Ⅳ　肥料コスト低減のための施肥技術

1　肥料コスト低減のための効率的な施肥

（1）施肥の考え方

作物の吸収に過不足のない施肥を行うことが施肥の基本である。すなわち、各生育時期ごとにどれくらいの養分を吸収すれば良いかを考える必要がある。もちろん、施肥量を増やせば単純に作物収量が多くなるというものではなく、適正施肥を越えると逆に減収することになる。図 4-1 のように、施肥量を増加させるにつれて収量も増加し、最高収量に達するが、それ以上施用しても収量に変化のない領域がある。これを最高収量域という。この最高収量域、つまり、最高に達した後減収を迎えるまでの領域はぜいたく吸収域であり、多くのほ場ではこのレベルまでの施肥が行われている。今後、無駄な施肥を防ぎ、施肥コストを低減させるためには、最高収量の 80%から 100%までの収量が得られる領域（環境保全適正域）に入るような施肥設計が必要である。県が定めている施肥基準は、県内の土壌肥沃度を基本に環境保全適正域に入るための適正施肥量を示しており、参考にされたい。

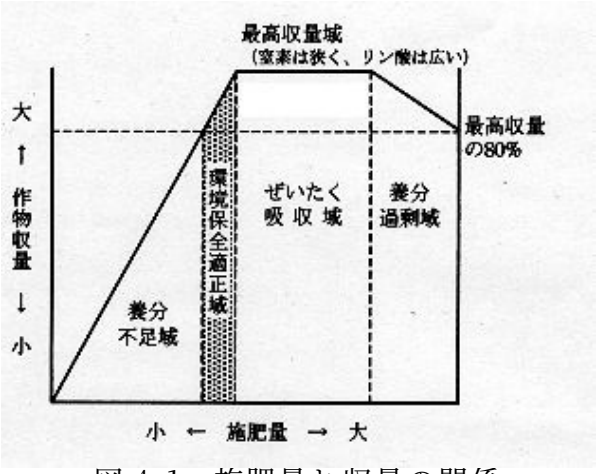


図 4-1　施肥量と収量の関係
（藤原、1986 を一部改変）

上で述べた施肥基準は、土壌の養分状態がその作物にとって最善であることが前提として決められている。したがって、自分のほ場の土壌診断を行い、その結果、栽培しようとする作物の土壌診断基準値（適正範囲）内に入っていることを確認の上、施肥する必要がある。基準値から外れている場合には、欠乏であれば施肥をし、過剰であれば施肥量を減らすあるいは無くす必要がある。Ⅲで述べたように、県内土壌はほ場によって養分の蓄積が進んでいるところも多く見受けられる。したがって、効率的な施肥を進めるためには、土壌診断を実施し、施肥の無駄を省く努力が必要である。

また、本県は、畜産が盛んであり、家畜排せつ物の発生量も多い。その量は使用されている肥料成分量に匹敵する。家畜ふんたい肥の利用は、主に物理性の改良（保水性、透水性、団粒構造の発達）に主眼が置かれており、作物が生育するのに必要な養分を含んでいることが見落とされていることが多い。その結果、家畜ふんたい肥の施用に上乗せした形で、土壌改良資材や肥料を施用することに

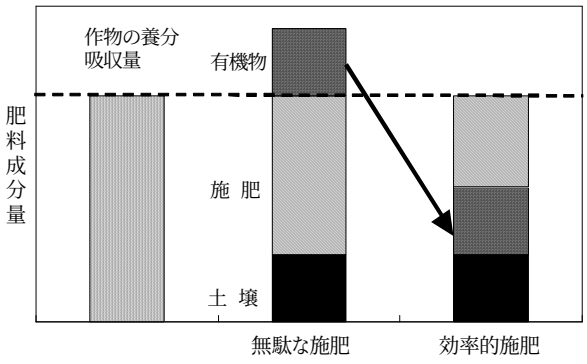


図 4-2　施肥の考え方（日置、2001 を改変）

なるため、それら全体として投入成分量が過剰となり、環境の悪化等さまざまな弊害を招く結果となる。これからは、これらの有機質資源を利用するにあたっては、その中に含まれる肥料成分量とそれらの施用により高まった地力を考慮し施肥設計を行っていく必要がある（図 4-2)。

（２）施肥コスト低減に向けた施肥設計フロー

無駄のない施肥設計を行うためのフローを図 4-3 に示す。はじめに、作付けようとするほ場の土壌診断を行い、その結果に基づいて施肥設計を行う（Ⅳ-3 を参照)。さらに、たい肥等有機物を施用する場合には、土壌診断の結果とともにたい肥の肥料成分を考慮した施肥設計を行う（Ⅳ-4 を参照)。

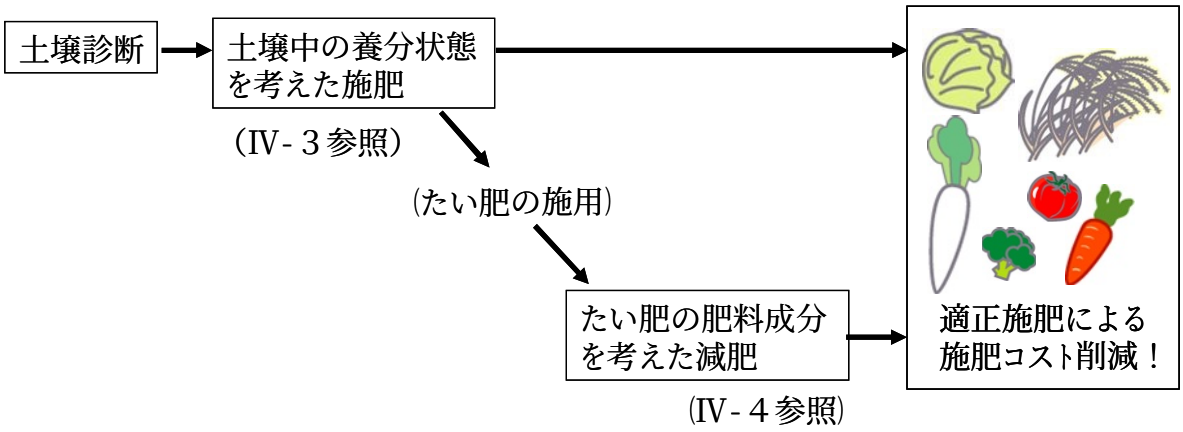


図 4-3　施肥コスト低減のための施肥設計フロー

2　土壌診断の実施

（１）採土方法

土壌診断を行うためには土壌分析が必要である。土壌分析のための土壌の採取は、ほ場の性質を代表するように以下のとおり行う。

ア　水田及び露地畑土壌

場所による差を小さくするために、ほ場の対角線に 5 か所から採取しよく混ぜる。

イ　施設野菜土壌

前作物収穫後の畝内の養分分布は変動が大きいため、均一になるよう注意して採土する。できれば耕起砕土後が土壌養分が均一化しているため望ましいが、施肥後に耕起する場合が多いので注意する。

ウ　樹園地土壌

代表的な 5～6 本の樹を選定し、その樹の樹冠先端から 30cm 位内側の 3 か所について表土（作土）と下層土を別々に採取する。永年性作物の活性根は深さ 20～40cm にも多く分布するので作土層だけでなくこの部位も採土する。

いずれの場合も土壌表面は雑多なもの（敷わら等）が付着したり、肥料成分の集積が認められる場合があるので、移植コテで 2～3mm はがして取り除き、その下の作土層から土壌を採取する。採取した土壌は、2mm のふるいを通して分析に用いる。

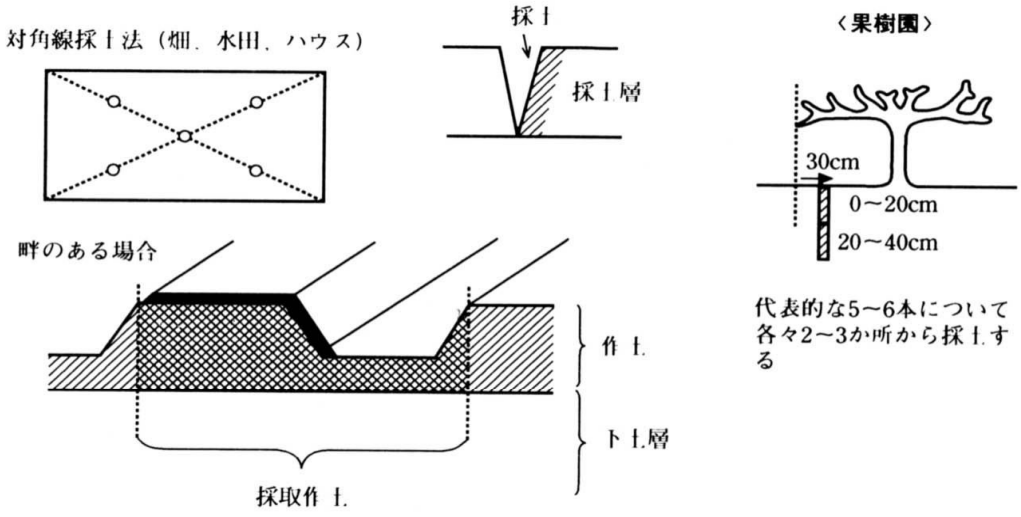


図 4-4　採土の方法（「土壌診断の方法と活用」より一部改変）

（２）土壌診断基準値の読み方

次に、土壌分析結果を土壌診断基準値（「平成 17 年度版農作物の施肥基準」参照）と照らし合わせて、有機質資材及び施肥量の加減を行う。この基準値は、作物を栽培するにあたって、栽培前の土壌の化学性を当該作物の生育に最善の土壌化学性とするためのもので、各作物ごとに適正値の上限と下限が設定されている。作付け前の土壌化学性がこの範囲にある時には、施肥基準通りの施肥を行えば、過不足のない施肥が行える。

