

7 資源循環型農業推進のための土壌肥料面での技術対策

資源循環型農業を進めるためには、農産物が安全であること、環境への負荷が小さいこと、農産物が高品質であること、持続的な農業生産であること、などを考慮した取り組みが必要である。

これらの条件を満たすための土壌肥料に関する対策技術としては、安全な有機質資材の適正使用による土づくり、土壌診断、栄養診断による適正施肥、化学肥料低減技術を進めていくことが大切である。

(1) 安全な有機質資材の適正使用による土づくり

土づくりは、農業生産を持続的に進めるための土壌環境を維持・向上するための基本となるものである。土づくりのために行われることとして、堆肥等の有機質資材の施用、土壌改良資材の施用、深耕による作土層の確保、暗きよ等による透水性の改善、輪作等による連作回避、緑肥作物の活用などがある。

土づくりのための方策として堆肥等有機質資材の施用を主として行われている。これは、堆肥等有機質資材の施用によって、土づくりに期待される効果である地力の向上、養分の供給等の化学性の改善、透水性や保水性の向上や土壌を膨軟にするなどの物理性の改善、土壌生物の量や種類を増やすなどの微生物性の改善が得られることにあり、古来より農業生産に活用されてきた理由でもある。

しかし、有機質資材は、人間活動の増大にともない多様化しており、その特性に応じた適正な活用を進める必要がある。例えば、家畜排せつ物や食品廃棄物のような養分の高い有機物を材料とした堆肥を利用する場合、含まれる養分を考慮し減肥を行うことが必要であり、また、重金属を比較的多く含有する汚泥等の堆肥の場合、土壌への重金属の蓄積を考慮した施用を行うことが重要となる。

これらの詳しい内容については、「3 有機性資源の活用」の項に掲載している。

(2) 土壌診断、栄養診断による適正施肥

ア 土壌診断による適正施肥

(ア) 土壌診断の意義

農地の土壌は農業生産の基礎であり、その土壌の養分や性質を好適に保つことは、農業の生産性を高め、農業経営の安定化を図る上で極めて重要である。

窒素を例にとると、作物に供給される窒素が不足すると作物の生育が不良となり、多すぎると過繁茂状態となって病害に対する抵抗力が低下したり、過剰な窒素分がほ場外に排出され、地下水や河川等の自然環境に負荷を与えることにつながる。

したがって、土壌養分等の土壌の化学性や物理性を好適に保ち、持続型農業を実践するためには、土壌診断と診断結果に基づく施肥管理を行うことが必須要件となる。

(イ) 土壌診断の手順

土壌診断を行う場合、まず福島県土壌生産性分級図等を参考に調査地点の土壌特性や施肥来歴等の把握を行い、定められた手法に基づき土壌調査、土壌サンプリング、土壌分析を実施する。

次に、土壌診断（処方箋の作成）の段階においては、福島農試開発による「土壌診断・施肥設計支援システム」が実用化されているので、このシステムを利用してパソコンでデータ処理を行うことにより、誰でも簡単に処方箋を作成することができる。（詳細は、「8 診断技術と対策」を参照）

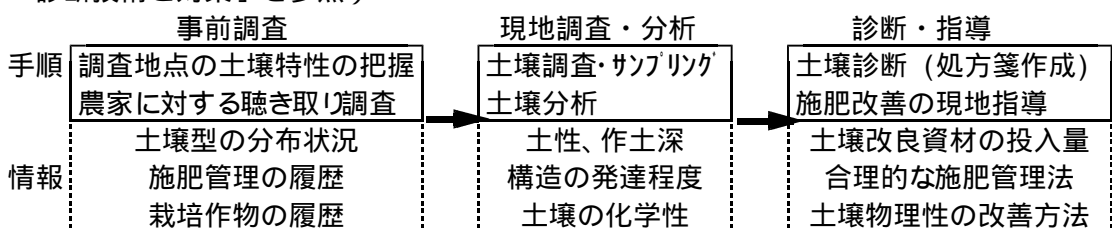


図7-1 土壌診断の手順とそれによって得られる情報

イ 栄養診断による適正施肥

(ア) 栄養診断の意義

作物は、種類によって必要とする養分の量や種類が生育時期にわたって固有のパターンを示す。このため、作物の養分吸収パターンに合った施肥を行うことで効率的な施肥管理に近づけることができる。

作物の養分吸収パターンに合っているかどうかの判断には、作物の栄養状態を示す基準の設定が必要であり、水稻であれば草丈、茎数、葉色、体内の養分濃度などがあげられ、品種ごとに生育時期に応じた最適な基準値が求められる。

しかし、実際の栽培では土壌の状態や気候条件等によって異なってくることから、そのような地域の特性や前歴も加味した栄養診断であることが望ましい。

(イ) パソコンによる水稻の良食味・高品質に向けた栄養診断

本県では、パソコンによる水稻の栄養診断技術として「水稻の生育栄養診断プログラム」が成果として実用化されており、中通り地域、会津平坦部、浜通り地域、中通り県北地域の4地域においてコシヒカリの診断をWindows上で行うことができる。このプログラムでは、現在の生育値を入力することにより、今後の生育や収量に関する予測値を演算し、その予測値をもとに必要とされる肥培管理法が表示される。

ウ リアルタイム栄養診断による適正施肥

一般的に園芸作物での施肥管理は、栽培終了後に土壌養分を把握し、養分の残効に応じて次の作付けの施肥量の調整を行っている。しかし、園芸作物では周年栽培のような場合、次作までの期間が短く分析が間に合わないことや、栽培期間中での診断とはならないので、基肥だけの調整となりがちなど十分な診断とはいえない。

このことから、作物体の葉柄等の汁液の養分濃度を逐次簡易に分析することで、リアルタイムに作物の栄養状態を知り、施肥管理につなげる方法としてリアルタイム栄養診断の開発が進められている。

本県では、夏秋トマトについて葉柄の硝酸イオン濃度を基準としたリアルタイム診断の成果がある。葉柄は、果実がピンポン玉程度の大きさになった果房直下葉の中部小葉葉柄を用い、それを搾汁し小型反射式光度計(RQフレックス)を用いて測定する。これは、追肥診断が主であり、診断の基準と追肥は表7-1のとおりである。これにより、トマトの減収がなく適正な施肥管理ができることが明らかになった。

野菜や花きについてのリアルタイム栄養診断は、他県でも研究が行われており、野菜ではキュウリ、トマト、ナス、イチゴ、花きではバラ、カーネーション、トルコギキョウ、キクの硝酸イオン濃度についての基準値が出されている。ただし、品種や作型、地域で基準値が異なる可能性があるため、まずは参考値として活用することが重要である。

表7-1 夏秋トマトのリアルタイム診断基準値と追肥量(福島農試2003)

診断値 (NO ₃ ppm)	1～3段果房時 7,000ppm以下で追肥 4～10段果房時 4,000ppm以下で追肥
追肥量	1回あたり窒素で1.5kg/10aで実施

エ 水耕栽培における養液診断

水耕栽培では、栽培によって組成の乱れた培養液を栽培体系外へ排出し、新たな培養液の補給によって培養液の更新が行われる。この培養液の更新は、農家の勘に頼っているのが現状である。

そこで、水耕栽培での養液管理は重要であり、本県では培養液組成の乱れがネギの生育に及ぼす影響を把握し、更新の目安となる培養液の乱れの許容範囲を明らかにし、パソコンを利用した養液診断を可能にした、「溶液診断システムを利用した水耕栽培葉ネギの培養液診

断技術」を実用化している。

この養液診断は葉ネギに適合したものであるが、生産現場で培養液更新の判断が容易かつ適切に実施されることにより、農家の経営への負担や培養液の排出に伴う環境への負荷の軽減につながる。

(3) 化学肥料低減技術

ア 化学肥料低減技術の基本的考え方

(ア) 窒素重点主義

化成肥料の中に含まれる窒素、リン酸、カリ（肥料の三要素）の中で、最も適量の幅が狭いのは窒素であり、少なすぎても多すぎても収量や品質の低下につながる。

化学肥料由来の窒素成分量の低減を図るためには、化学肥料に過度に依存した施肥法を見直す必要があり、作物が吸収する全窒素量の低減、肥沃度の維持増強による土壌窒素吸収量の増加、化学肥料から有機質肥料への転換、施肥窒素利用率の向上等の技術を実践しなければならない。

(イ) 全窒素吸収量の低減 - 美味しくて、安心な作物生産 -

これからの農業経営においては、消費者の視点に立ち、美味しくて安心な農作物を生産することが求められる。したがって、稲作においては、玄米窒素濃度の上昇によって食味・品質の低下につながる図7-2の最多収の範囲を目指すのではなく、良食味・安定生産の範囲で生育できるように窒素吸収量の目標を少なめに設定することが望ましい。

野菜栽培においては、窒素吸収が過剰になると、可食部の硝酸濃度が高まる。硝酸を多量に摂取すると、体内で発ガン性物質のニトロソアミンが生成したり、乳幼児では体内への酸素運搬が滞りメトヘモグロビン血症を引き起こすことが知られている。したがって、野菜栽培においても、目標とする窒素吸収量を少なめに設定し、健康野菜を生産することが求められる。

