無	237.5	45.3	163.7	0.9	26.3	0.8	0.1	1.5	99.0	1.8	15.2

1) 栽培終了時に測定した。

また、養液栽培でも種子、苗からの持ち込み、汚染土壌の飛散等により根部の病害が発生して培養液を廃棄する必要が生じることがある。これを回避するためには、種子消毒の徹底等により本ばに病原菌を持ち込まないことや、床面全体の被覆や施設内を清潔に保つことが重要である。なお、施設の消毒にはホルマリン、次亜塩素酸カルシウムが使用されるが、表11を参考に処理順序を遵守し、効果的な使用方法に留意する。

表11 薬剤による養液栽培施設の消毒

処理の順序

順序	処 理
①	栽培槽などをよく水洗いし、残渣、残根を取り除いて置く*
②	消毒剤を溶かした液を準備する**
③	タンクなどへ流し込む（液面が栽培槽いっぱいになるように入れる）
④	ポンプを循環する（液がパイプラインすべてにいきわたるように）
⑤	次亜塩素酸カルシウムでは、栽培槽の上面を黒マルチで覆う
⑥	6時間以上放置し、薬液を取り除く（河川・排水路などへは流さない）
⑦	タンク・栽培槽を水洗いする（残留している薬剤を除去する）

注 *：残根などが乾燥しないうちに水洗いする

**：薬液により殺菌も乾燥した根では劣る

乾燥した根と殺菌効果（単位：cfu/ml）

処理方法		残根に十分水分がある場合		乾燥した残根	
		全微生物数	病原菌数	全微生物数	病原菌数
ケミクロンG	1,000倍 1時間	2.31×10^6	5.12×10^2	6.23×10^6	5.12×10^2
	1,000倍 3時間	0	0	4.25×10^5	0
	1,000倍 18時間	0	0	0	0
オゾン水	3.6ppm1時間	3.11×10^2	0	5.65×10^2	0
	3.6ppm3時間	0	0	3.45×10	0

* 乾燥した根では殺菌効果が劣る。

* 次亜塩素酸カルシウムは生成する塩素が殺菌効果を生じるが、塩素は太陽下で急速に失われるので太陽光が当たらないようにする。

病原菌で汚染された培養液そのものを再び使用する場合には、殺菌法や除菌法として熱、紫外線、ろ過、オゾンによるものがあるが、設備費とランニングコストがかかったり、また、培養液を完全に殺菌したとしても発病株があると再び汚染される等の問題が生じることがあるので注意が必要である。

4 排水の再利用及び適正な処理

栽培管理により排水量を削減することは可能であるが、完全に排水をなくすことはできない。排水には植物の養分となる肥料成分が含まれているので、他の作物に肥料として有効活用することがもっとも望ましい。しかし、それが困難な場合には環境への負荷低減の観点から、貯留槽で植物に吸収・分解させるなどによって窒素等の養分を低下さ

せた後に排出するよう努める。

このため、排液の利用や処理の方法は以下のようなものがあるので、地域の状況や栽培方法等から適応が可能なものを組み合わせて実施する。

(1) 排液の肥料的利用

肥料的利用は、排液中の肥料成分を他の作物の肥料として有効利用する方法であり、利用できる農地がある場合は最も望ましい方法である。養液栽培装置からの排液をタンク等に貯留し、ほ場が近い場合はパイプライン、遠い場合はタンク等で搬送の後、灌水と施肥を兼ねて施用する。

1) 畑作物への利用

肥料として利用するには、まずはじめに過剰施肥とならないよう、施用する培養液の量とその肥料成分濃度、施用するほ場の面積を把握する。施用する排液量は貯蔵タンクの貯留量から判断できるが、肥料成分はその都度測定する必要がある。培養液中の肥料成分の中で最も考慮すべき成分は窒素であり、窒素は培養液中ではほとんどが硝酸態窒素であるので硝酸態窒素濃度を測定して、これを基準に施用をするとよい。また、硝酸態窒素は試験紙等（後述）で測定が可能であり、仮に、硝酸態窒素が 140 ppm の排液 20 t を 10 a に施用したとすると窒素で 2.8 Kg の施肥及び 20 mm の灌水に相当する（窒素成分 14 % の肥料 20 Kg に相当）。