ア　ｐＨ

pH は、土壌中の水素イオン濃度の大小を示す指標であり、水素イオン濃度の逆数の対数で示される。土に水を加え攪拌した懸濁液中に水素イオンが多い場合、pH は低い数値を示し、少ない場合は高い数値を示す。作物生育に好適な pH は、一般に 6.0～7.0 の範囲にあるが、作物によって適する pH は少しずつ異なっている（表 4-1）。

表 4-1　各種作物の好適 pH（H_2O）（「土壌診断の方法と活用」より）

pHに対する程度	植物の種類		
	野菜類・イモ類	花き・観葉・花木類	穀物・牧草・他
低pHに強い（4.0～5.0）	ジャガイモ、サトイモ	ツツジ、アナナス、ツバキ、エリカ、アジアンタム、コリウス	チャ、タバコ、リーピン
低pHにやや強い（4.5～6.1）	サツマイモ、ダイコン、カブ、インゲン、ニンジン、キュウリ、パセリ	シクラメン、アンスリウム、コスモス、マリーゴールド、カルミア	チモシー、コムギ
低pHにやや弱い（5.5～6.5）	トマト、ナス、キャベツ、カリフラワー、ブロッコリー、セルリー、エンドウ、メロン、ソラマメ	パンジー、ゼラニウム、カンナ、スイセン、ポインセチア	クローバー、アズキ、レンゲ
低pHに弱い（6.0～7.0）	ホウレンソウ、タマネギ、ネギ、ゴボウ、アスパラガス、トウガラシ、レタス	プリムラ、サボテン、クロッカス	オオムギ、ハダカコムギ、ビート

大部分の元素は、pH6～7で可溶化する割合が高い（図 4-5）。窒素・リン酸・イオウはこの傾向が大きい。リン酸は pH6 以下では鉄、アルミニウムと結合して、pH8 付近ではカルシウムと結合して沈でんをつくり、それぞれ利用度が減少する。鉄・マンガン・銅・亜鉛は酸性側で可溶化し、アルカリ側では不溶化する。モリブデンでは酸性になるにしたがって、鉄・アルミニウムと結合して沈でんする。ホウ素、亜鉛、モリブデン等微量要素の欠乏症状は、土壌 pH を適性に保つことで回避できる場合が多い。

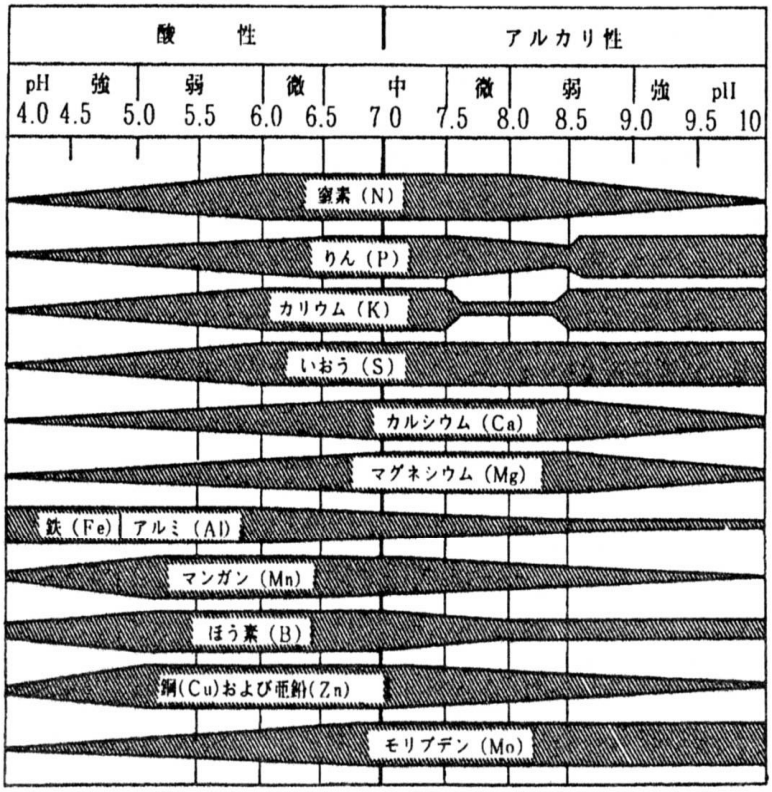


図 4-5　土壌の pH と肥料要素の溶解・利用度（Truog）

イ　ＥＣ（電気伝導度）

EC は、溶液中に溶け出ているイオンの量をその電気の通りやすさで示したものである。純水はほとんど電気を通さないため小さな数値を示すが、溶けでているイオン量が多いほど高い数値を示す。すなわち、EC が高い土壌は、残存している肥料の量が多いことを示している。EC が低すぎれば土壌中の肥料分が少なく生育不良になり、高すぎれば濃度障害で発芽障害や根痛みによる生育阻害を起こす可能性がある。

一般的に、EC が高い土壌は主に硝酸イオン、つまり窒素が土壌に残存していると考えられる。したがって、作付け前の EC 値から基肥の窒素量を加減できる。EC が硝酸イオンによって高くなっている場合、概ね 1.7dSm^{-1}（乾土 1：水 2.5 の数値）＝硝酸態窒素約 20kg/10a と換算できる。しかし、干拓地土壌では塩素イオンとの相関が、施設土壌の場合には硫酸イオンとの相関が高い場合がある。このため、施設の場合には、硝酸態窒素濃度を直接測定し、基肥窒素量を加減する。

ウ　陽イオン交換容量（ＣＥＣ）

粘土と腐植は、マイナスの電気（荷電という）を帯びている。この電気の量が多いほど土壌中で水の中に存在するプラスのイオン、例えばカルシウム、マグネシウム、カリウムなどのイオンをたくさん保持することができる。これらを保持できる最大量を陽イオン交換容量（CEC）という。その単位は土壌 100ｇ当たりの me（ミリグラム当量）で示す。CEC が大きな土は、肥料成分をたくさん保持することができる。

エ　交換性塩基・塩基飽和度・塩基バランス

マイナスに荷電した粘土や有機物に保持されているカルシウム、マグネシウム、カリウムなどの塩基を交換性塩基という。この塩基は作物によって利用可能な養分量である。

CEC が交換性塩基で満たされている割合を%で示した数値が塩基飽和度である。塩基飽和度は pH と関係があり、飽和度が高い土壌では pH は高くなる。一般に、飽和度が 80%程度の土壌では、pH が 6.0～6.5 の弱酸性となり多くの作物に適した pH となる。しかし、CEC が 10me/100g 以下の保肥力の小さな土壌では、飽和度 80%では石灰不足を起こすことがあるため、飽和度 100%以上が適正値となる。また、塩基飽和度は、窒素肥料を施用した時の障害の発生の有無にも関係する。例えば、塩基飽和度が 90%の土壌では、アンモニアを吸着保持するゆとりがないために、アンモニアが土壌溶液中に高濃度で溶け出し、濃度障害やガス害、微生物活性や作物の養分吸収に影響を及ぼす場合がある。

一般に、各塩基の飽和度が、石灰 50%、苦土 0～25%、カリ 5～10%の場合、塩基バランスがとれていると言われているが、当然その量は土壌の CEC によって異なる。これらの塩基バランスは、それぞれの塩基の当量比で示す場合もあり、石灰苦土比(CaO/MgO)は 2～5、苦土カリ比(MgO/K_2O)は 2～3 に保つように注意する（CaO、MgO、K_2O の当量は、重量をそれぞれ 28,20.15,47.1 で割った値である）。もし、石灰、苦土が基準値以上あってもバランスが悪ければ、石灰または苦土を施用する。このバランスが崩れた場合、作物による養分の吸収阻害などが起こる。例えば、カリが多い場合、石灰や苦土の吸収阻害が、石灰が多い場合、カリや苦土の吸収阻害が起こる（図 4-6）。

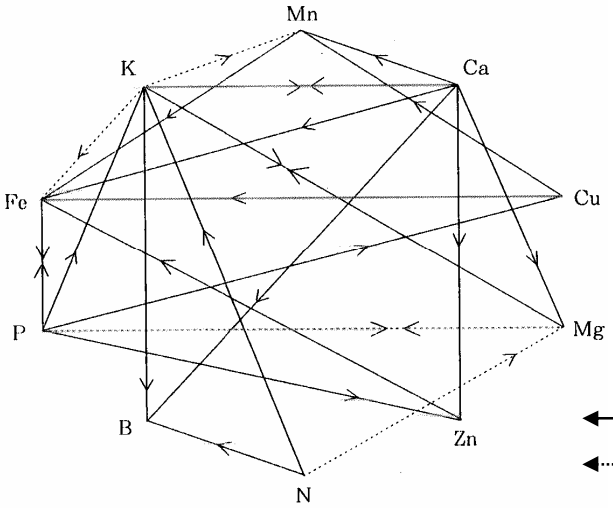


図 4-6　要素の相互作用（Truog、1948）

オ　無機態窒素

作物に吸収される窒素の形態は、一般的に畑では硝酸態窒素、水田ではアンモニア態窒素で、いずれも無機態の窒素である。土壌中にある有機態の窒素（地力窒素）は、乾湿のくり返しや地温の上昇、アルカリの添加により一部は分解されやすい形態に変化し、作物に利用される。栽培ほ場では、作物残さ、たい肥、有機質肥料など土の中にはさまざまな種類の有機物が入る。それら有機物は土壌中の動物や微生物の餌とな