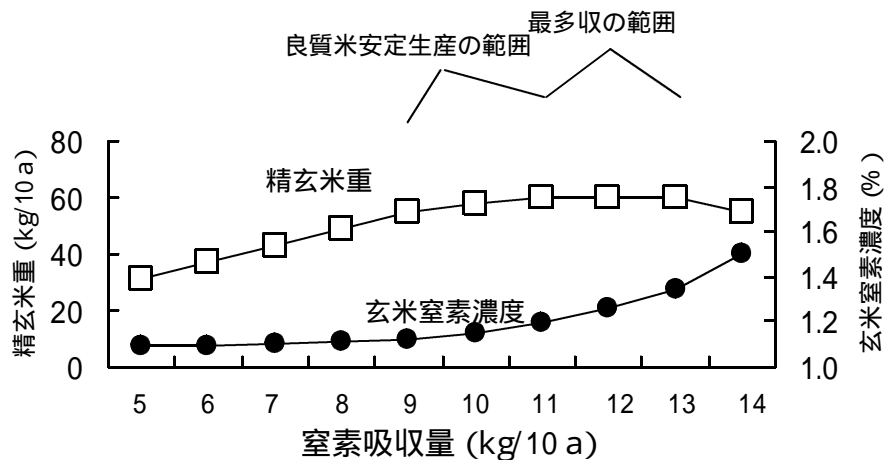


図7-2 窒素吸収量と精玄米重、玄米窒素濃度との関係（模式図）

(ウ) 土壌窒素吸収量の増加 - 地力の貯えがものをいう -

水稻において、有機物連用試験開始から24年目に、施肥窒素量0～14kg/10aまでの窒素用量試験を行い、精玄米600kg/10a生産するときに必要な施肥窒素量と窒素吸収量を算出した（表7-2）。

稲わら堆肥2t/10a + 土壌改良資材区では、精玄米600kg/10aを生産するのに必要な施肥窒素量が有機物無施用区の半量以下であり、この結果から、稲わら堆肥等の有機物を長期間連用すると、土壌窒素吸収量が顕著に増加し、施肥窒素量を特別栽培農産物のレベルまで減じて慣行施肥法並の収量を得ることが可能になると推察される。

表7-2 精玄米600kg/10a生産するときに必要となる施肥窒素量と窒素吸収量の内訳

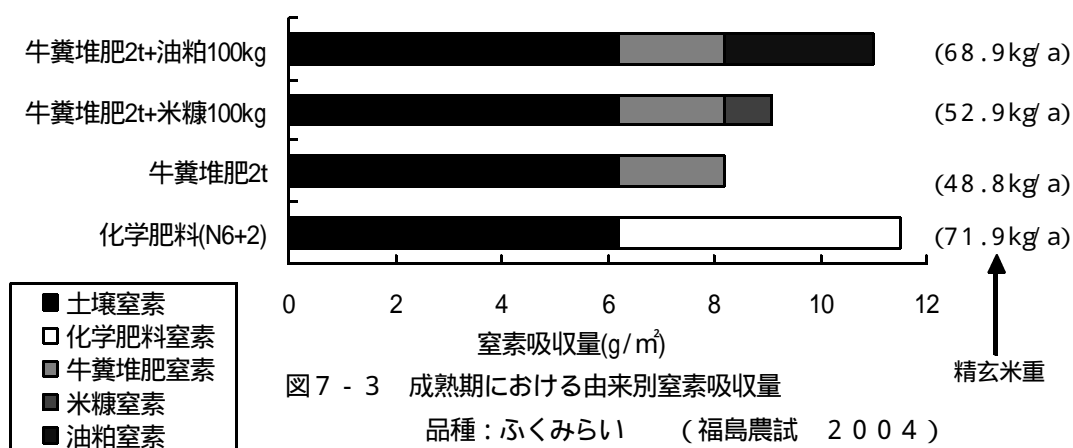
区名	施肥窒素量	窒素吸収量 (kg/10a)		
	(kg/10a)	全窒素	土壌窒素	施肥窒素
有機物無施用	11.2	10.0	5.9	4.1
稲わら堆肥1t/10a	7.0	10.0	7.1	2.9
稲わら堆肥2t/10a + 土壌改良資材	5.5	10.9	8.6	2.3
稲わら600kg/10a + 土壌改良資材	7.5	10.0	7.2	2.8

有機物連用24年目 土壌改良資材：ケイ加150kg/10a、ようりん 40kg/10a (福島農試 1998)

(エ) 化学肥料から有機質肥料への転換 - 有機質は持続型農業の主力 -

化学肥料の普及は農業生産の向上に大きく貢献したが、一方では化学肥料への過度の依存が土壌環境の悪化をまねき、生産性を持続できなくなる事例もみられる。持続的な農業の実現のためには、堆肥や有機質肥料の利用による土づくりを行い、土壌の物理性や生物性等の土壌環境を好適に保つことが特に重要である。

また、有機質肥料の利用に際しては、その特徴をよく理解し、複数の有機質肥料を上手に組み合わせることが必要となる。図7-3には、緩効的な肥効の牛ふん堆肥と比較的速効的な菜種油粕を組み合わせることにより、無化学肥料栽培でも慣行栽培並の窒素吸収量と精玄米重が得られた事例を示した。



(オ) 施肥窒素の利用効率向上 - 「持続性の高い農業生産方式」の施肥法 -

過去の試験事例をみると、基肥の施肥窒素利用率は、水稲では20~40%程度、オオムギでは30%程度、吸肥力の強いソルゴーでは40~50%程度とされている。この施肥窒素利用率を高めれば、その分だけ化学肥料を低減することができる。施肥窒素の利用効率を高めるポイントは、吸収可能な窒素が『必要なとき、必要な量だけ、吸える場所に存在する』ことであり、緩効性肥料の利用と施肥位置の改善によってこれに近い状況を作り出すことができる。

表7-3に、緩効性の被覆尿素を接触施肥したときの施肥窒素利用率等を示した。緩効性肥料の接触施肥によって施肥窒素の利用効率が2倍に向上し、亜酸化窒素発生量と硝酸態窒素溶脱量は明らかに減少した。亜酸化窒素は、地球温暖化やオゾン層の破壊に関与するガスであり、硝酸態窒素の溶脱は地下水等の汚染の原因となる。

したがって、施肥窒素の利用効率を高め、窒素のロスを最小限に抑えることは、持続型農業を実践するうえで重要である。

表 7 - 3 畑地における窒素の排出量と施肥窒素利用率

肥料の種類	亜酸化窒素	硝酸態窒素	施肥窒素 利用率
	発生量 (mgN/m ²)	溶脱量 (mgN/m ²)	
速効性肥料	315	352	31
緩効性肥料	101	249	64

(福島農試 1996)

窒素施肥量：15kg/10a
 速効性肥料：尿素
 (条施肥)
 緩効性肥料：被覆尿素
 (接触施肥)
 供試作物：デントコーン

イ 具体的技術

(ア) 水稻の局所施肥技術 (側条施肥技術、苗箱施肥技術)

これは、水稻栽培において肥料成分の利用率を高めるため、肥料を作物の根の周辺に集中的に施用する技術をいう。稲作で実用化している技術には側条施肥技術と苗箱施肥技術とがあり、側条施肥は移植と同時に苗の近傍に施肥する技術、苗箱施肥は育苗箱中に生育の全期間を賄える窒素肥料を施肥する技術である。

代かき後の田面水中に溶出する全窒素、全リン含量が低減し、環境中への窒素、リンの総排出量を削減することがきる (図 7 - 4)。

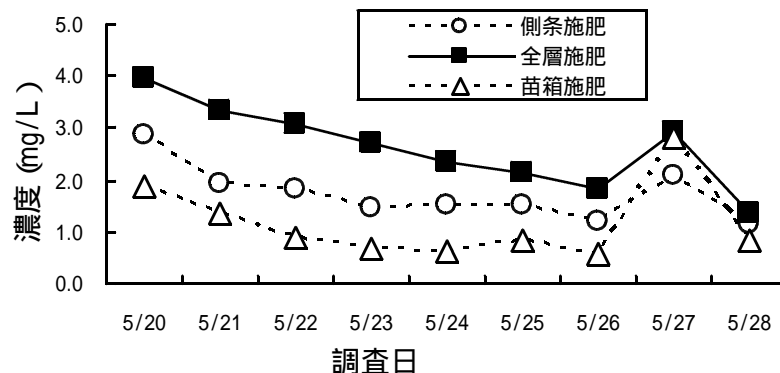


図 7 - 4 代かき後の田面水の全窒素濃度推移 (福島農試2004)

代かき：5/20、移植：5/26

a 側条施肥技術

専用の田植機が必要であり、粒状肥料を施肥するタイプとペースト肥料を施肥するタイプとがある。肥料は、粒状施肥では粒径の揃った側条施肥対応の肥料を、ペースト施肥では専用のペースト肥料を使用する。基肥窒素量を慣行施肥法の施肥量に対し10~20%程度減肥する。また、側条施肥では基肥窒素の消失時期が早まるので、穂肥の施用は慣行施肥法より5日程度早めに行う。

b 苗箱施肥技術

育苗期間中にはほとんど溶出しない専用肥料 (シグモイドタイプの被覆尿素) を使用する。床土、専用肥料、種籾、覆土の順に層状に施肥する方法と床土と肥料を混合する方法とがある。10a当たりの窒素施肥量は、慣行施肥法の基肥+追肥の合計から20%程度削減した量に設定する。10a当たりの窒素施肥量と10a当たりの使用苗箱数から苗箱1箱あたりに施用する専用肥料の量を算出する。

(イ) 水稻の肥効調節型肥料施用技術 (全量基肥施肥法)

水稻栽培での肥効調節型肥料利用の代表的技術には、苗箱施肥技術と全量基肥施肥法とがある。ここでは全量基肥施肥法について記述する。全量基肥施肥法は、緩効性の肥効調節型肥料と速効性の化成肥料を緩効性窒素の割合が50~70%になるようにブレンドした肥料を基肥に使用し、追肥を省略する施肥法である。

