

環境と調和した 施肥と土づくり



化学肥料は安全・安心な作物を育てます



Japan Fertilizer &
Ammonia
Producers Association

日本肥料アンモニア協会

はじめに

当協会では平成7年以降、「農業の重要性」と農業を支える主要な生産資材である「化学肥料の役割」等について、世界の「人口問題」、「食糧問題」、「環境問題」等との関連も併せ、農業関係者はもとより広く一般の消費者の皆さんにご理解していただくために、リーフレットや「化学肥料Q&A」シリーズをはじめとする冊子類を多数発行してまいりました。

一昨年は世間の関心が非常に高い「食の安全・安心」をテーマとした「食の安全・安心のために」（副題：化学肥料は安全・安心な作物をそだてます）と「食べものには何が入っているの」を、また、昨年は原点に立ち返り、生命の源でもある「土」にスポットを当て「土と肥料のはなし」をそれぞれ発行し、各方面から高いご評価をいただきました。

ご承知の通り、我が国は世界一の食料輸入国です。特に小麦、大豆、飼料作物等穀物類の輸入依存度の高さは先進国の中で際だっております。また、我が国の農業を取り巻く環境は高齢化進行に伴う後継者不足等深刻な事情を抱えております。現在、政府は食糧自給率向上のため担い手の育成・強化等足腰の強い農業基盤の確立に取り組んでいます。日本のような狭い農地で生産性の高い農業を営むためには、土づくりと施肥の管理が大切なことはもちろんですが、環境に対するやさしさ・配慮も忘れることはできません。

今年は、環境にやさしい農業を営むためには、土壌診断、土づくり、施肥等をどのようにすべきか等に着目し、「環境と調和した施肥と土づくり」をテーマとして取り上げました。

専門の農家の方から、趣味で家庭菜園等を楽しんでいる方まで幅広い皆さんに興味をもって読んでいただけるものと確信しております。

従来同様、ご活用いただければ幸いに存じます。

平成18年6月
日本肥料アンモニア協会

目 次

第1部 環境と調和した農業を進める政策

Q1：「環境と調和した農業」とはどのようなものですか	2
Q2：土づくりを進めるために、どのような施策がとられているのですか	4
Q3：適正施肥を進めるために、どのような施策がとられていますか	6
Q4：農業での食の安全確保のために、どのような施策がとられていますか	8
Q5：環境保全を進めるために、どのような支援策がとられていますか	10

第2部 土壌診断と栄養診断

Q1：土壌診断は何のために行うのですか	14
Q2：土壌診断はどんな項目を調べるのですか	16
Q3：土壌診断の結果は土づくり・施肥にどのように反映されるのですか	18
Q4：土壌診断はもっと簡単にできないのですか	20
Q5：土だけでなく、作物の栄養状態を診断することも必要ですか	22

第3部 環境と調和した土づくり

Q1：土づくりは何故必要なのですか	26
Q2：土づくりは、どのように行うのですか	28
Q3：作物によって土づくりのポイントは違うのですか	30
Q4：土づくりに化学肥料を使うこともあるのですか	32
Q5：土づくりに堆肥の施用が重要とされるのはなぜですか	34

第4部 環境と調和した肥料と施肥

Q1：化成肥料の特長はなんですか	38
Q2：化学肥料には有害成分の規制があるのですか	40
Q3：過剰な施肥は環境にどのような影響を与えますか	42
Q4：環境と調和した施肥とはどのようなものですか	44
Q5：作物の適正施肥量はどのようにして決めるのですか	46
Q6：堆肥など有機質肥料を使えば環境に影響を及ぼすことはないのですか	48
Q7：環境に影響を及ぼさないために、 堆肥の施用量はどう決めたらよいのですか	50
Q8：環境と調和した肥料にはどのようなものがありますか	52
Q9：環境と調和した施肥技術にはどのようなものがありますか	54
Q10：環境中に養分を排出しない施肥技術があるのですか	56

第1部

環境と調和した農業を進める政策

Q1

「環境と調和した農業」とはどのようなものですか

農地に施用された肥料養分のうち、作物に吸収されなかった養分、とくに窒素は土壌中に蓄積されるだけでなく、アンモニアや亜酸化窒素として大気中に揮散したり硝酸態窒素として地下へ溶脱したりして環境に影響を与える可能性があります。一方では、家畜排せつ物のように多くの養分を含んだ膨大な量の廃棄物が発生しており、これらの処理・利用がきちんと行われないと、やはり環境に大きな影響を与えることになります。「環境と調和した農業」とは、肥料からの養分を効率的に作物に吸収させるとともに、家畜排せつ物などの循環利用を進めて、環境に及ぼす影響を出来るだけ少なくする農業です。国では、「環境と調和した農業」を実現するために、いろいろな施策を進めています。

○農林水産環境政策の基本方針

環境問題は、通常の事業活動や私たちの日常生活が原因となっており、これを解決するためには、大量生産、消費、廃棄という社会から持続可能な社会に転換していくことが重要です。農業は、工業など他産業とは異なり、本来、自然の恵みを受ける生産活動です。しかし、現状では肥料や農薬の過剰投入や家畜排せつ物の不適切な管理によって環境への影響が懸念されており、農業が本来持っている自然循環機能を維持し向上させることが重要です。