り分解されていく。有機物が分解されると有機物中の窒素はアンモニウムイオンになる。そして、畑土壌においては、さらに硝酸化成菌によって硝酸イオンになる。アンモニウムイオンが硝酸イオンに変化する過程を硝酸化成という。この硝酸化成は硫安のようなアンモニア肥料を施用した場合も、尿素が土壌中で分解されてアンモニア態窒素になった場合も同様に起こる。このようにいろいろな形で存在する土壌中の窒素は、それぞれ異なった挙動を示す。アンモニア態窒素はプラスのイオンであるため、土に保持されるが、硝酸態窒素はマイナスのイオンであるため土に保持されることはない。従って、畑地土壌では余分な窒素を施すと、土壌中で硝酸態窒素となり、水に溶け、作物に過剰に吸収されたり、降雨に伴い下方へ移動し、環境を汚染したりする（図 4-7）。一方、水田土壌は、表層土は酸化状態、下層土は還元状態となっている（図 4-8）。

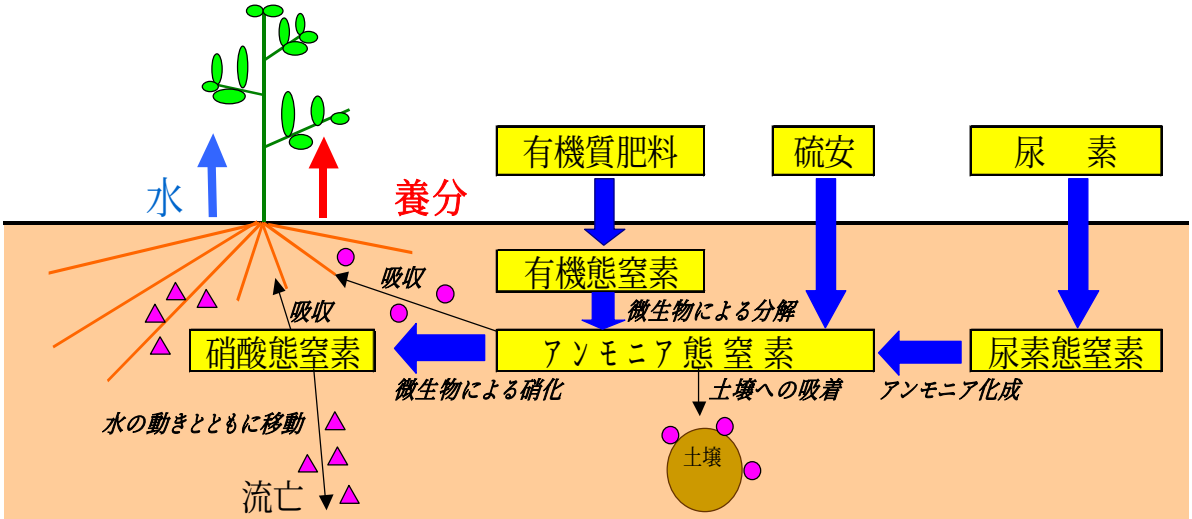


図 4-7　畑土壌中における窒素の動態

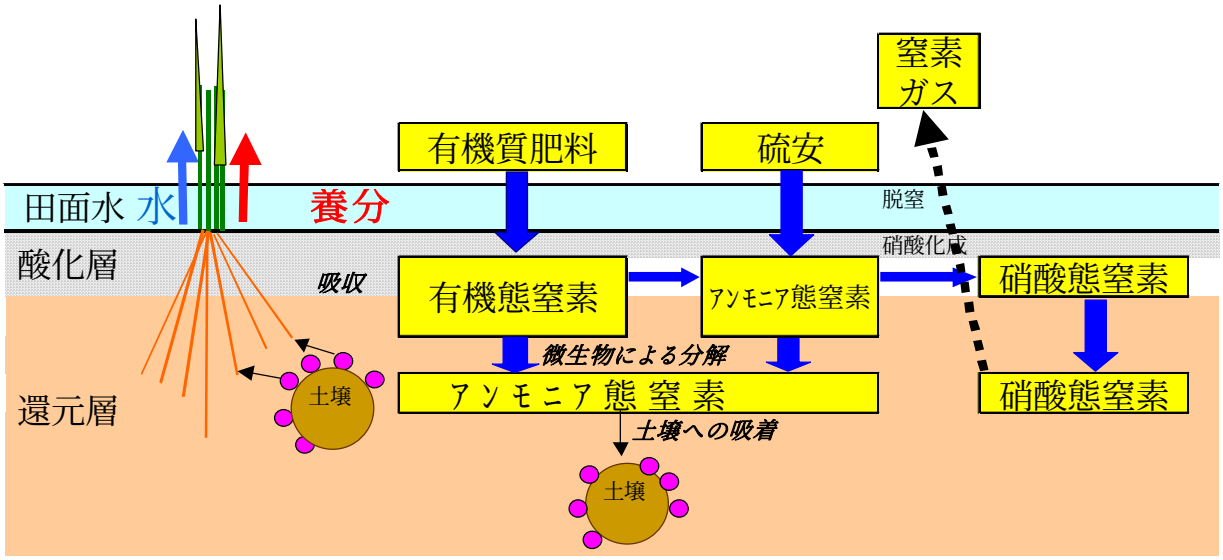


図 4-8　水田土壌中における窒素の動態

そのため表層土では、有機態窒素やアンモニア態窒素も最終的に硝酸態窒素まで酸化される。硝酸態窒素は、その下の還元層に移動する過程で多くの窒素が脱窒菌により窒素ガスとなり田面から揮散する。アンモニア態窒素の形で還元層に施用された窒素は安定した形で存在し、水稲に利用される。

カ　可給態リン酸

土壌中に含まれるリン酸のうち、作物が吸収利用可能なものをいう。通常、薄い硫酸に溶けるリン酸（トルオーグリン酸）で示す。これまで、リン酸が過剰に土壌中に蓄積していても害はないといわれてきたが、リン酸過剰の畑で栽培された野菜中には石灰、苦土、亜鉛、鉄、マンガン等のミネラル含量が少なくなり、タマネギなどでは腐敗球が増加する。

リン酸肥料は、土壌中で水に溶けるとリン酸イオンになるが、リン酸イオンはマイナスイオンであるため、土に保持されない。しかし、リン酸は土壌中のカルシウム、鉄、アルミニウムと強く結合して存在している。特に、鉄やアルミニウムと結合した場合には作物に利用されにくい。そのため、リン酸は他の成分と異なり、施用した層位からほとんど移動せず、根群域外のリン酸は作物に利用されないため、リン酸の土壌への集積はどんどん進んでいる。リン酸資材の有効利用と作物の安定生産のためには、根群の拡大を図るとともに可給態リン酸が適正量以上集積しているほ場では思い切った施用量の削減が必要である。

キ　腐植

土壌中の有機物含量（全炭素含量）を測定し、それに係数（1.73）をかけて腐植の含量としている。土壌の腐植含量はおおよそその色から判断でき、黒みが全くない土壌は１％以下、少し黒みがあれば数%、かなり黒ければ５％程度、真っ黒に近ければ10%前後であると判断できる。一般農耕地では、栽培作物残さ（根も含む）や生き物の死骸だけでは、作物が健全に育つための腐植含量（適正基準は 3～6%）を維持できず、腐植が持つ養分供給能や保肥力、保水力、緩衝力、団粒形成能の維持が難しい。そのため、たい肥等の有機物を毎年施用基準に基づき施用する必要がある。

3　土壌中の肥料成分を考慮した減肥技術

（1）窒素

窒素施用量については、作付け前の土壌中無機態窒素（硝酸態窒素・アンモニア態窒素）濃度を測定し、その量を基肥から削減することができる。また、培養窒素量（30℃4 週間培養して発現する無機態窒素量）を測定した場合は、その量も基肥施用量から減ずることが可能である。例えば硝酸態窒素が 5mg/100g、培養窒素が 5mg/100g であった場合、基肥施用量から 10kg/10a の窒素を削減することができる。土壌中硝酸態窒素濃度は、試験紙や RQ フレックスなどを用いて簡易に測定できる。

一般的に、EC が高い土壌は主に硝酸つまり窒素が土壌に残存している。したがって、作付け前の EC 値から基肥の窒素量を加減できる。EC が硝酸によって高くなっている場合、概ね 1.7dSm^{-1}（乾土 1：水 2.5 の数値）＝硝酸態窒素約 20kg／10a と換算できる。しかし、干拓地土壌では塩素イオンとの相関が、施設土壌の場合には硫酸イオンとの相関が高く、換算ができない。こうしたほ場では、土壌中の硝酸態窒素を直接測定し、基肥量を加減する。

表 4-2　施肥前 EC 値における基肥（N、K）施肥量補正の目安（対基準量）

土の種類	EC（1:2.5）値（dSm^{-1}）				
	0.5以下	0.6～1.2	1.3～2.0	2.1～2.5	2.6以上
腐植質黒ボク土	基準施肥量	2/3	1/2	1/3	無施用
粘質土・細粒沖積土	基準施肥量	2/3	1/3	無施用	無施用
砂質土（砂丘未熟土）	基準施肥量	1/2	1/4	無施用	無施用

（「土壌診断の方法と活用」を改変）

（2）リン酸

土壌診断を実施し、可給態リン酸が基準値内である場合には施肥基準量のリン酸を施用することを基本とする。分析値が基準値上限を超えた土壌では施用量を削減または施用しない（表 4-3、4-4）。