施肥窒素の利用率が高いので、施肥窒素を10~20%程度削減できる (表 7 - 4)。

表7-4 ひとめぼれに対する全量基肥施肥法の生育収量、玄米窒素濃度（福島農試 1995）

区名	窒素施肥量(kg/a)		稈長 (cm)	穂数 (本/m ²)	籾数 (×100/m ²)	登熟 歩合 (%)	精玄 米重 (kg/a)	倒伏 程度 (0-400)	玄米窒 素濃度 (%)
	基肥	穂肥							
慣行施肥	0.6	0.2	83.5	504	378	79.2	67.8	70	1.12
全量基肥LP70	0.8	0	85.6	558	453	73.1	73.6	140	1.17
全量基肥LP100	0.8	0	86.1	500	415	75.8	71.6	180	1.18
全量基肥LP70	0.6	0	80.6	469	356	79.6	65.3	80	1.07
全量基肥LP100	0.6	0	82.7	504	382	78.9	67.6	90	1.12

全量基肥施肥法の緩効性窒素割合は70%

(ウ) 水稻の有機質肥料施用技術

水稻栽培において、有機質肥料（動物質もしくは植物質の有機肥料で肥料成分が基準値（公定規格）以上含まれている普通肥料）を化学肥料の代替とし、施用する技術をいう。

化学肥料の削減分を有機質肥料で代替することにより、土壌有機物の減耗を防ぐとともに、食味・品質の向上により付加価値を高めることをねらいとする。

図7-5はコシヒカリについて、窒素で基肥4kg/a、穂肥2kg/aで有機質肥料の割合を変えて栽培したときの収量を示したが、有機質肥料100%の比率で施肥しても化学肥料100%と比較し1割ほどの収量減にとどまった。

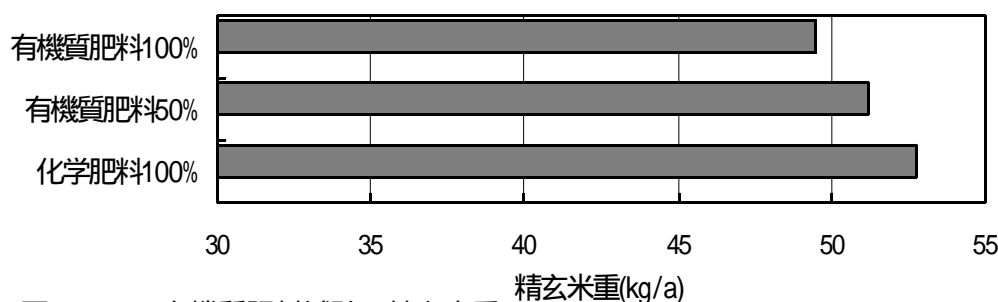


図7-5 有機質肥料試験の精玄米重

品種：コシヒカリ 窒素：基肥4kg/10a、穂肥2kg/10a (福島農試 1989)

(エ) 麦の局所施肥技術

肥料を特定の位置に集中的に施用し、肥料成分の利用率を高める技術であり、以下の方法がある。

a 側条施肥技術

施肥播種機により、播種時に、播種溝と一定の間隔を空けて、すじ状に肥料を施肥する。

b 接触施肥技術

肥効調節型肥料を用いる場合は、養分の溶出が緩やかなので、種子と直接接して施用（接触施肥）することが可能である。また、肥効調節型肥料により全量基肥施肥とすると追肥作業を省略することができる。

図7-6は窒素成分で慣行と接触区で基肥1kg/a、4割減肥区では基肥0.6kg/a、いずれの区も出穂期追肥0.3kg/aを行った結果である。接触区及び4割減肥区では肥効調節型肥料70日タイプを用いた。

肥効調節型肥料70日タイプを用いての基肥全量接触施肥は、全層施肥+追肥に比べて増収し、子実タンパク質含量も高くなる。また、接触施肥+追肥では基肥を4割減肥することができる。

これらの結果は、肥効調節型肥料による局所施肥により施肥効率を高めることができ、

子実の品質向上につながることを示唆された。

(オ) 大豆の局所施肥技術

肥料を特定の位置に集中的に施用する技術である。

肥効調節型肥料を用いて全量基肥施肥（窒素成分でL P 30を0.3kg/a、L P S 80を0.6 kg/a）を行う場合、全層、側条、接触の施肥位置で比較すると、側条施肥が全層施肥や接触施肥に比べて収量が高くなった（図7-7）。

また、側条施肥は全層施肥と比べ、畦間雑草の生育量が抑えられる（図7-8）。

ただし、施肥位置に気を付ける必要があり、根に近すぎると生長や根粒の活性を阻害することがあるため、種子と10cm程度の間隔を空ける必要がある。

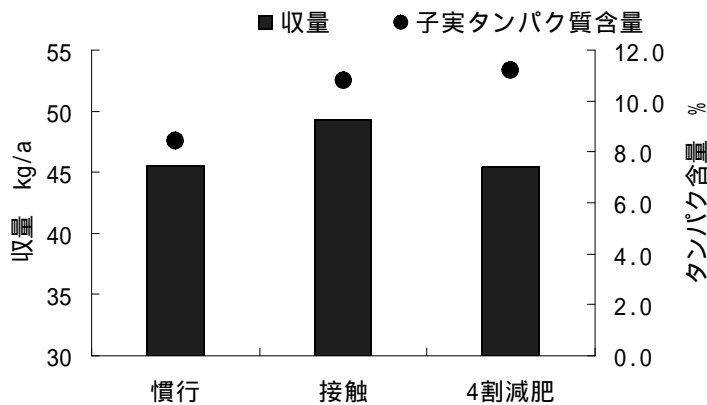


図1.異なる施肥位置に対する収量及び子実タンパク質含量
(2000年、供試品種きぬあずま)

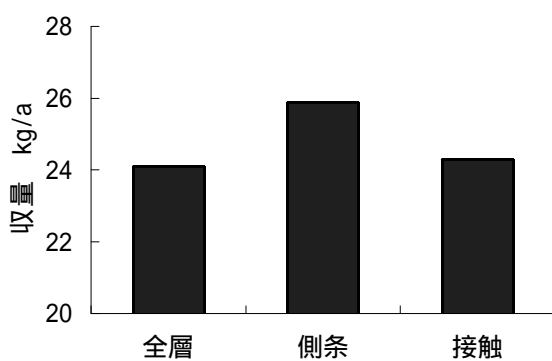


図1 施肥位置と収量 (2002年、供試品種ふくいびき)

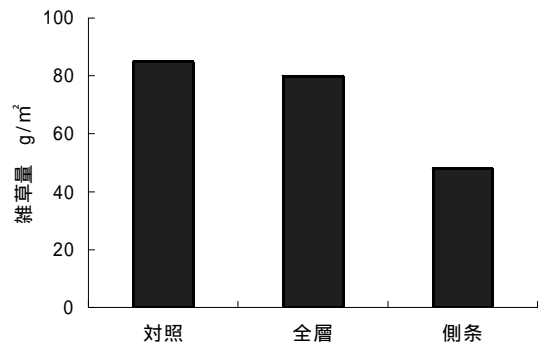


図2 施肥位置と雑草発生量

(2003年、7月15日、供試品種ふくいびき)

(カ) 野菜の局所施肥技術

野菜の栽培において、肥料を作物の根の周辺に集中的に施用する技術であり、以下のものがある。

<条施肥>

作物の播種または定植する部分へ肥料をすじ条に散布し、土壌と混和する

<溝施肥>

作物を播種または定植する部分に溝を掘って、その部分に肥料を投入して土を戻す。

<点滴液肥灌水>

灌水チューブから根の張っている部分に液肥を灌水と同時に施用する

<液肥土壌灌注>

ペースト肥料など水に溶解させた液を根の張っている部分に注入する

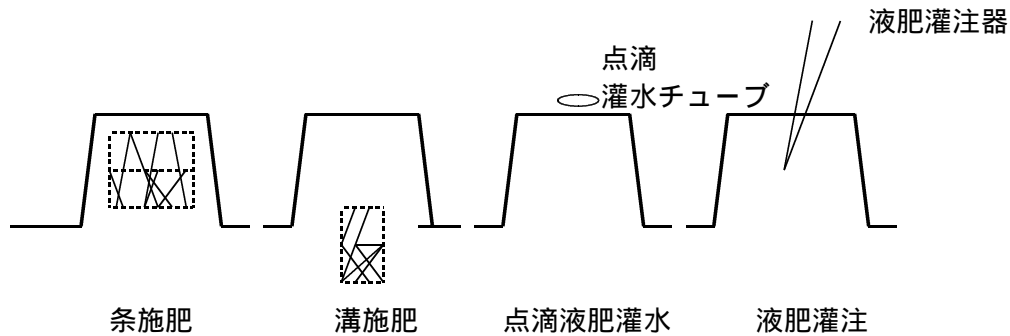


図7-9 野菜の局所施肥のイメージ

肥料をほ場全面に散布する方法ではなく、作物の根が肥料を吸収しやすいように、肥料等を根の近くに局部的に施肥することで、肥料をより効率的に、しかも少ない肥料で生産量を確保し、土壌への負荷軽減を図ることができ、以下に農業試験場での成果の概要を示す。