< 計算式 >

$$\text{窒素の成分量 (Kg)} = \text{硝酸態窒素濃度(ppm)} \times \text{培養液の量(t)} \div 1,000$$

$$\text{注) 硝酸態窒素濃度 (NO}_3\text{-N)(ppm)} = \text{硝酸イオン濃度(NO}_3^-)(\text{ppm}) \times 0.23$$

施用される対象作物には特に制限はないが、硝酸態窒素は即効性であること、アンモニア態窒素に比べて土壌中から溶脱しやすいこと等の性質を有しているため、小面積に多量の施用は栽培上も地下水への影響が懸念されることから好ましくなく、このため、少量多回数の施用、根系の発達した状態での追肥としての利用が望ましく、地域の通常栽培の施肥量を勘案して、過剰施肥とならないよう注意する必要がある。

2) 水田への利用

水田においても、畑作物同様に利用が可能であるが、湛水条件下の水田では硝酸態窒素の大部分は土壤中で還元され、窒素ガスとして大気中に揮散する（脱窒現象という）。このため肥料としての利用率、特に基肥で施用した場合の利用率は低いので、利用する場合は植物体が大きく根が張った状態の時に追肥として施用することが望ましい。

なお、施用に当たっては、倒伏等を回避するため、ほ場全面に均一に施用するよう留意するとともに、耐倒伏性の品種に用いることが望ましい。

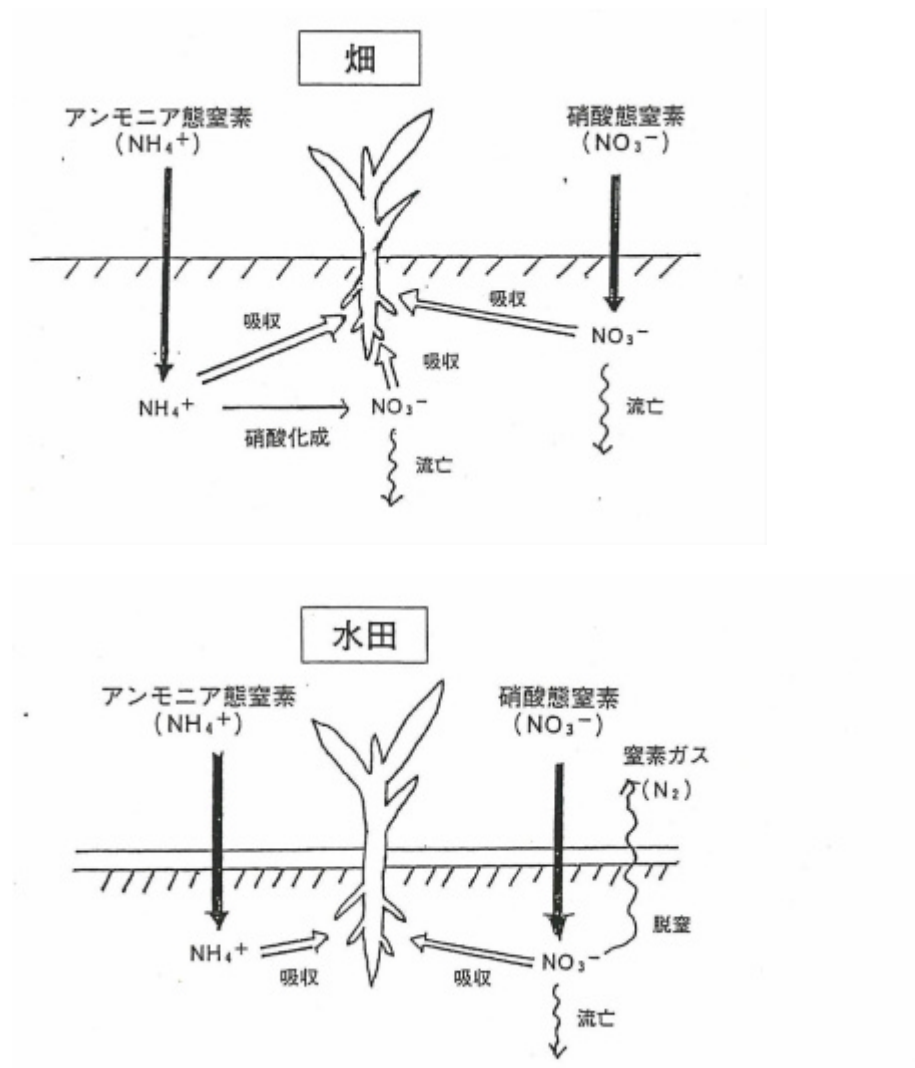


図3 アンモニア態窒素と硝酸態窒素の土壤中での動き

(2) 排液の浄化方法

排液は肥料成分を含む液体であることから、基本的には再利用することが望ましいが、やむをえず廃棄する場合は窒素等の濃度を低下させてから排出する必要がある。

排液の浄化方法には、作物による吸収や微生物による脱窒を利用した生物的浄化法と吸着現象等を利用した物理化学的な浄化方法がある。