表 4-3　可給態リン酸量にともなうリン酸施用量削減の目安（水稲）

土壌中可給態リン酸含量(mg/100g)	リン酸施用量
20～40	施肥基準量
わらを全量還元する場合：45～ わらを搬出する場合：48～	無施用

表 4-4　可給態リン酸量にともなうリン酸施用量削減の目安（水稲以外）

土壌中可給態リン酸含量(mg/100g)	リン酸施用量
100～200	施肥基準の1/2程度
200～	施肥基準の1/3～無施用

なお、可給態リン酸と併せて次に示すカリ飽和度が基準値上限を超えた場合には、低成分肥料（窒素に対してリン酸、カリの成分量が少ない肥料。L 型肥料と呼ばれることもある。）を利用するとリン酸と同時に加里も減肥することができる。

また、土壌中にリン酸があっても、苦土が欠乏しているとリン酸の吸収が悪い。土壌に苦土が欠乏していないか調べ、少ないようであればリン酸施用と同時に苦土を 10～30kg 施用する。

（３）カリ

カリについては、CEC ごとに示された基準値と比較し施用量を加減する（表 4-5）。その際、石灰・苦土とのバランスを考慮することも重要である。

表 4-5　　交換性カリ飽和度にともなうカリ施用量削減の目安

CEC (me/100g)	交換性カリ飽和度診断基準値(%)	交換性カリ飽和度測定値(%)	カリ施肥量 (kg/10a)
a	適正下限値(b) ～ 適正上限値(C)	適正下限値以下(x)	適正下限値を満たす量(y)＋施用基準量
		適正範囲内	施用基準量
		適正上限値以上(X)	施用基準量－適正上限値を超えた量(Y)

$$y(kg/10a) = \underline{a \times (b-x) \div 100 \times 47} \times (\underline{(100 \times 作土深(cm) \div 10 \times 仮比重)} \div 100)$$

100g 当たり K_2O 不足量(mg)　　10a 当たりの土の重さ(t)

$$Y(kg/10a) = \underline{a \times (X-C) \div 100 \times 47} \times (\underline{(100 \times 作土深(cm) \div 10 \times 仮比重)} \div 100)$$

100g 当たり K_2O 超過量(mg)　　10a 当たりの土の重さ(t)　　47：K_2O の分子量

例えば、キャベツにおいて、作土の深さが 20cm、仮比重が 1.1、CEC が 15me/100g のほ場のカリ飽和度が 10%であった場合、式①により土壌中には基準値よりも 8.5mg/100g 多く存在することになる。仮に栽培ほ場の土壌が比重１、作土深 10cm の場合、8.5mg/100g をそのまま 8.5kg/10a と読み替えることができる（10a(1,000m^2)の土の重さは 100t であり、mg/100g をそのまま kg/10a と読み替えることができる）。しかし、実際のほ場の作土が比重 1.1、作土深 20cm の場合、10a の土の重さは 220t である。したがって、このほ場の場合のカリ超過量は、式②により 18.7kg/10a となる。よって相当分の量を施肥基準量から差し引いて施肥することが可能である。計算例は以下のとおりである。

式①・・・　$15 \times (10-8.8) \div 100 \times 47 = 8.5(mg/100g)$

10a の土の重さは $100 \times 20 \div 10 \times 1.1 = 220$ t であることから

式②・・・　$8.5 \times (220 \div 100) = 18.7(kg/10a)$

なお、上述したとおり、カリ飽和度と併せて可給態リン酸が基準値上限を超えた場合には、低成分肥料を利用するとカリとリン酸を同時に減肥することができる。

（4）石灰・苦土・ケイ酸

石灰、苦土についても、土壌診断を実施し、CEC ごとに示された基準値と比較し施用量を加減する。

水稲におけるケイ酸についても同様である。

4　有機質資材の施用と減肥方法

（1）有機質資材施用量の決定

有機質資材を施用するに当たっては、品質の良い有機質資材だからといってたくさん施用すれば良いというものではない。適正量よりも多い量を施用すると、土壌中の肥料成分蓄積・成分のアンバランス、環境への負荷増大、重金属の蓄積等々を招き、施用の目的とは反対に養水分管理コントロールがしにくい土となる恐れがある。そのため、有機質資材施用基準（表 4-6）に基づいて施用量を決定する。

表 4-6　各種有機質資材等の施用基準

単位 kg/10a･年（現物あたり）

資材名	作目											
	水稲	麦	豆類雑穀	飼料作物	露地野菜		施設			樹園地		
					葉菜類	果菜類	野菜	花き	果樹	果樹	茶	桑
稲わら	600[1)]	600	600	－	500	500	1,000	1,000	1,000	500	500	500
麦わら	500	500	500	－	300	300	500	500	500	300	300	300
もみがら[2)]	500	500	500	－	500	500	500	500	500	500	500	500
青刈作物[3)]	1,000	1,000	4,000	－	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	－	4,000
バーク堆肥	2,000	2,000	3,000	－	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
牛ふん堆肥	2,000	2,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
乾燥牛ふん	1,000	1,000	1,500	1,500	1,500	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
豚ふん堆肥	1,000	1,500	1,500	2,000	2,000	2,000	1,000	1,000	1,000	1,500	1,500	1,500
乾燥豚ふん	500	700	700	1,000	1,000	1,000	500	500	500	700	700	700
発酵鶏ふん	300	300	300	600	600	600	400	400	400	400	400	400
乾燥鶏ふん	200	200	200	300	300	300	200	200	200	200	200	200
汚泥類 4)	使用しない	使用しない	500	500	500	500	250	250	250	500	500	500

注 1) 全量すき込みを原則とするが、グライ土では300kg/10a以内を冬季までに施用することとし、強グライ土では施用しない。

2) 水田では、冬季までに施用、畑地の土壌消毒後は十分ガス抜きを行う。

3) 原則として生育全量をすき込むが、多量にすき込む場合は、作付け1か月前までを目安とする。水田にレンゲをすき込む場合は、移植２週間前までに行う。

4) 生汚泥は施用しない。また、転換畑では施用しない。

（２）有機質資材施用時の簡便な減肥方法

個々のほ場での施用に当たっては、土壌の養分状態と有機物の特性とをよく把握することが大切である。まず、作付け前の土壌診断結果を基に過剰蓄積している成分は減肥する。次に、施用する有機質資材の成分含量を考慮してさらに減肥できる量を決定する。例えば、家畜ふんたい肥を施用する場合、窒素以外のリン酸、カリ、石灰及び苦土については、その肥効率（化学肥料の肥効を 100 とした場合の当該資材の肥効程度）が全たい肥共通であるため、次式により減肥可能量を算出する。

窒素については、その肥効率が各たい肥の炭素窒素比（C/N 比）により異なるため（図 4-9）、簡便な方法としては下の枠内の式を用いて算出し、精度高く求める方法としては、Ⅳ-6-(1)に示されている施肥診断プログラムを利用する。

また、有機質資材は連用することにより、施用ほ場の窒素供給量が増える。そのため、数年ごとに培養窒素などの土壌診断を実施し、結果に応じて減肥することが重要である。

たい肥乾物１t当たり肥料代替量(kg/10a)
＝たい肥中成分含量(乾物%)×肥効率(%)×０．１

肥効率は、化学肥料の肥効を100とした場合の当該資材の肥効程度を示す。
窒素　　：C/N比によって異なる（図4-9参照）
リン酸　　：６０%
カリ　　：９０%
石灰・苦土：１００%

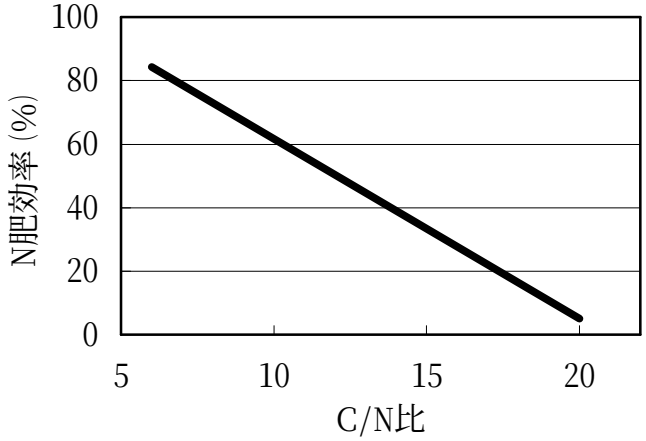


図 4-9　有機物資材の C/N と窒素無機化率との関係

【具体例】

右のような表示がある豚ふんたい肥を現物で 500kg/10a 利用する場合の減肥方法の例を示す。

窒素の肥効率は、C/N 比が 12.0 であることから図 4-9 を参考に 50%と推定できる。したがって、「たい肥乾物 1ｔ当たりの基肥窒素代替量(kg/10a)＝たい肥中窒素含量(%)×肥効率(%)×1/10」に数値を当てはめると、3.5×50×0.1＝18.5kg/10a となる。この量は、乾物 1t(1,000kg)当たりで示されているため、実際の減肥量は以下の計算により求める。水分 35%の現物 500kg は、乾物 500×（100-35）/100＝335kg に相当するため、18.5×335/1,000＝6.2kg/10a となり、基肥に用いる窒素肥料を 6.2kg 減肥すればよいことになる。

肥料取締法に基づく表示	
肥料の名称	たい肥
肥料の種類	豚ふんたい肥１号
届出をした都道府県	愛知県第○○○号
表示者の氏名又は名称及び住所	○○畜産組合 愛知県○○市○○町○○番地
正味重量	○○kg
生産（輸入）した年月日	平成○○年○○月
主要な成分の含有量等（乾物あたり）	
窒素全量	３．５％
りん酸全量	６．０％
加里全量	２．８％
炭素窒素比 （C/N比）	１２．０
水分含有量	３５％
原料	
豚ふん	