a 条施肥・溝施肥

キャベツ栽培でLP50を局所施肥機により株横5cm、深さ5cm付近に施肥し、20%減肥しても全量基肥栽培が可能であった。

ホウレンソウ栽培で、肥効調節型肥料(ロングショウカル100日タイプ)を播種時に播溝施肥することにより全面施肥より約3割少ない肥料量で同等の収量が得られた。

b 点滴液肥灌水

施設キュウリ栽培で自動灌水同時施肥(点滴灌水)により、30%少ない施肥量で慣行とほぼ同等収量が得られ、大幅な減肥効果が得られた。

(キ) 日本ナシの肥効調節型肥料施用技術

化学肥料を樹脂などの膜で被覆した肥料を使用して、作物に対する肥効をコントロールする技術。

表7-5は肥効調節型肥料を用い対照区に比べ窒素で25%施肥量を軽減した結果、収量については増収効果がみられた。

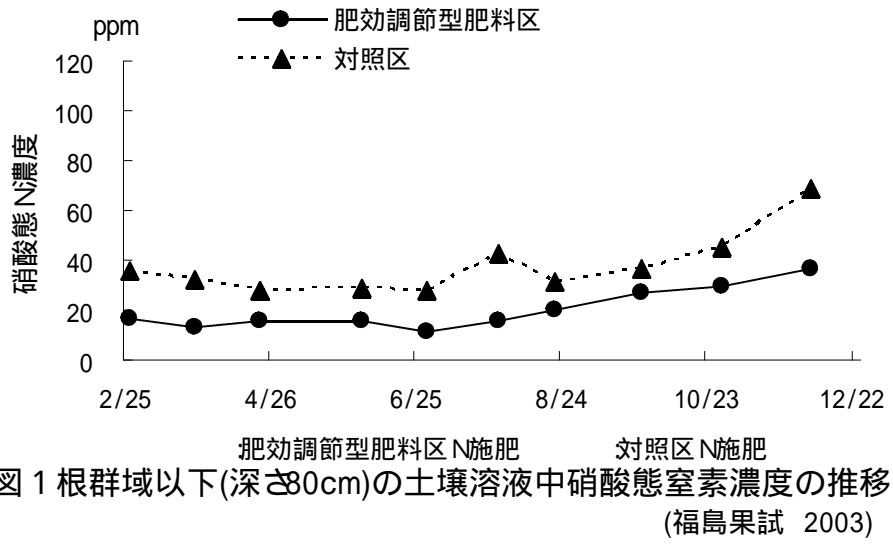
さらに、図7-10では土壌養液中の硝酸態窒素濃度の推移をみたものであるが、肥効調節型肥料のほうが低く推移しており、地下水への硝酸汚染等、環境への負荷軽減効果がみられた。

表1 肥効調節型肥料施用による日本ナシ「幸水」の収量および果実品質への影響(福島果試2003)

試験区	施肥回数	成分施用量(kg/10a)			収量(kg/樹)	平均果重(g)	地色	果 肉		
		窒素	リン酸	加里				硬度(lb)	糖度(%)	リンゴ酸(%)
肥効調節型肥料区	1	24.0	30.0	15.0	116.1	297.8	2.9	3.94	11.77	0.057
対照区	5	32.0	30.4	14.2	88.2	279.8	2.7	3.93	11.95	0.064
F値					7.56	2.45	1.38	0.00	0.44	2.82
						ns	ns	ns	ns	ns

:10%水準で有意差あり

肥効調節型肥料区:被覆複合肥料(肥効調節型窒素成分41%含有)を9月上旬に施用。
両区とも11月上旬に堆肥を2t/10a施用。



8 診断技術と対策

(1) 土壌診断

これからの農業生産は、環境にやさしく持続的な資源循環型農業への取り組みと生産性や農産物品質向上の両立が求められている。これらの実現のためには、農地への養分投入量を過不足なく、効率的かつ適正に管理していく必要がある。このため、土壌診断は必要不可欠な技術であり、土壌診断の活用は今後更に重要性を増してくるものと考えられる。

ア 土壌診断の進め方

土壌診断は、基本的に土壌分析（実験室内での化学分析）結果だけでなく、ほ場環境や作物の生育状況等も加味し総合的に判断されるものである。

土壌診断結果を実際の施肥や農作物の管理に活かすためには、診断の目的を明確にし、図8-1に示す様な手順で進められるのが望ましい。

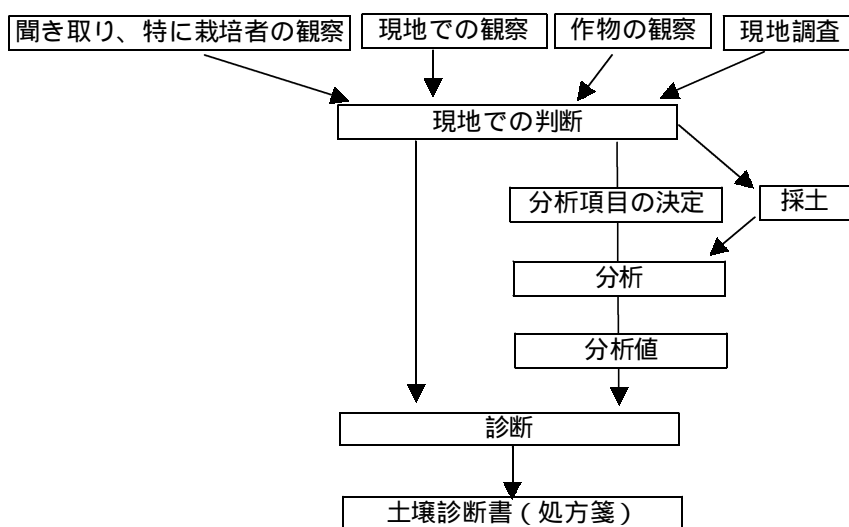


図8-1 土壌診断の進め方

イ 主な土壌分析項目の診断ポイントについて

土壌診断を進める場合に基本となる土壌分析項目について以下に解説する。

< pH >

pHは酸・アルカリの度合いを示す指標であり、7を中性として、7を超えるとアルカリ性、7より低くなると酸性であり、それぞれ7より離れることにより強度が高まる。

土壌のpHは、根の伸長など直接植物へ影響を与える他、土壌微生物の活性、土壌養分の可溶性など土壌中の微生物性や化学性に影響を与えることから、作物生育の良否の診断にとって最も重要な土壌診断の指標である。

土壌診断による施肥対策を進める場合に、対象とする作物の好適範囲を目標に土壌改良のための土壌改良資材の種類や量を決定していく。

作物毎のpHに対する好適範囲は資料編に掲載したので参照下さい。

< EC（電気伝導度） >

土壌中の塩類濃度の指標としてEC（電気伝導度）が用いられている。

一般にECが低い場合には土壌中の塩類濃度が低く養分も少ない。一方、高い場合は塩類濃度が高く養分も多いことから、特に施設土壌等では減肥（主に基肥の窒素量）の目安として活用される。もしも高すぎれば塩類による濃度障害が起こる危険性が増す。図8-2に塩類濃度に対する野菜の抵抗性について示す。

種類	タイサイ	キャベツ	ダイコン	ホウレンソウ	ハクサイ	カブ	セルリ	ナス	ネギ	ニンジン	トマト	ピーマン	キュウリ	ソラマメ	タマネギ	インゲン	レタス	イチゴ	ミツバ	
抵抗性	強			中						弱										最弱
EC	1.6		1.4				1.2				1.0		0.8				0.4			

図 8 - 2 塩類濃度に対する野菜の抵抗性

< C E C (塩基置換容量) >

土壌は電氣的にマイナスの性質を持つことから土壌養分である石灰、苦土、カリなどの塩基やアンモニア態窒素など陽イオンを脱吸着する置換能力を持っている。この置換できる量は土壌が陽イオンを保持できる量を示しており土壌によって異なることから、その量を C E C で表している。この値が大きいほど養分の保持能力が高いことになる(表 8 - 1)。

この塩基置換容量を超える施肥は、土壌に吸着せず遊離した状態で土壌中に存在することから、植物への塩類障害や溶脱による環境への影響などが懸念される。したがって、C E C の容量を 100% として、土壌に存在する植物に吸収されやすい石灰、苦土、カリの総量の割合(%)を塩基飽和度という指標で示している。塩基飽和度は、しばしば表 8 - 2 に示すように人間の胃袋のイメージにたとえられ、一般的には 60~80% を適正範囲として施肥管理を行うことが重要である。

さらに、石灰、苦土、カリどうして拮抗作用があることから塩基飽和度に加えて、塩基のバランスがとれるように(石灰:苦土:カリ = 5 : 2 : 1 目安)に施肥設計の際は注意をする必要がある。

表 8 - 1 土壌の種類と代表的な C E C の値

土壌の種類	C E C
淡色黒ボク土	15~25
腐植質黒ボク土	20~30
多腐植質黒ボク土	30~40
褐色森林土	10~25
灰色低地土	15~25

表 8 - 2 塩基飽和度のイメージ

土壌の状態	塩基飽和度%
栄養失調	40以下
腹がすいている	40~60
腹八分目	60~80
肥満体	80~100
糖尿病	100以上

ウ 土壌診断・施肥設計支援システムの活用

土壌診断を進めていくには、土壌分析結果を土壌の種類や作物別の改良基準に照らし合わせて、様々な計算をしなければならぬ。これらを手計算で実施するのは非常に時間がかかる。また、土壌改良資材の投入量の算定については、現場の状況に即した施用を講じる必要があり実務経験を要する作業となる。