そこで、国では、農業の自然循環機能を維持・増進するとともに、農山漁村の健全で豊かな自然環境の保全・形成に向けた施策を展開しています。分野別にみると、健全な水循環、健全な大気循環、健全な物質循環および健全な農山漁村環境の保全という4本の柱を立てています。詳細については、農林水産環境政策ホームページ (<http://www.maff.go.jp/kankyo/>)に公開されています。

●健全な水循環

国土の約8割を占める森林や農地は、雨水を蓄え、浄化し、河川へ急速に流入するのを防ぐダムのような役割をします。このような森林・農地の機能を維持しさらに向上させることが重要です。また、肥料、農薬、家畜排せつ物等は、水環境を悪化させる原因ともなり得るものですので、これらが原因となる環境負荷を低減させることが重要です。

●健全な大気循環

植物は光合成により大気中の二酸化炭素を吸収することにより、炭素を固定して大

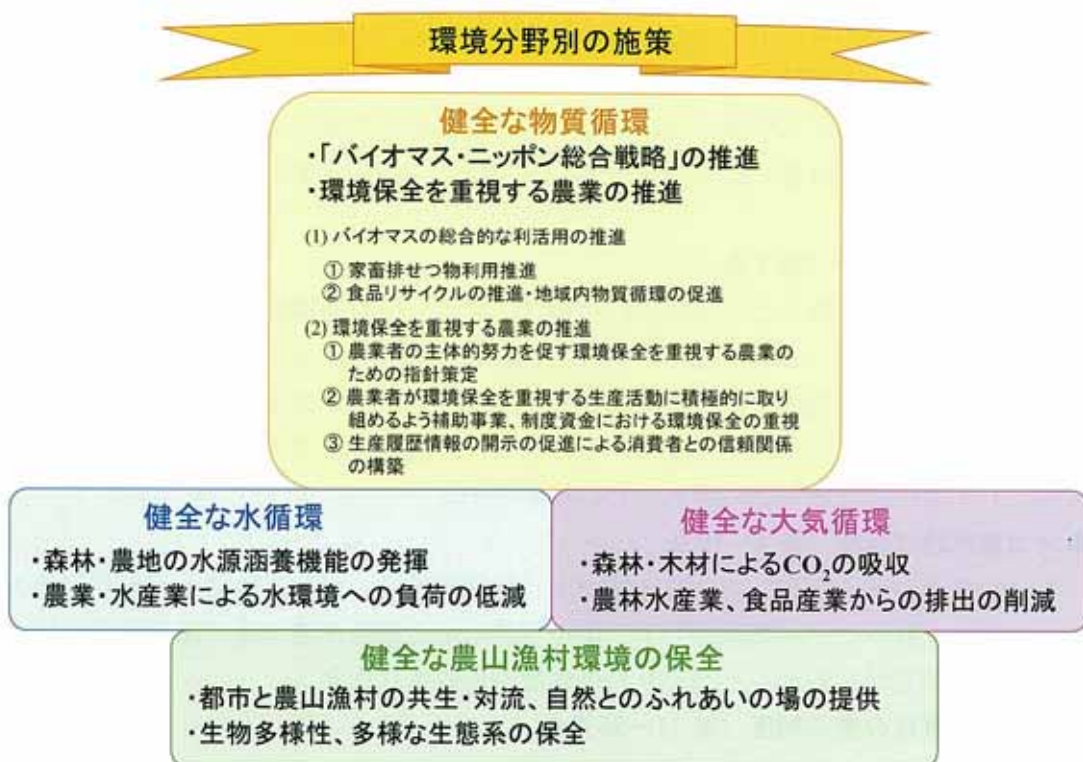
気中の二酸化炭素が増えすぎないようにします。森林や農地は、二酸化炭素の吸収源・貯蔵庫として地球温暖化対策上重要な役割を果たしています。

●健全な物質循環

廃棄物の発生量を少なくし、限りのある資源を有効活用する循環型社会を構築するために、地域内での物質循環を促進する必要があります。そのために、環境負荷の低減とたい肥などを利用した土づくりによる物質循環を促進することが重要です。

●健全な農山漁村環境の保全

都市と農山漁村の共生・対流、自然とのふれあいの場の提供、生物多様性・多様な生態系の保全を推進します。



農林水産省 HP 農林水産環境政策の基本方針(概要)より(一部改変)

Q2

土づくりを進めるために、どのような施策がとられているのですか

健全な土を育てる「土づくり」は営農の基本です。土づくりは、高品質な農産物を持続的に安定生産する上で極めて重要なものです。このように作物を生産する土の能力を「地力(ちりょく)」といい、有機質資材や土壌改良資材などを投入したり、耕耘して土壌条件を整え、地力を向上させることを土づくりといいます。国では、地力増進法を制定し、土づくりを推進しています。最近では、農業環境規範などの施策を整備して、土づくりを推奨しています。