同様にリン酸の場合、全リン酸含量 6.0%、肥効率 60%から、6.0×60×0.1＝36.0kg/10a、36.0×335/1,000＝12.1kg/10a、カリの場合、全カリ含量 2.8%、肥効率 90%から、2.8×90×0.1＝25.2kg/10a、25.2×335/1,000＝8.4kg/10a が供給されることになり、基肥から相当量を減ずることができる。

（３）有機質資材施用上の留意点

ア　資材の選定

有機質資材の施用に当たっては、ほ場の土壌養分状態から判断して、養分の蓄積が起こりにくい成分組成のものを選択する。

イ　施用量

基準値は、すべて現物重量で示している。乾物重量は水分 50%とすると、この基準値の半量程度となる。基準値は、原則として、区分ごとに標準的な資材の連年施用条件における年間施用量の上限として示した。年 2 回施用する場合は、2 回分の合計値とする。

また、畑に牛ふんたい肥、バークたい肥など肥効の緩やかな資材を 2～3 年に 1 回施用する場合は、3 年分を限度として、1 回に施用基準×施用間隔（年）まで施用可能とする。

ウ　施用時期

施用時期については、裸地期間の流出を防ぐ意味で、作付け 2 週間以内とし、表面流出を防ぐため、施用後直ちに土壌と混和する。

ただし、稲わら、麦わらや緑肥作物など易分解性の有機物を大量に含むものを水田に施用する場合は、還元障害が懸念されるので、特に湿田では冬季までに施用することが必要である。また、C/N 比の高い資材では、急激な分解による窒素飢餓やガス障害が懸念されるので、これらも同様に施用した方がよい。

ウ　たい肥の腐熟度

生の汚泥や家畜排せつ物は、硝酸性窒素や有機物の溶脱が多く、水質への影響が大きいこと、また濃度障害や還元障害などによる作物の生育異常が懸念されるため、使用しないこととする。

たい肥類はできるだけ腐熟した物がよいが、やむを得ず未熟な有機物を施用する場合は、施用時期を早めて、土壌中で腐熟化させることが必要である。

エ　汚泥類について

汚泥類は、普通肥料として取り扱われるが、有機物資材施用基準内で取り扱うこととする。

5　低成分肥料等を活用した肥料コスト低減の実際

キャベツを例にして、前述の減肥手法を使った場合の肥料コスト低減効果を示す。

（１）土壌診断値に基づいた肥料コスト低減

作土の深さが 20cm、仮比重が 1.1、陽イオン交換容量が 15me/100g のほ場の可給態リン酸が 120mg/100g、交換性カリが 70mg/100g と過剰であった場合、リン酸は施肥基準の 50%、即ち 7.5kg/10a 減肥することができる（図 4-10）。さらに、カリについても交換性カリ飽和度が約 10%となるため、カリ超過量は 18.7kg/10a となる（Ⅳ3(3)を参照）。そこで、単肥や低成分型肥料（窒素に対してリン酸やカリ成分の少ない肥料）を組み合わせることによりリン酸、カリを減肥する。さらに、このように減肥を行った場合には肥料コストを慣行施肥よりも減らすことが可能である（表 4-7）。

ほ場条件：作土深20cm、仮比重1.1、CEC15me/100g

乾土100g当たり

	無機態窒素	有効態リン酸	交換性カリ	交換性石灰	交換性苦土
土壌診断値	適正	120mg	70mg	適正	適正

減肥の目安
リン酸：施肥基準の50%
カリ：カリ超過量を計算
（この場合は18.7kg/10a）

kg/10a

	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
診断値からみた減肥可能量	0	7.5	18.7	0	0
苦土石灰　100kg	-	-	-	53	15
基肥用低成分肥料　100kg	14	4	4	-	-
追肥用高度化成肥料　60kg	10	2	9	-	-
追肥用低成分肥料　40kg	6	1	1	-	-
合計すると	30	15	33	53	15
キャベツ施肥基準	30	15	30	53	15

土壌中の肥料成分を考慮し、低成分肥料を使うことで適正施肥が可能に！

図 4-10　土壌診断値からみた施肥量計算手順（キャベツ）

表 4-7　土壌診断値に基づいた肥料コスト低減事例（キャベツ）

資材名	成分量（%）			慣行施肥				コスト低減施肥			
				施肥量	投入成分量			施肥量	投入成分量		
	窒素	リン酸	カリ		窒素	リン酸	カリ		窒素	リン酸	カリ
土壌診断値からみた減肥可能量					0	7.5	18.7		0	7.5	18.7
苦土石灰	-	-	-	100	-	-	-	100	-	-	-
苦土重焼燐	-	35	-	40	-	14	-	0	-	0	-
基肥用高度化成	14	8	14	100	14	8	14				
基肥用低成分肥料	14	4	4					100	14	4	4
追肥用高度化成	16	2	15	100	16	2	15	60	10	1	9
追肥用低成分肥料	16	3	3					40	6	1	1
合　計					30	32	48		30	14	33
基準施肥量					30	15	30		30	15	30
過剰成分量					0	17	18		0	-1	3
10a当たり施肥コスト				100				66			

注）投入成分量と施肥量はkg/10a。
10a当たり施肥コストは慣行を100とした時の指数。

（２）たい肥施用による肥料コスト低減

土壌診断基準値に収まっているほ場において牛ふんたい肥 2ｔ施用した場合には、各成分含量に肥効率を乗じて有効成分量を算出する。今回の例では、牛ふんたい肥 2ｔに含まれる成分量で、リン酸施肥量の 60%、カリ施肥量の 80%、石灰、苦土施肥量の 50%をまかなうことができる。そこで、石灰、苦土については苦土石灰の施用量を減らした。また、リン酸、カリについては単肥や低成分型肥料（窒素に対してリン酸やカリ成分の少ない肥料）を組み合わせることにより減肥する。さらに、この場合も肥料コストを慣行施肥よりも減らすことが可能である（表 4-8）。

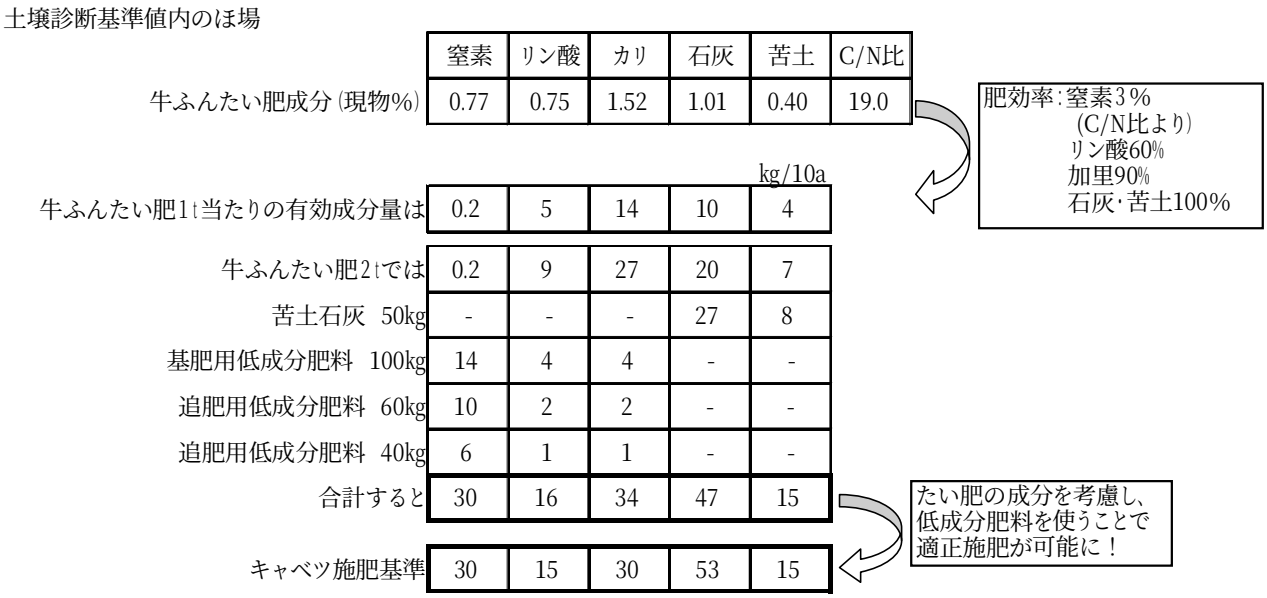


図 4-11　牛ふんたい肥の肥料成分を考慮した施肥量計算手順（キャベツ）

表 4-8　たい肥の肥料成分を考慮した肥料コスト低減事例（キャベツ）

資材名	成分量(%)			慣行施肥				コスト低減施肥			
				施肥量	投入成分量			施肥量	投入成分量		
	窒素	リン酸	カリ		窒素	リン酸	カリ		窒素	リン酸	カリ
牛ふんたい肥	0.8	0.8	1.5	2,000	0.2	9	27	2,000	0.2	9	27
苦土石灰	-	-	-	100	-	-	-	50	-	-	-
苦土重焼燐	-	35	-	40	-	14	-	0	-	0	-
基肥用高度化成	14	8	14	100	14	8	14				
基肥用低成分肥料	14	4	4					100	14	4	4
追肥用高度化成	16	2	15	100	16	2	15				
追肥用低成分肥料	16	3	3					100	16	3	3
合　計					30	33	56		30	16	34
基準施肥量					30	15	30		30	15	30
過剰成分量					0	18	26		0	1	4
10a当たり施肥コスト				100				75			