これらの集計や計算の労力を省力化し、診断を効率的に進めるためコンピュータを用いて土壌診断を実施することを可能とした本県農業試験場開発による「土壌診断・施肥設計支援システム」があり、これを活用した土壌診断について紹介する。

「土壌診断・施肥設計支援システム」は、土壌の状態把握と改良資材投入の判断以外に、環境保全型・持続型農業技術への活用などを考慮し、土壌診断から施肥設計までを一体化して作業できる機能を付加した。

土壌診断書作成では、pH 管理を考慮した土壌改良資材の選択を行う機能を付加した。

施肥設計書作成では、土壌診断結果と作物別施肥基準とのマッチングをチェックする機能と堆肥の成分と肥効率を考慮した集計を行う機能も加えた。

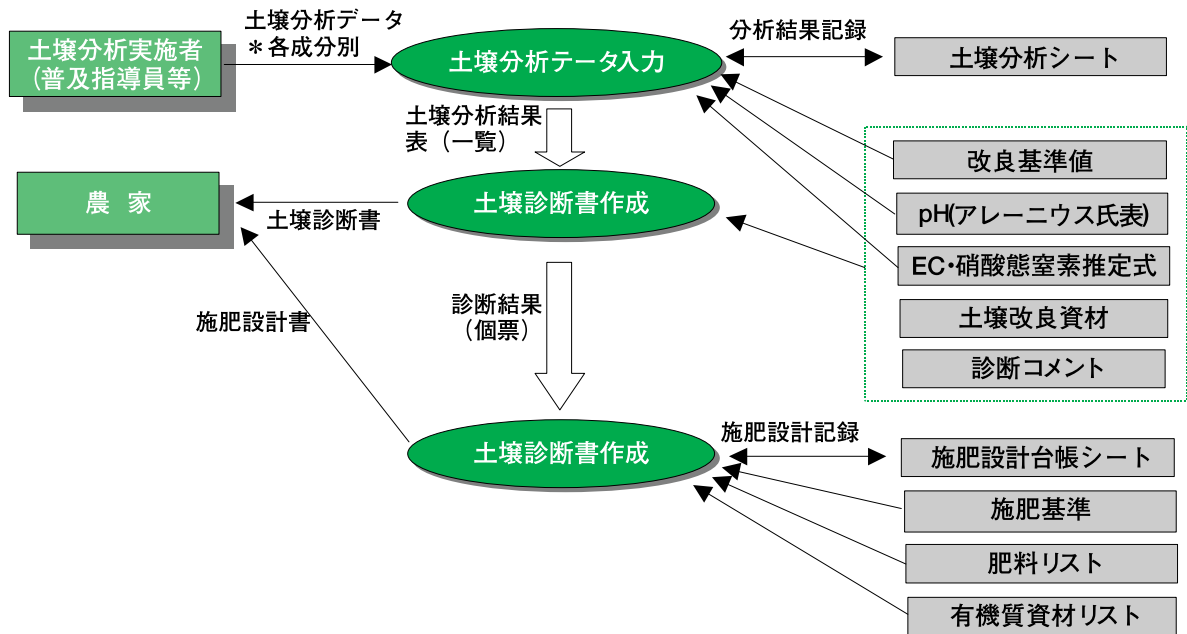


図 8-3 土壌診断・施肥設計システムデータフロー・ダイアグラム

長が家の施肥設計		メニュー	土壌診断	ケイソウ印刷	入力	転記	コメント	施肥チェック		
診断No.	1	3月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日
氏名	長が家 一郎	住所	1-1-1	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日
場所	1-1-1	品目	稲	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日
面積(m ²)	500	畝数	10	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日	1月10日
種類	kg	肥料名	体積量 (kg)	施用量 (kg/10a)	施用量 (kg/10a)	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
元肥①	速効性有機肥	1	1,000	200	200	8	4	8	10	2
						25	50	100	100	100
						2	2	8	10	2
元肥②	単肥P	313	富士石灰 (20% P-10)	80	160			16	16	
	単肥P	120	B.M.ウリン (92%)	40	80		16		10	
	NK	620	S-NK ロングショウ	10	20	4		3		10
	単肥N	114	ロングショウカ	10	20	2			5	
	有機化成	754	ヘルシー パワ 140	20	40	3	0	2		1

図 8-4 施肥設計書の出力例

土壌診断書						
分析No	1	氏名	福島一郎	福島県農業試験場		
改良コード	5	場所	ハウス1	土壌採取	H14.4.1	
作土深(cm)	15	地目	施設土壌	作物	トマト	
仮比重	1	土壌種類	細粒質土壌	品種名	桃8	

項目	単位	分析値	適正範囲		改良施肥量	上限施肥量	診断
pH (H ₂ O)	*	6.1	6.0	6.5	0	-	pHは適正
pH (KCl)	*	5.2	5.1	5.4	(H ₂ O)-(KCl)	0.9	ほぼ適正です
EC	mS	0.2	-	0.2	-	-	元肥は基準量
CEC	me	20.0	15.0	-	-	-	大人の胃袋
置換性石灰	mg	251.0	280	393	-	-	-
置換性苦土	mg	50.8	60	81	-	-	-
置換性カリ	mg	7.8	28	57	-	-	-
石灰飽和度	%	44.8	50	70	44	212	低い(改良施肥量+基準施肥量)
苦土飽和度	%	12.6	15	20	14	45	低い(改良施肥量+基準施肥量)
加里飽和度	%	0.8	3	6	31	73	低い(改良施肥量+基準施肥量)
塩基飽和度	%	58.2	70	95	-	-	低い
石灰/苦土	*	3.6	-	6	-	-	バランス適正
苦土/加里	*	15.2	2	-	-	-	バランス適正
可給態リン酸	mg	64.5	20	60	0	(7)	リン酸やや過剰(基準施肥量の8)
リン酸吸収係数	*	-	-	-	-	-	-
熱水可溶性ホウ素	ppr	-	0.3	1	-	-	-
可給態ケイ酸		-	-	-	-	-	-
遊離酸化鉄	%	-	-	-	-	-	-
腐植	%	-	-	-	-	-	-
アンモニア態窒素	mg	-	-	-	-	-	-
硝酸態窒素	mg	5.0	-	-	-	-	推定値
可給態窒素	mg	9.0	-	-	-	-	-

グラフ&改良資材条件 ▶ 塩基飽和度優先

圃場10a当たり施肥量 ※ () は、オーバー

改良資材 (投入量例) (kg/10a)

改良資材名	投入量	施肥限界量
ようりん	0	
珪カル	0	
苦土石灰	0	< 200
炭カル	0	< 200
苦土重焼リ	0	
硫酸苦土	58	< 60
硫酸加里	61	< 50
塩化加里	0	< 50
過石	0	

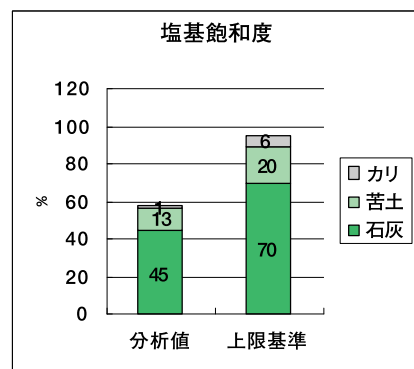
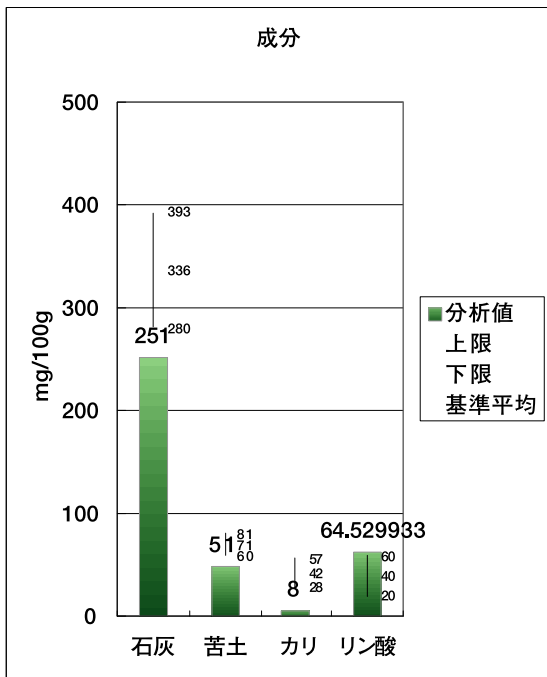


図8-5 土壌診断書の出力例

(2) 作物の栄養診断

栄養診断の目的は、作物の栄養状態の良否を判断し、より安定的に高品質な農産物を生産するための施肥対策を講ずることにある。実際の栄養診断に当たっては、まず作物の栄養生

理と養分含量の最適域を明らかにするとともに、作物の栄養状態を評価するための指標を決める必要がある。

現在、栄養診断に用いられている方法には、外部症状による診断（葉色など）、植物体養分の分析による診断、生化学的診断法（酵素活性など）、土壌養分の分析による診断（土壌溶液など）などがある。

ア 水稻の栄養診断

(ア) 葉色による窒素栄養診断

葉色は、稲体の窒素濃度と正の相関があり、葉色を測定することにより水稻の窒素栄養状態を簡易に診断することが出来る。葉色の測定には、カラースケールか葉緑素計（SPAD502）を用いる。

カラースケールで葉色を測定する場合、通常は群落葉色で判断するが、個葉葉色を測定して群落葉色に換算することもできる。個葉葉色は群落葉色に比べて1.0程度濃く測定される。葉緑素計で葉色を測定する場合、主茎の完全展開葉から数えて第2葉の葉身中央部を中ろくをはずして測定する。