1) 生物的浄化法

生物的浄化法とは、収穫前や収穫後に栽培作物の吸収力を利用し、排液中の濃度を低下させる方法である。表 12 はホウレンソウの連続栽培を行う施設の例であるが、収穫予定日の3日前から肥料塩の補給をやめることが、生育にも影響が少なく、排液中の濃度低下からも好ましいとされている。また、図 4 は栽培収穫後に作物を直ちに引き上げず、そのままの状態を肥料を作物に吸収させることにより収穫終了後に排出する培養液の濃度を低下させる効果を示している。トマトの収穫後2週間は肥料塩の補給を行わず栽培することで培養液の硝酸態窒素濃度を 10ppm 以下に、リンは検出できないまで低下させることが可能であるため、最も簡単に排液中の濃度を低下させることのできる方法である。

また、ホテイアオイ等の植物を栽植した水路に排液を流すことで濃度を低下させる方法も報告されている。

微生物を利用したものとしては、これは脱窒菌の一種である硫黄酸化細菌を利用した方法や水田土壌を利用した方法が報告されており、硝酸態窒素の酸素を微生物がエネルギー源として活用することによる脱窒作用を利用したものである。

表12 「ナッパランド」システムにおける収穫前の肥料塩補給停止
(水のみ補給)による培養液成分濃度の変化 (岡部)

停止後 日 数	EC (dS/m)	NO ₃ -N (me/l)	P (me/l)	K (me/l)	Ca (me/l)	Mg (me/l)
2 日 前	1.60	5.04	2.29	3.32	7.75	0.83
停止当日	1.38	3.28	1.99	1.84	6.86	0.55
1 日 後	1.18	1.92	1.55	0.69	6.67	0.45
2 日 後	1.02	0.56	0.79	0.05	5.99	0.17
3 日 後	0.95	0.00	0.32	0.03	6.19	0.12
4 日 後	0.88	0.00	0.06	0.01	6.74	0.04