注) 投入成分量と施肥量はkg/10a。牛ふんたい肥の投入成分量は有効成分量。
10a当たり施肥コストは慣行を100とした時の指数。

6　効率的施肥技術とそれを補完する診断手法・資材

（1）土壌管理システム

土壌管理システムは、土壌の健全な管理を行うための土壌診断ソフト、土壌窒素、家畜ふんたい肥窒素及び肥効調節型肥料を利用した適正な施肥を行うための施肥診断ソフト及び土壌の現状や変化を視覚的に表示する土壌マップソフトからなっている。このシステムにより、パソコン上でより精密な土壌診断、施肥診断を行うことが可能である。

ア　土壌診断ソフト

土壌の化学性（可給態リン酸、遊離酸化鉄、可給態ケイ酸、交換性石灰・苦土・カリ）を作物ごとに設定された適正な基準値と照らし合わせ、不足する量を算出し、改良資材の種類、施用量を決めることができる。また、改良資材の持っている副成分（例えばようりんでは、リン酸が主成分、石灰、苦土、鉄、ケイ酸が副成分）による改良効果を加味し、無駄な資材の施用を防止している。

土壌診断ソフトは、土壌分析値を最初に登録しておいてから、ほ場ごとにデータを呼び出して診断を開始する。現状の値がレーダーチャートとして表示され、足りない成分の項目別に副成分の多いものから使用するかどうか、投入量は自動計算結果でよいかどうか等を対話方式で選択していく。改良後の状態がレーダーチャートに表示され、十分改良がなされるまで資材や施用量を繰り返し選ぶことができる（図 4-12）。

土壌改良資材の施用量の算出に不可欠な CEC、仮比重が測定されていない場合は、過去の土壌データから引用できる。

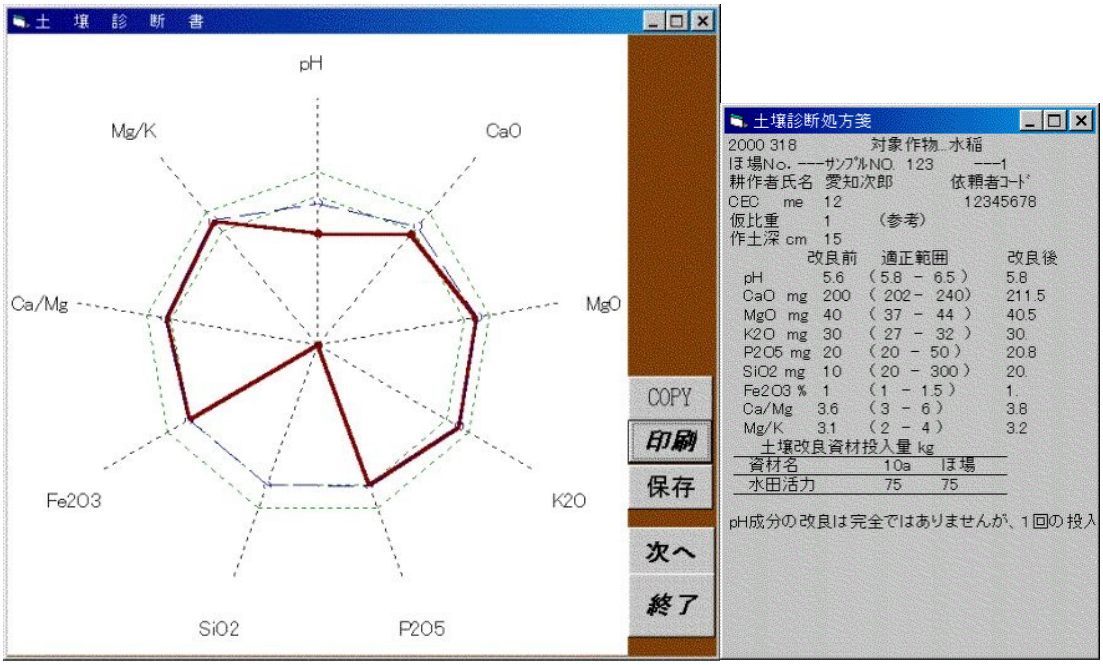


図 4-12　土壌診断ソフトによる診断画面

イ　施肥診断ソフト

作物の生育に必要な窒素成分をどこから得るかを基本としている。まず、第一に土壌から供給される窒素でまかなうことを考え、次いで有機物資材、肥効調節型肥料等

の化学肥料でまかなう。土壌窒素、有機物資材からの窒素及び肥効調節型肥料の窒素は、地温または土壌の水分状態により無機化速度や溶出速度が変化する。

このソフトでは、この計算を自動的に行い、各由来窒素の累積溶出量を点線や面として表示する（図 4-13）。また、日ごとの溶出量を表示することもできる。

資材の施用量は、作物毎に登録しておいた適正な収量を得るための窒素吸収量の範囲に、利用率を乗じた土壌窒素、有機物資材からの窒素及び肥効調節型肥料の窒素の合量が収まるように資材の種類や施用量を変えて決定する。

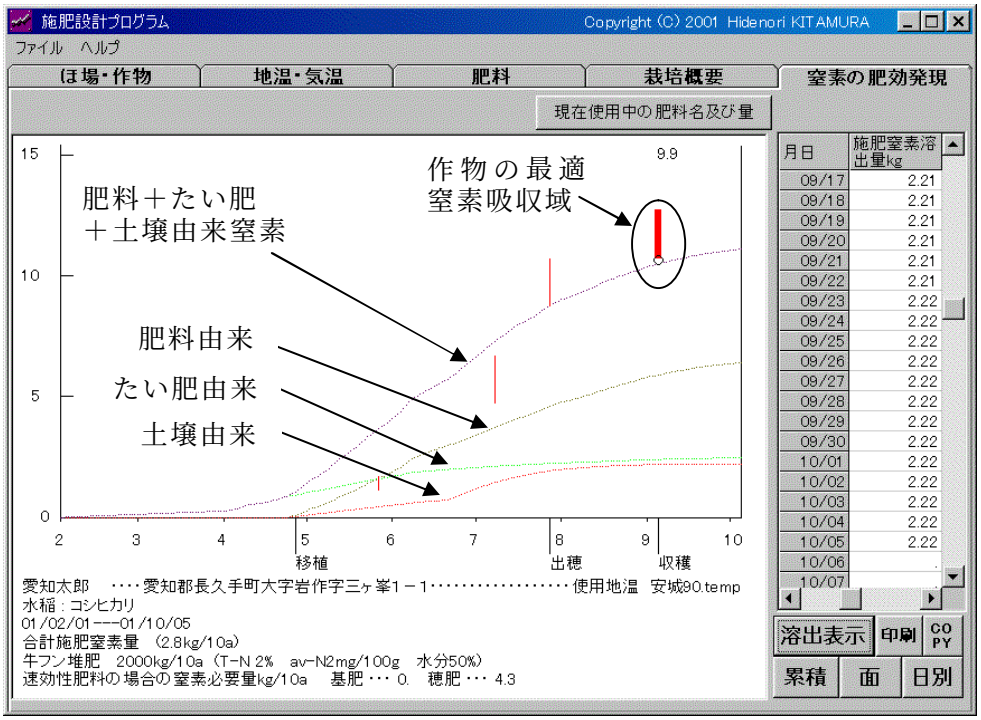


図 4-13　施肥診断ソフトによる診断画面

（２）リアルタイム栄養診断

植物体内の栄養状態に見合った量を適期に施肥することは、無駄な追肥をせず、コストの低減につながることは言うまでもない。そのためには、作物や土壌の養分状態を簡易に随時把握することが望ましい。ここでは、トマト、メロン、イチジクの例を挙げて、反射式光度計（RQ フレックス）を用いた葉柄汁中の硝酸イオン濃度によるリアルタイム栄養診断技術について紹介する。

ア　トマト

①　測定の手順

反射式光度計を用いて葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を測定し、簡易栄養診断の指標とする。診断に用いる葉柄汁液の調整は、採取した葉柄に水を加えて乳鉢で摩砕して行う。また、反射式光度計の硝酸イオン濃度の測定可能範囲が 225ppm（mg/ｌ）までであるため、葉柄汁液を 20～40 倍に希釈してから測定する。

葉位によって葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は大きく異なるため、診断部位は果実がピンポン玉程度に肥大した果房の直下とする。また、一枚の葉においても部位により

葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は異なるため、中位にある小葉の葉柄を診断部位に使用し（図4-14)、サンプリングは晴天日の昼前後に行う。

② 栄養診断基準

トマトでは、葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は生育初期に高くても、着果負担がかかる第3花房開花～果実肥大期に 1,000～3,000ppm 程にまで低下する（表4-9)。特に、この時期に硝酸イオン濃度が低下しないように窒素栄養診断基準を目安に早期に窒素量を多く施用する。また、品種による診断指標に差がなく、完熟系品種及びファースト系品種にも適用できる。ただし、夏秋栽培は長段栽培で、栄養生長と生殖生長が同時に進行する期間が長いため、葉柄の硝酸イオン濃度を 3,000～4,000ppm に保ち、草勢維持に努める。