主な品種の葉色と茎葉窒素濃度の関係は、表8-3のとおりである。

表8-3 茎葉窒素濃度と葉色の関係の例

	最高分けつ期 (7月5日)				幼穂形成期			
	ひとめぼれ		コシヒカリ		ひとめぼれ		コシヒカリ	
茎葉 N%	SPAD 502	カラー スケール	SPAD 502	カラー スケール	SPAD 502	カラー スケール	SPAD 502	カラー スケール
1.2	-	-	-	-	30.2	2.8	28.6	2.3
1.4	-	-	-	-	33.2	3.2	32.5	2.8
1.6	-	-	-	-	36.2	3.7	36.5	3.2
1.8	35.3	3.4	35.1	3.2	39.2	4.5	40.4	3.7
2.0	37.6	3.7	37.3	3.4	42.2	4.7	44.3	4.1
2.2	39.9	4	39.6	3.5	45.2	5	48.2	4.6
2.4	42.2	4.2	41.8	3.7	48.2	5.5	52.2	5
2.6	44.5	4.5	44	3.9	-	-	-	-
2.8	46.8	4.8	46.3	4.1	-	-	-	-
3.0	49.1	5.2	48.5	4.2	-	-	-	-
3.2	51.4	5.5	50.8	4.4	-	-	-	-

(イ) ヨード・デンプン反応による栄養診断

水稻の葉鞘に蓄積したデンプンをヨード・ヨードカリ溶液で染色し、その染色割合で稲体の栄養状態を推定する方法である。稲体の窒素濃度とデンプン蓄積量とは負の相関関係にあることから、デンプン蓄積量は窒素欠乏の指標となり、穂肥施用の判定の目安として利用される。実際の測定に当たっては、平均的な葉色の株の主茎を抜き取り、上から数えて第3葉の葉鞘部を染色し、その染色割合を測定して、穂肥の要否を判断する。

表8-4 ヨード・デンプン反応による穂肥施用判定の目安

条件	品 種	葉鞘染色率	穂肥施用判定の目安
必要な茎数がとれている場合	コシヒカリ	55%以上	-15日にN 0.2kg/a追肥可能
	ひとめぼれ	50%以上	-25日にN 0.2kg/a追肥可能
	その他品種	30%以下	穂肥は控える
茎数が不足している場合	早めに窒素を施用する。また、窒素は分施する。		

(ウ) 生育・栄養診断システムの利用

コシヒカリ、ひとめぼれについては中通り、浜通り、会津の地域毎に生育目標値及び生育予測法が確立されており、コンピュータを利用した栄養診断が可能である。

水稻の栄養診断法は、診断時点の水稻の生育、稲体栄養、土壌窒素、気温の各要因から総合的に診断・予測する。図8-6はコンピュータからの診断結果を出力したものである。診断時点の生育状況を入力してやると、今後予想される生育量や対応策が表示される。

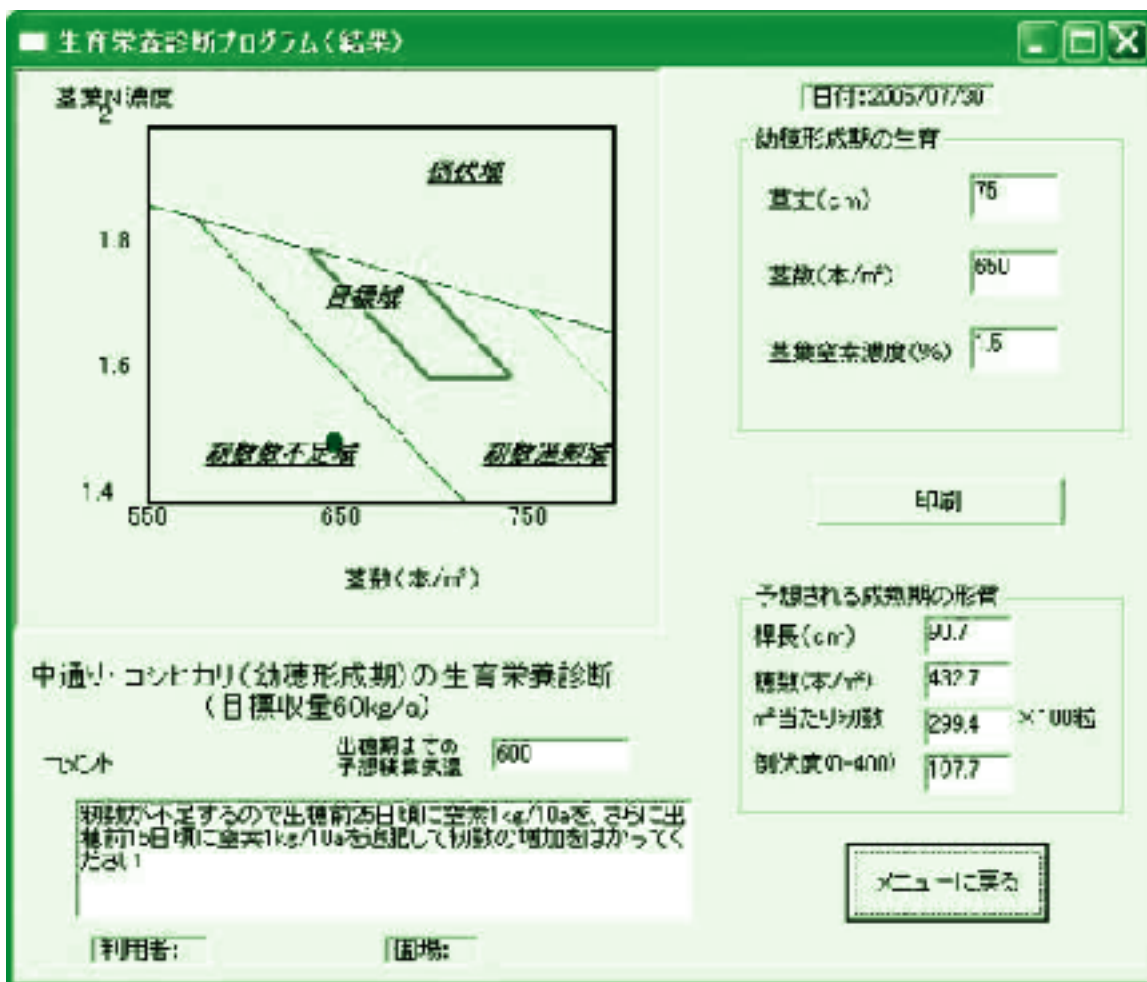


図8-6 コンピュータによる生育・栄養診断出力例

イ 野菜の栄養診断

栄養診断には、外観に要素障害が発生してから要因を分析する栄養障害診断と生育期間中の作物の栄養状態をモニタリングしリアルタイムに施肥対策（追肥等）を講じていくための診断がある。

近年、果菜類等の長期間栄養成長と生殖成長が同時進行する野菜について、硝酸イオンの汁液中濃度を簡易な分析器具を用いて定期的モニタリングすることにより、窒素栄養状態を把握しながら収量や品質を維持し、より効率的で無駄のない施肥対策を進めるための手法が開発されてきている。

診断手順としては、トマトの場合、①小葉葉柄を2cm程度の大きさに切り、ニンニク絞り器でピーカーへ搾汁し、搾り液の一定量を取り、適当な濃度に希釈する。（硝酸イオンの場合：5~225ppmの範囲で測定可能。液温は25℃を目安に調整する。）②測定は、小型反射式光度計（RQフレックス）を用い、硝酸イオン試験紙を調整した試料に浸し、発色（反応時間

：60秒）の程度を測定し、硝酸イオン濃度を調査する。分析値が基準値を下回った場合に追肥を実施する。また、基準値を上回った場合に追肥を中止する。

様々な、野菜で基準値が公表されている（表8-5）。この中で、調査部位については、作物や基準値作成機関によって若干異なる。汁液分析の結果の解釈に一貫性を持たせるためには、サンプリングを一定の条件で行う必要がある。

トマトの栄養診断では、ピンポン玉大に肥大した果房直下の葉柄を用いるが、同一葉内でも採取する部位によって硝酸濃度は異なり、先端部で高く基部側で低い値を示す。

福島県農業試験場においては、栄養診断で用いる葉柄の採取部位は、樹体の硝酸濃度の変化を反映しやすい、本葉中部の小葉の葉柄を調査している。

具体的な基準値の利活用方法としては、地域の栽培法や作型、気象条件を反映させた値を作成するために、一定の方法で分析を継続して、それぞれの数値と生育の状況、収量を検討し、診断基準値を決めていく。取り組み始めは、発表されている基準値の中で自分の作型に近い値を当面の参考にして判断していく。