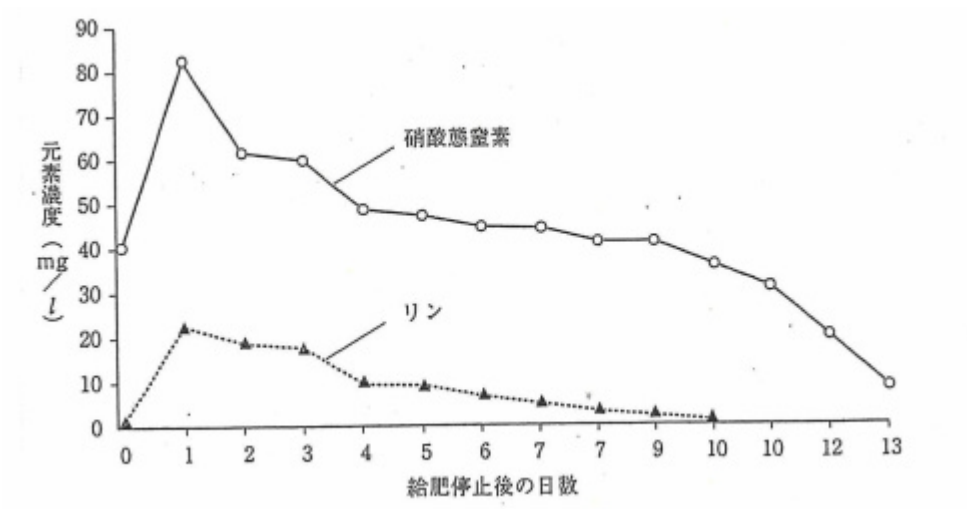


図4 ロックウール栽培トマトの収穫終了後における硝酸態窒素およびリン濃度の変化（千葉農試）

2) 物理化学的な浄化方法

物理化学的な浄化方法には、イオン交換法や逆浸透膜法があるが、いずれも専用の装備と保守管理が必要となる。イオン交換法はイオン交換樹脂を充填した容器の中に排水を流して、イオン交換樹脂に硝酸態窒素等を吸着させて浄化する方法であり、排水の水質に応じた樹脂の定期的な更新が必要となる。逆浸透膜法は圧力をかけて膜に排水を通過させる際に硝酸態窒素等をろ過する方法であり、定期的な膜の交換や加圧するための装置等が必要となる。

(3) 廃棄する場合の目標濃度

養液栽培の排水に含まれる窒素等は、公共用水や地下水へ流入させないよう、環境負荷低減対策を講じる必要がある。また、排水または浄化処理を行った排水を廃棄する場合には、その窒素濃度を確認して廃棄することが望ましい。

水質汚濁防止法では公共用水域への排出許容限度として「1 Lにつきアンモニア性窒素に 0.4 を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量 100mg」とされている。養液栽培施設は水質汚濁防止法に基づく対象施設ではないが、この数値を河川等に放流する場合の上限値として、可能な限り低くすることが望ましい。具体的には、タンク等へ集水した排水や浄化処理を行った排水について、放流する前に窒素濃度を確認し、高

い場合には水で希釈したのち放流を行うように努める。

窒素の測定器具の例を参考までに記載するが、養液栽培の排水では窒素のほとんどの形態は硝酸態窒素と考えられるので、アンモニア態窒素や亜硝酸態窒素については養液組成が同じで通常の管理に伴う排水の場合は硝酸態窒素のみの測定でよい。

なお、測定値を硝酸イオン濃度で求めた場合は、以下の式により硝酸態窒素濃度に読み替える必要がある。

$$\text{硝酸態窒素濃度 (NO}_3\text{-N) (ppm)} = \text{硝酸イオン濃度 (NO}_3^-) \text{ (ppm)} \times 0.23$$

参考

簡易分析器具の例

商品名；パックテスト （共立理化学研究所製）

測定項目	測定範囲 (ppm)	規格、価格	備考
アンモニア態窒素	0 ~ 16	50 枚入り 4,200 円 150 枚入り 9,600 円	測定範囲を超えた場合は希釈して測定を行い、希釈前の排水の濃度を求める。
亜硝酸態窒素	5 ~ 200		
硝酸態窒素	20 ~ 1000		

機器名；コンパクトイオンメーター

商品名；CARDY（カーディー）（堀場製作所製）

測定範囲；62 ~ 6200(NO₃⁻ ppm) 硝酸態窒素 14 ~ 1,400ppm 相当

価格；32,000 円

その他；標準液による校正が必要

商品名；半定量イオン試験紙 メルコクアント試験紙（メルコ製）

測定範囲；10 ~ 500(NO₃⁻ ppm) 硝酸態窒素 2 ~ 115ppm 相当

価格；3,700 円（100 枚入り）

養液栽培における排水の削減・処理フロー