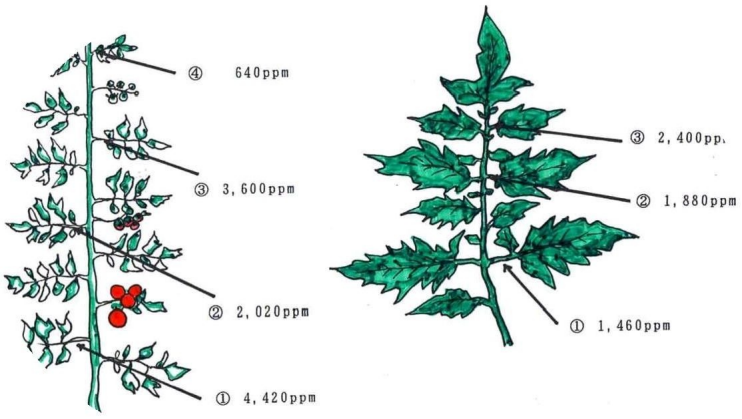


図 4-14 トマト小葉柄の採取部位と硝酸イオン濃度

表 4-9 トマトの窒素栄養診断基準

生育ステージ	葉柄汁液中硝酸ｲｵﾝ濃度
定植～第1果房開花期	3000 ～ 4000ppm
第1～第3果房開花期	2000 ～ 3000ppm
第3果房開花～摘心期	3000 ～ 4000ppm
摘心期以降	1000 ～ 2000ppm（促成） 2000 ～ 3000ppm（半促成）
第6果房収穫期	1000ppm 以下

イ メロン

① 測定の手順

果実肥大期前は摘葉した下葉の葉柄、果実肥大期以降は摘果後の結果枝（側枝）を栄養診断用に残し、その摘果枝葉の葉柄を診断部位に使用する。

② 栄養診断基準

葉柄中の硝酸イオン濃度は、開花期は 2,000～3,000ppm、果実肥大期は 4,000～5,000ppm、ネット形成期から成熟期は 2,000～3,000ppm、収穫期は 1,000ppm を指標の目安とする。メロンの葉柄汁液は、時刻や天候（日射量）で大きく値が変化するので、晴天日の昼前後のサンプリングを厳守する。

ウ イチジク

果樹においても、培土量 40 リットルのコンテナを利用したイチジクのハウスコンテナ栽培では、栽培期間に葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を測定すること（リアルタイム窒素栄養診断）で、その時々の樹体内の窒素栄養状態を把握することが可能である。

① 測定の手順

イチジクでは、葉柄汁液中の硝酸イオン濃度が施肥の影響を反映しやすい傾向にある。特に結果枝中位節の葉柄は時期による測定値の変動が比較的少ないため、診断に適している。

イチジクでは葉柄から直接汁液を搾り取ることが難しいため、葉柄 1ｇを蒸留水 20ml で摩砕混合した液を測定する（摩砕法）（図 4-15）。硝酸イオン濃度の測定機器として、ＲＱフレックスシステムや硝酸試験紙を使用する。また、葉柄 1ｇを 5 片に切り分けて 5ml の蒸留水に 2 時間浸すことでも、測定が可能である。この方法で得られる硝酸イオン濃度は摩砕法の約 10 分の 1 の値となる。

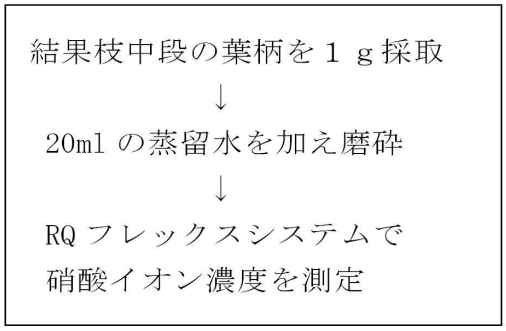


図 4-15　葉柄汁液中硝酸イオン濃度の測定（摩砕法）

② 栄養診断基準

12 月加温作型のコンテナ栽培用の栄養診断基準を表 4-10 に示した。診断基準は、イチジクの生育を４段階に分け、果実生産に及ぼす影響から各生育ステージにおける硝酸イオン濃度の適正範囲を設定している。

表 4-10　イチジクコンテナ栽培（12 月上旬加温作型）におけるリアルタイム窒素栄養診断の適正範囲

生育ステージ	葉柄汁中硝酸イオン濃度
	ppm
６～10 節展葉期	2500 ～ 4000
11 節展葉～摘心期	2000 ～ 3000
摘心後～収穫期	4000 ～ 6000
貯蔵養分蓄積期（８月下旬頃）	1000 前後

（３）有機質肥料の特性と上手な使い方

有機質肥料と一口にいっても、普通肥料にあたる有機質肥料から、米ぬか、たい肥、家畜ふんをはじめとする特殊肥料がある。また、最近ではゴミ減量にともなう新しい資材も増えてきている。

ア　有機質肥料の成分特性

県内で流通している主な有機質資材の標準成分量を表 4-11 に示す。有機質肥料の肥料 3 要素の成分値についてみると、窒素全量は蒸製蹄角粉、乾血粉、魚かすで 10%以上のものもあるが、他の肥料では概して低い。リン酸全量は、骨粉類、魚かすで多く 20%以上のものもある。これらのリン酸は分解に伴って水溶性となり肥効も高い。魚かす、グルテンフィード等は飼料向けにも生産されている場合が多く、飼料ではタンパク質含量が重視されるため、リン酸全量は相対的に低くなる傾向がある。一方、カ

リ成分の高い有機質肥料は少ない。野菜の場合、普通作物と比較してカリ及び石灰吸収量が多いので、特殊肥料の草木灰や家畜ふんたい肥等のカリ全量の多い資材を利用して補給する必要がある。

また､骨粉､カニガラ、鶏ふん、うずらふん等では石灰含量が高い等、3要素以外の養分の給源となる資材もある。

このように、肥料の種類によって成分含有量は大きく異なるため、単肥施用ではなく 2､3 種類を混合して作物の吸収特性にあった施用を行う必要がある。

表 4-11　主な有機質資材の標準成分値

肥料名	窒素（%）			リン酸（%）			カリ（%）		
	最多	最少	平均	最多	最少	平均	最多	最少	平均
にしん粕	11.78	5.99	9.82	7.80	3.08	4.33	0.55	0.45	0.51
いわし粕	9.26	6.93	8.02	8.34	3.67	6.93			
たら粕	9.54	6.34	8.32	14.90	5.92	11.43			
鰹荒粕	7.82	5.68	6.61	12.85	9.31	10.72			
いわし荒粕	8.78	8.46	8.62	9.08	7.12	8.18			
すけそう粕	10.63	9.66	10.15	7.60	4.72	6.16			
鰹節出殻	12.72	6.35	10.80	1.33	0.48	0.83			
蒸製骨粉	5.28	2.80	4.13	27.07	18.32	22.32			
生骨粉	4.59	2.64	4.02	27.27	19.37	23.27			
肉粕	11.95	4.76	8.20	6.53	0.34	2.19			0.34
蒸製蹄角粉	15.16	9.34	12.82	8.44	0.18	4.22			
乾血粉	14.80	4.55	11.55	2.20	0.29	1.07			
羊毛屑	9.07	6.82	7.81	0.14	0.10	0.12			
なたね油粕	6.72	3.77	5.06	3.39	1.30	2.48	1.62	0.81	1.30
抽出大豆粕	8.00	7.06	7.52	1.88	1.66	1.77	2.36	2.18	2.27
ごま油粕	7.35	3.19	5.79	4.13	1.49	2.81	1.20	1.05	1.27
米ぬか油粕	2.96	1.25	2.14	5.49	2.65	4.23	2.35	1.11	1.60
かにがら粉末			4.13			4.84			
グルテンフィード	3.42	3.20	3.31	2.60	2.11	2.29	2.22	1.93	2.07
とうもろこし浸出液	3.23	3.20	3.22	3.35	3.02	3.23	3.46	2.85	3.17
牛ふん堆肥	2.55	1.49	2.02	4.09	1.15	2.12	4.47	1.60	2.89
豚ふん堆肥	4.40	1.87	3.13	10.43	2.34	5.92	5.17	0.89	2.71
鶏ふん堆肥	6.06	1.88	3.25	10.06	2.24	6.85	5.91	2.34	4.13
うずらふん堆肥	7.89	2.17	5.16	7.36	4.10	5.31	3.82	2.14	2.72
れんげ			0.40			0.10			0.20
草木灰						1.70			5.30
稲わら			0.60			0.20			1.00
麦わら			0.40			0.20			1.00
籾がら			0.60			0.20			0.50
米ぬか			2.00			3.90			1.50

ポケット肥料要覧より抜粋。一部、農総試データ有り。

イ　有機質肥料の分解特性

有機質肥料の分解特性（窒素の無機化特性)は、乾燥菌体肥料を除く各種有機質肥料は比較的短期間のうちに窒素の約 70～80%が無機率に達する。

表 4-12　有機質肥料の無機化率（藤沼・田中）

肥料名	窒素の無機化率				硝化率		肥料成分		
	10℃	50%D	26℃	50%D	10℃	26℃	水分	T-N	C/N
	%	日	%	日	%	%	%	%	
ダイズ油粕	66	4-8	78	＜4	96	98	7.4	6.95	4.7
ナタネ油粕	68	8-15	88	4-8	97	98	12.6	5.03	5.6
ヒマシ油粕	66	4-8	85	＜4	97	99	10.8	6.05	4.5
綿実油粕	68	8-15	85	4-8	96	99	9.2	6.25	4.5
米ぬか	48	15-30	83	15-30	96	99	11.8	2.40	15.0
肉骨粉	61	4-8	80	＜4	96	99	8.6	6.60	4.9
蒸製骨粉	60	4-8	72	＜4	97	97	9.0	5.12	4.9
いわしかす	76	4-8	88	＜4	97	99	11.5	9.08	4.7
荒かす	78	4-8	86	＜4	98	100	10.9	11.27	3.7
鶏ふん	40	4.76	70	＜4	96	98	12.6	2.06	13.2