基準値を超えていれば、窒素の追肥を控え、下回ってれば追肥を実施する。

表8-5 野菜の栄養診断基準値

野菜名	測定部位	作型	収穫期間	測定時期	診断基準値 (硝酸イオン濃度、ppm)	作成県
キュウリ	14～16節の本葉 または その側枝第1葉の 葉柄	促成	2月下旬 ～6月下旬	3～4月 5月 6月以降	3,500～5,000 900～1,800 500～1,500	埼玉
		半促成	3月下旬 ～6月下旬	4月 5月 6月以降	3,500～5,000 900～1,800 500～1,500	埼玉
		抑制	9月下旬 ～11月下旬	9月下旬 ～11月下旬	3,500～5,000	埼玉
トマト	ピンポン玉程度の 果房直下の本葉を 先端から基部に向 けて3等分した先 端部もしくは中央 部の葉柄	促成 (6段摘心)	12月中旬 ～2月上旬	12月中旬 ～2月上旬	1,500～3,000	愛知
		半促成 (6段摘心)	5月中旬 ～7月上旬	5月中旬 ～7月上旬	1,000～2,000	愛知
		促成長期 (12段摘心)	2月下旬 ～7月上旬	2月 3～4月 5～6月	4,000～5,000 2,000～3,500 500～1,500	埼玉
		抑制 (7段摘心)	8月中旬 ～11月中旬	8月中旬 ～9月上旬 9月中旬以降	7,500～9,000 5,000～6,000	茨城
		夏秋 (13段摘心)	6月下旬 ～11月上旬	1～3段果房時 4～10段果房時	7,000未満で追肥 4,000未満で追肥	福島
メロン	果実直下の葉柄	半促成	7月上旬 ～中旬	定植時 開花期 果実肥大期 成熟期 収穫期	3,000～4,000 2,000～3,000 5,000～6,000 2,000～3,000 1,000～2,000	愛知
ナス	最新の展開葉から 数えて3～5葉目 の葉柄	露地	7月上旬 ～10月中旬	7月上旬 ～8月上旬 8月中旬以降	3,500～5,000 2,500～3,500	埼玉 岐阜
イチゴ	最新の展開葉から 数えて3葉目 の葉柄	促成	12月下旬 ～4月下旬	11月上旬 1月上旬 2月上旬以降	2,500～3,500 1,500～2,500 1,000～2,000	埼玉
※汁液は、にんにく絞り器等で搾汁する					(岡本 2005、神奈川県に一部加筆)	

9 養液栽培における養液管理

(1) 用水

養液栽培に用いられる原水の水質は、安定的な栽培を行う上で重要である。

ア 良い水質の条件

- (ア) pHが適正
- (イ) 塩類濃度が低い
- (ウ) 有害物質を含まない
- (エ) 病原菌を含まない
- (オ) 年間を通じ水質、水量が安定している。

イ 水質不良の要因と対策

(ア) ECが高い場合

何らかのイオン濃度が高いことが考えられる。NaやClが高い原水は適さない。これらは作物が吸収しないため、培養液中に蓄積されて濃度が高まってしまうので、他の水源を考える。CaやMgが高い場合は、培養液の調整時にCaやMg量を減量して対応する。

(イ) 重炭酸濃度が高い場合

重炭酸濃度は30～50ppmが適当とされる。重炭酸濃度が高いとpHが高まりやすいため、硝酸やリン酸等の酸を添加し培養液の調整を行う。

具体的には

- a 原水1トンに67.5%硝酸を1mL添加すると重炭酸イオンを0.92ppm減少させるが、肥料成分としてNO₃-Nを0.21ppm増加させるのでその分を考慮して培養液を調整する。
- b 原水1トンに75%リン酸を1mL添加すると重炭酸イオンを0.74ppm減少させるが、肥料成分としてPO₄-Pを0.37ppm増加させるのでその分を考慮して培養液を調整する。

(ウ) 水道水の場合

残留塩素が高い場合には根をいためることがある。その場合はチオ硫酸ナトリウムで中和する。

(エ) 鉄分、粘土分

鉄は酸化鉄となり、粘土と同様ドリップなどの目づまりをおこす。曝気や沈殿処理を行う。

などがあげられる。

表9 - 1 養液栽培に使用する原水の基準値

項目	単位	基準A	基準B	基準C	限界(x)	
pH		6~7.2	5~7.5	<8	>8	
EC	dS/m	<0.2	<0.3	<0.6	>0.6	
HCO ₃	重炭酸	ppm	30~60	20~120	<180	>180
NO ₃ -N	硝酸態窒素	ppm	<5	<10	<50	>50
NH ₄ -N	アンモニア態窒素	ppm	<2	<5	<10	>10
PO ₄ -P	リン	ppm	<6	<13	<17	>17
Ca	カルシウム	ppm	<20	<50	<80	>80
Mg	マグネシウム	ppm	<10	<25	<40	>40
K	カリウム	ppm	<5	<10	<15	>15
Na	ナトリウム	ppm	<10	<50	<80	>80
Fe	鉄	ppm	<0.1	<1.0	<10	>10
Mn	マンガン	ppm	<0.2	<0.5	<1.0	>1.0
Zn	亜鉛	ppm	<0.05	<0.07	<0.2	>0.2
Cu	銅	ppm	<0.05	<0.07	<0.1	>0.1

基準A 培養液処方の修正無しで使用可能
 基準B 場合により単肥を用いて処方を修正
 基準C 単肥を用いて処方を修正
 基準x 限界値オーバー
 (宮城県養液栽培指導ガイドブックを一部改による)

(2) 培養液の調整

現在、養液調整は市販の物を用いている場合が多いが、肥料コストの低下や品質向上のために、単肥を用いて吸収特性に合わせた培養液の調整が今後必要になってくる。

そのため、培養液や原水の分析診断が必要になるが、その際、農業試験場で開発した養液分析後のデータ処理と培養液の診断作業を効率化するための「養液分析診断支援システム」(2004普及成果)を利用すると良い。

なお、単肥による培養液調整の計算は次の手順で行う。

表9 - 2 単肥による培養液計算用シート

		NO3-N	P	K	Ca	Mg	NH4-N	SO4-S	HCO3	EC	pH	
原水	(ppm)	1.0	0.0	1.9	26.0	13.3	0.0*		80.0	0.30	6.7	
	(me)	0.1	0.0	0.0	1.3	1.1	0.0	0.0				
処方	(ppm)	140.0	41.2	226.8	100.0	30.5	14.0	0.0				
	(me)	10.0	4.0	5.8	5.0	2.5	1.0	0.0	30 ppm	残すべき重炭酸量		
肥料目標(処方-原水)	(me)	9.9	4.0	5.8	3.7	1.4	1.0	0.0	50 ppm	酸で中和する量		
	(ppm)	139.0	41.2	224.9	74.0	17.2	14.0	0.0				
タンク	10t分 (濃液100% x 100倍)											
	1t分	NO3-N	P	K	Ca	Mg	NH4-N	SO4-S	HCO3中和	肥料成分	比重	HCO3中和量
AB	0.27 硝酸67.5%	1/2 27.2 ml	1/3 5.7						25.0	NO3-N 15.0%	1.4	0.92 ppm/ml
A	0.34 正磷酸75%	1/2 33.8 ml	1/3 12.8						25.0	PO4-P 24.0%	1.58	0.74 ppm/ml
A	1.76 kg 硫酸マグネシウム	1/2 175.5 g				17.2		1/3 22.6		SO4-S 12.9% Mg 9.8%		
B	3.98 kg 硝酸カルシウム	1/2 397.8 g	1/3 57.3		74.0		1/4 4.4			NO3-N 14.4% Ca 18.6% NH4-N 1.1%		
A	0.00 kg 硝酸アンモニウム		0.0							NO3-N 17.5% NH4-N 17.5%		
AB	5.55 kg 硝酸カリウム	1/2 554.7 g	1/3 76.0		212.5					NO3-N 13.7% K 38.3%		
A	0.79 kg リン酸1アンモニウム	1/2 79.3 g	1/3 21.3				9.6			PO4-P 26.8% NH4-N 12.1%		
A	0.31 kg リン酸1カリウム	1/2 31.3 g		1/3 9.0						PO4-P 22.7% K 28.7%		
A	0.08 kg 硫酸カリウム	1/2 7.6 g			3.4			1/3 1.4		SO4-S 18.4% K 44.9%		
	重炭酸カリウム									HCO3 60.9% K 39.1%		
肥料計	(ppm)	139.0	41.2	224.9	74.0	17.2	14.0	24.0				
施用液(肥料+原水)	(ppm)	140.0	41.2	226.8	100.0	30.5	14.0	24.0				
	換算	14.0	10.3	39.1	20.0	12.2	14.0	16.0				
	(me)	10.0	4.0	5.8	5.0	2.5	1.0	1.5				
	充足率	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	#DIV/0!				
									1/2			
									計算EC			
									1.43 1.5502			
										k/n	1.4698	
										k/Ca	3.0389	

< 計算の手順 >

用紙に原水の成分を記入する

目標処方を入力する

目標の処方からあらかじめ原水に含まれている成分量を差し引き、肥料として添加が必要な量（肥料目標）を計算する

原水の重炭酸濃度が高い場合、酸を添加するが、残したい重炭酸イオン濃度を決めておく（ここでは30ppm残すことにする）。

原水の重炭酸イオン濃度から残す濃度を差し引き、酸で消費する濃度を定める。

$$\text{(原水HCO}_3^- \text{ - 80ppm - 残HCO}_3^- \text{ - 30ppm = 消費HCO}_3^- \text{ - 50ppm)}$$

消費する重炭酸イオン濃度の半分を硝酸で行うことにして、必要な硝酸の量を算出し、同時に肥料として入るNO₃-Nの量を計算する。

$$\text{(消費HCO}_3^- \text{ - 50ppm} \div 2 = 25\text{ppm)}$$

$$\text{(} \div 2 \text{ 25ppm} \div \text{中和量0.92ppm/L} = \text{硝酸の量27.2ml)}$$

$$\text{(} \div 3 \text{ 27.2ml} \times \text{比重1.4} \times \text{成分0.15} = \text{NO}_3\text{-N 5.7ppm)}$$

残り半分を同じようにリン酸で消費し、同時に肥料として入るPの量を計算する。

$$\text{(消費HCO}_3^- \text{ - 50ppm} \div 2 = 25\text{ppm)}$$

$$\text{(} \div 2 \text{ 25ppm} \div \text{中和量0.74ppm/L} = \text{リン酸の量33.8ml)}$$

$$\text{(} \div 3 \text{ 33.8ml} \times \text{比重1.58} \times \text{成分0.24} = \text{P 12.8ppm)}$$

肥料目標のMg濃度から必要な硫酸マグネシウム量を算出する、また同時に入るSO₄-Sを計算する。

$$\text{(目標Mg濃度} = 17.2\text{ppm)}$$

$$\text{(} \div 2 \text{ 17.2ppm} \div \text{成分0.098} = \text{硫酸マグネシウム量175.5g)}$$

$$\text{(} \div 3 \text{ 同時に入るSO}_4\text{-Sは } 175.5\text{g} \times \text{成分0.129} = 22.6\text{ppm)}$$

肥料目標のCa濃度から必要な硝酸カルシウム量を算出する、次に同時に入るNO₃-N、NH₄-Nを計算する。

$$\text{(目標Ca濃度} = 74\text{ppm)}$$

$$\text{(} \div 2 \text{ 74ppm} \div \text{成分0.186} = \text{硝酸カルシウム量397.8g)}$$

$$\text{(} \div 3 \text{ 同時に入るNO}_3\text{-Nは } 397.8\text{g} \times \text{成分0.144} = 57.3\text{ppm)}$$

$$\text{(} \div 4 \text{ 同時に入るNH}_4\text{-Nは } 397.8\text{g} \times \text{成分0.011} = 4.4\text{ppm)}$$

肥料目標のNO₃-N濃度から で既に入ったNO₃-Nを差し引いて、加えるべきNO₃-N量をもとめ、必要な硝酸カリウム量を算出する、次に同時に入るKを計算する。

$$\text{(加えるべきNO}_3\text{-Nは } 139\text{ppm} - 5.7\text{ppm} - 57.3\text{ppm} = 76\text{ppm)}$$

$$\text{(} \div 2 \text{ 76ppm} \div \text{成分0.137} = \text{硝酸カリウム量554.7g)}$$

$$\text{(} \div 3 \text{ 同時に入るKは } 554.7\text{g} \times \text{成分0.383} = 212.5\text{ppm)}$$

肥料目標のNH₄-N濃度から で既に入ったNH₄-Nを差し引いて、加えるべきNH₄-N量をもとめ、必要なリン酸1アンモニウム量を算出する、次に同時に入るPを計算する。

$$\text{(加えるべきNH}_4\text{-Nは } 14\text{ppm} - 4.4\text{ppm} = 9.6\text{ppm)}$$

$$\text{(} \div 2 \text{ 9.6ppm} \div \text{成分0.121} = \text{リン酸1アンモニウム量79.3g)}$$

$$\text{(} \div 3 \text{ 同時に入るPは } 79.3\text{g} \times \text{成分0.268} = 21.3\text{ppm)}$$

肥料目標のP濃度から で既に入ったPを差し引いて、加えるべきP量をもとめ、必要なリン酸1カリウム量を算出する、次に同時に入るKを計算する。

(加えるべきPは $41.2\text{ppm} - 12.8\text{ppm} - 21.3\text{ppm} = 7.1\text{ppm}$)

(/2 $7.1\text{ppm} \div \text{成分}0.227 = \text{リン酸1カリウム量}31.3\text{g}$)

(/3 同時に入るKは $31.3\text{g} \times \text{成分}0.287 = 9.0\text{ppm}$)

肥料目標のK濃度から で既に入ったKを差し引いて、加えるべきK量をもとめ、必要な硫酸カリウム量を算出する。次に同時に入るSO₄-Sを計算する。

(加えるべきKは $224.9\text{ppm} - 212.5\text{ppm} - 9.0\text{ppm} = 3.4\text{ppm}$)

(/2 $3.4\text{ppm} \div \text{成分}0.449 = \text{硫酸カリウム量}7.6\text{g}$)

(/3 同時に入るSO₄-Sは $7.6\text{g} \times \text{成分}0.184 = 1.4\text{ppm}$)

各肥料成分を合計する。

の計に原水成分を加える。

me/Lに換算して、ECも予想できる(後述)。

【注意】

酸で重炭酸を消費させた設計は、計算時のECでのみ使えるものであり(そのままの肥料配合で希釈濃度を変えると重炭酸を消費しすぎたり、消費しなかったりする)、ECを変えたい時には再計算する必要がある。

表9-3 肥料成分の単位間換算係数

		N	P P ₂ O ₅	K K ₂ O	Ca CaO	Mg MgO	S SO ₄
元素 (mg)	酸化物 (mg)		× 2.295	× 1.205	× 1.399	× 1.658	× 3.003
酸化物 (mg)	元素 (mg)		× 0.437	× 0.830	× 0.715	× 0.603	× 0.334
元素 (mg)	元素 (me/L)	÷ 14.0	÷ 10.3	÷ 39.1	÷ 20.0	÷ 12.2	÷ 16.0
酸化物 (mg)	元素 (me/L)	× 0.0714	× 0.0423	× 0.0212	× 0.0357	× 0.0498	× 0.0208
元素 (me/L)	元素 (mg)	× 14.0	× 10.3	× 39.1	× 20.0	× 12.2	× 16.0
元素 (mg)	元素 (mM/L)	÷ 14.0	÷ 31.0	÷ 39.1	÷ 40.1	÷ 24.3	÷ 32.1

(3) 培養液の管理

ア EC

一般にECを指標にし濃度調整を行う。

養液栽培に用いる肥料塩は全て水に溶かすと正と負のイオンに電離する。また、溶けているイオンの量が多いほどEC(電気伝導度)は大きくなることからECは培養液中の総イオン量を示す目安となるため、養液栽培における培養液管理の目安になる。

個々の肥料成分の濃度を表す単位にme/Lがあるが、この濃度で表した培養液中のアニオ

ン濃度の合計あるいはカチオン濃度の合計を 1/10 するとおよそその培養液の EC (dS/m) となる。

表 9 - 4 代表的作物の好適 EC

作物名	好適 EC
トマト	1.2 ~ 3.5
キュウリ	1.2 ~ 2.5
メロン	2.0 ~ 3.0
ナス	1.7 ~ 2.0
イチゴ	0.6 ~ 1.5
ミツバ	2.4 ~ 4.5
サラダナ	1.0 ~ 2.5
ハウレンソウ	1.8 ~ 3.0
ハネギ	1.0 ~ 3.0
チンゲンサイ	2.0 ~ 2.4
バラ	1.2 ~ 2.5

(養液栽培マニュアル 2 1 (日本養液栽培研究会編)から抜粋)

イ pH

pH は 5 ~ 7 の範囲で酸 (硝酸やリン酸) とアルカリ (水酸化カリウムや水酸化ナトリウム) で調整する。pH は以下のような原因で変動するので随時監視する必要がある。

- (ア) 原水中に含まれる重炭酸イオンが多いと上昇しやすい。
- (イ) 作物が陽イオンを吸収すると pH は低下し、植物が陰イオンを吸収すると pH は上昇するが、このバランスによって pH は変動する。
- (ウ) 根から分泌される酸や根の腐敗による有機酸によって低下する。
- (エ) 培地の化学性により変化する。随時監視する必要がある。

ウ 培養液成分バランスの管理

本来、正常な植物の生育時に吸収する栄養分量をもとに考えられた植物に適した組成の培養液を使用した場合でも、原水の水質が影響したり、給液する培養液の組成と、作物の吸収する組成が必ずしも一致しない事が多い。そのため、吸収により不足する成分や、吸収が少なく余剰蓄積する成分により、ベッド内の培養液の組成は次第に作物に適さない状態になる。そこで、以下のような管理を行う。

(ア) 湛液式水耕・NFT 等の肥料成分バランス維持の方法

植物の吸収により培養液組成の乱れた培養液を一定期間毎に廃棄し、新たに培養液を作り直すことによって培養液組成を保つ。湛液式で数ヶ月に 1 回、NFT で数週間に 1 回程度行う。培養液全量を一度に交換する場合や、培養液の 1/2 ~ 1/3 量を交換する場合がある。

(イ) ロックウール栽培等の場合

ベッド内で組成の乱れた培養液を押し流すように、植物が吸収する以上の多量の培養液を給液する事でベッド内の培養液組成を保つ。一般的に、給液量の30%程度が排液として押し出される位の量を給液する。

環境影響を考えると、培養液の廃棄、排液をできるだけ少なくするよう、培養液の分析等を行いながら、必要以上の排出がないように管理すべきである。

培養液の分析は、基本的にはS P A D総合分析機で行えるが、最近の簡易測定機（R Qフレックスやコンパクトイオンメータなど）でも成分によっては可能であるので、指導に役立てる。

表9 - 5 栽培中の培養液組成乱れの許容範囲

作物	比較の基準	NO ₃ - N	P	K	Ca	Mg	NH ₄ - N
トマト ロックウール栽培	(給液の処方を100%とした場合)	75 ~ 125%	50 ~ 100%	50 ~ 100%	100 ~ 150%	100 ~ 300%	-
葉ネギ 水耕栽培	(未使用の大塚A処方を100%とした場合)	53 ~ 100%	37 ~ 100%	-	100 ~ 123%	100 ~ 197%	33 ~ 100%
葉ネギ 水耕栽培	(未使用のネギ処方を100%とした場合)	37 ~ 100%	100 ~ 152%	-	100 ~ 165%	100 ~ 184%	45 ~ 100%