10℃、26℃：最大容水量の60%水分で12週間培養後の全窒素の無機化率
50%D：無機化率の1/2の無機化率に達した日数

表 4-13　各有機質肥料の土壌中における全窒素の分解率（%）（埼玉園試）

有機物	大豆かす	骨粉	菜種かす	魚かす	稲わら堆肥	おがくず牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥
C/N比	5.91	4.23	6.77	4.83	15.27	13.19	8.17	6.79
1か月後	73	72	57	57	0	23	24	41
3か月後	88	85	77	75	8	24	41	49
6か月後	92	87	81	82	11	30	47	52
1年後	93	88	83	84	16	29	48	55
2年後	92	90	87	88	22	29	48	58

ガラス繊維ろ紙法により測定。埋設後の地温（9時）は0～1か月：15.5℃、1～2か月：20.0℃、2～3か月：22.8℃

しかも、ほとんどの肥料が施用後数日のうちにその半分が無機化する（表 4-12、4-13）。

動物性資材（魚かす、肉骨粉、蒸製皮角粉）と植物性資材（なたね油かす、大豆油かす）を比較すると、動物性の方がごく初期の分解が速く、植物性の方が施用後約 20 日頃まで分解する。一方、米ぬか、生ゴミたい肥、ぼかし肥料は分解が緩やかに進む。家畜ふんたい肥は、一般的にはうずら＞鶏＞豚＞牛の順に分解速度は速くなるが同一畜種でもばらつきが大きい。

有機質肥料の分解速度に最も大きく影響を及ぼすのは、C/N 比（窒素含量に対する炭素含量の比）である。即ち、C/N 比が小さいほど分解は速く、C/N 比が大きいほど遅い。また、一般に C/N 比が 30 よりも大きくなると窒素の有機化が起きるともいわれている。このように、C/N 比が分解速度の目安とすることができる。

有機質肥料の分解に対する温度の影響についてみると、有機質肥料は低温でも高温の場合とほぼ同等の分解率を示し、作付時期の違いによる肥効の差は出にくいと考えられる。一方、家畜ふんたい肥では、温度による分解率の差が顕著に現れるため、たい肥中の肥料成分を勘案する場合には注意が必要である。水分については、畑状態と水田状態を比較すると、水田状態の分解率がいくらか低い。しかし、畑状態であれば土壌水分の影響は顕著に現れない。一方、油脂成分は分解を抑制する働きがあるため油かす類の中には分解の遅いものもあるが、最近のように油脂を有機溶媒で抽出する場合の油かす類は分解が速い。

ウ　有機質肥料を施肥する場合の留意点

上で述べたようにほとんどの有機質肥料では分解は比較的速いので、施肥窒素を有機質肥料に置き換えた場合、窒素吸収量の少ないタマネギ等では速効性肥料並の収量が得られる（表 4-14、4-15）。

しかし、作付期間中に分解するのは施肥窒素のうち 70～80%程度であるため、キャベツのように窒素要求量の大きい作物では化学肥料区と比較すると減収する。したがって、有機質肥料の無機化率を勘案して施肥量を増やしたり、化学肥料と組み合わせる等することにより化学肥料並の収量を得ることが可能となる。また、米ぬかや家畜ふんたい肥等の分解の遅い資材についても慣行の施肥窒素量では減収するため、化学肥料や分解の速い有機質肥料等を組み合わせて施用する必要がある。

また、なたね油かす等の植物質肥料の中には、フェノール、タンニン、カラシ油等

の発芽、生育阻害物質を含むものもあり、播種 2～4 週間前に施肥する等注意が必要である。

表 4-14　葉菜類の無機肥料区に対する収量指数（埼玉園試）

試験区	ホウレンソウ	チンゲンサイ	レタス	キャベツ
無機肥料	100	100	100	100
窒素無施用	18	27	35	5
有機混合標準	55	76	97	62
有機混合1.5倍	67	97	105	74
有機混合２倍	72	100	105	82
豚ふん堆肥	46	75	85	55
大豆かす	61	91	95	73
おがくず牛ふん堆肥	27	55	79	30
有機１/2＋無機1/2	71	103	99	82
有機標準+無機１/2	75	101	94	87

1）ホウレンソウ２作、チンゲンサイ３作、レタス５作、キャベツ４作の平均
2）有機区は、豚ふん堆肥、大豆かす、おがくず牛ふん堆肥をNで1/3ずつ施用。
有機標準、1.5倍、２倍は、無機区N施用量と等量、1.5倍量、２倍量を施用した。

表 4-15　冬作物（ｷｬﾍﾞﾂ、ﾚﾀｽ、ﾀﾏﾈｷﾞ）の収量（kg/10a、農薬散布区の３地点の平均）（山田ら 1989）

区名	１作	３作	5作	７作	９作	11作	13作	15作	17作	平均
化学肥料単用区	3043	4235	4253	4676	3387	3094	3381	2728	3466	
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
化学肥料	2949	5105	3930	4863	3709	4244	3194	2975	4411	
牛ふん堆肥加用区	(97)	(121)	(92)	(104)	(109)	(137)	(94)	(109)	(127)	(113)
菜種油粕単用区	1584	4168	3609	4759	3598	3139	2512	2716	3700	
	(52)	(98)	(85)	(102)	(106)	(101)	(74)	(100)	(107)	(100)
牛ふん堆肥単用区	777	2478	3031	4953	2379	4243	988	2188	4368	
	(26)	(59)	(71)	(106)	(70)	(137)	(29)	(80)	(126)	(98)

1）１作はキャベツ、３作はレタス、他作はタマネギ
2）平均は５、７、９、11、15、17作タマネギの平均値
3）（ ）内は化学肥料単用区に対する収量比

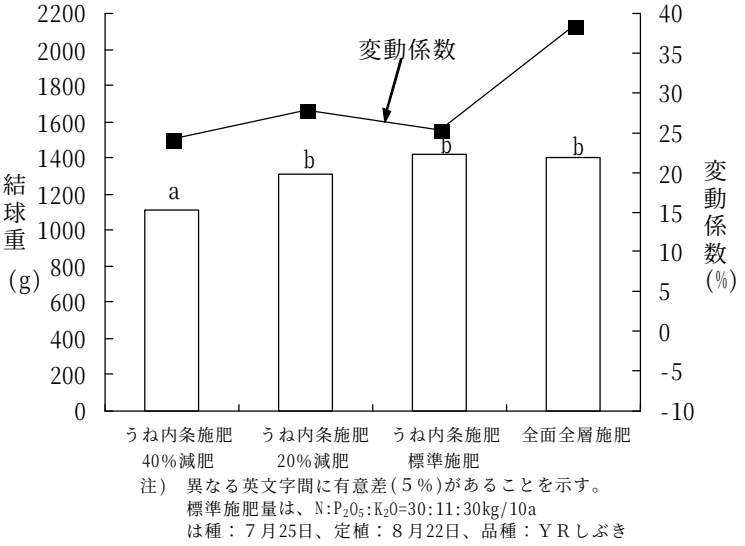
（４）局所施肥

実際、施肥量・施肥方法を決める場合、様々な要因によってそれを加減する必要がある。それは、栽培する作物の種類・品種・気象（作付け時期）・土壌特性・肥料の種類・施肥位置によって決定される。各々の要因が肥料の吸収特性や肥効・利用率に関係しており、その利用率をいかに向上させるかが効率的な肥料の使い方の基本である。窒素の肥効特性と土壌条件との関係を表 4-16 に示した。壌質土壌に比べ砂質土壌は保肥力、肥効持続性が小さく、粘質土では大きいとされている。しかし、県内の主な園芸産地の土壌である細粒黄色土は粘質であっても保肥力が小さく、物理性も不良なことから利用率は高くないと言える。

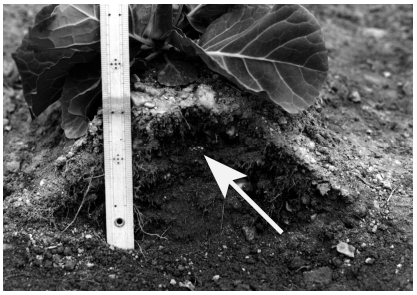
一方、肥効調節型肥料の根域への局所的な施用は、施肥効率を高める施肥法であると言える。夏まき年内どりキャベツでは、うね内への条施肥は全面施肥に比べて 2 割の減肥が可能であるとともに、生育の揃いも向上する試験例がある（図 4-16）。また、水稲においては、既に肥効調節型肥料を用いた全量基肥施肥栽培が普及しているが、全層施肥に比べて側条施肥では１～２割窒素量を削減することができる。

表4-16　窒素の肥効特性と土壌条件

特　　性	土壌水分			土　　性		
	過乾	適湿	多湿	砂質	壌質	粘質
保　肥　力	―	―	―	小	中	大
肥効発現力	小	大	中―小	大	中	中
肥効持続性	大	中	大―中	小	中	大
濃度障害	大	中―小	小	大	中	中―小



注）異なる英文字間に有意差(５%)があることを示す。
標準施肥量は、N:P_2O_5:K_2O=30:11:30kg/10a
は種：７月25日、定植：８月22日、品種：ＹＲしぶき



うね内条施肥(局所施肥)
(写真矢印部分)

図4-16　施肥法の違い(全面施肥とうね内条施肥)が夏まき年内どりキャベツの結球重及び生育の揃いに及ぼす影響（大川ら，1998）