○地力増進法

この法律は、地力を向上させるために必要な基本的な指針を定め、重点的に地力増進対策を進めるべき地域を指定するとともに、土づくりに用いられる様々な土壌改良資材の品質表示を適正にすることによって、農業生産力の向上と農業経営の安定を図ることを目的に作られました(昭和59年5月制定、平成11年12月改正)。

●地力増進基本指針(第3条)

農家が土づくりを行うときの技術的な指針となる「地力増進基本指針」を定めることが示されています。これに従い、水田、普通畑、樹園地に分けて土づくりの目標が示され、その目標を達成するために必要な手段が示されています。たとえば、石灰、けい酸、りん酸などの土づくり肥料、たい肥など有機質資材や土壌改良資材の施用、深耕や心土破碎、緑肥作物の導入などの技術です。

●地力増進地域制度(第4~10条)

不良な農地が多く分布している地域では、地域を指定して重点的に土づくり(地力増進対策)を行うことが効率的です。指定された地力増進地域では、都道府県による農地の対策調査が行われ、土づくりの処方箋が作成されます。

●土壌改良資材の表示制度(第11~25条)

この法律では、土壌改良資材を「植物の栽培に資するため土壌の性質に変化をもたらすことを目的として土地に施される物」と定義しています。つまり、土壌改良資材は、土壌に施用して土壌の化学性、物理性及び生物性を改善する効果があるものということになります。但し、肥料取締法でも、肥料を「植物の栄養に供する物」及び「土壌に化学的変化をもたらす物」と定義しています。土壌の化学性改善にもいろいろありますが、pH矯正(酸性土壌の改善)などを行うのは肥料であり、CEC増強(保肥力の改善)などを行うのは土壌改良資材です。

土壌改良資材には様々なものがありますが、購入する際に品質を見分けることが難しく、しかも品質を見分けることが特に重要な資材については、政令で指定することになっています。現在、泥炭、パークたい肥、腐植酸質資材、ゼオライトなど12種類の土壌改良資材が指定されています。

政令で指定された土壌改良資材の一覧			
土壌改良資材の種類	基準		主たる効果
1. 泥炭	有機物含有量 20g/100g乾物当 たり以上	有機物中の腐植酸の含有率が 70%未満	土壌の膨軟化
		同上 70%以上	土壌の保水性の改善 土壌の保肥力の改善
2. パークたい肥	特殊肥料に該当するもの		土壌の膨軟化
3. 腐植酸質資材	有機物含有量20g/100g乾物当たり以上		土壌の保肥力の改善
4. 木炭			土壌の透水性の改善
5. けいそう土焼成粒	気乾状態の容積密度700g/L以下		土壌の透水性の改善
6. ゼオライト	陽イオン交換容量50meq/ 100g乾物当たり以上		土壌の保肥力の改善
7. パーミキュライト			土壌の透水性の改善
8. パーライト			土壌の保水性の改善
9. ベントナイト	乾物2gを水中に24時間静置した後の膨潤容積 5mL以上		水田の漏水防止
10. VA菌根菌資材			土壌のリン酸供給能の改善
11. ポリエチレンイミン系 資材	3%(質量比)水溶液の25°Cにおける粘度10P以上		土壌の団粒形成促進
12. ポリビニルアルコール系資材	平均重合度1,700以上		土壌の団粒形成促進

なお、従来から土づくりに使われてきた、ようりん、石灰、ケイカルなど土壌の化学性を改善する資材は、土壌改良資材ではなく肥料に位置づけられており、JAグループではこれらを「土づくり肥料」と総称しています。

○環境と調和のとれた農業生産活動規範（農業環境規範）

平成17年3月に公表された「農業環境規範」においても、たい肥等有機物の施用などによる土づくりを励行すべきことが記載され、点検シートの取り組むべき項目の一つに挙げられています。「農業環境規範」の概要については、Q3に記載しましたので、ご覧下さい。

Q3

適正施肥を進めるために、どのような施策がとられていますか

環境に悪影響を及ぼさない農業を行うために、適正な施肥は極めて重要です。国では、平成4年以来、土づくり等を通じて化学肥料、農薬などによる環境負荷を軽減した持続的な農業（環境保全型農業）を推進してきました。しかし、環境問題に対する国民の関心はますます高まり、わが国の農業においても環境との調和についてより適切な対応を取ることが必要となってきました。

平成17年3月に閣議決定された新たな「食糧・農業・農村基本計画」には、「わが国農業生産全体のあり方を環境保全を重視したものに転換する」という方針を掲げて、そのための具体的な方策として「環境と調和のとれた農業生産活動を促進するため、農業者が環境保全に向けて最低限取り組むべき規範を策定」するという考え方が盛り込まれました。これに従って、「環境と調和のとれた農業生産活動規範（農業環境規範）」が取りまとめられ、同年3月に公表されました。

○環境と調和のとれた農業生産活動規範（農業環境規範）

「環境保全型農業」という呼び方をすれば、これは特別な農業生産活動であって、それ以外の一般的な農業は環境に悪影響を与えているように聞こえます。国民の期待に応えるためには、全ての農業を環境と調和のとれたものにすることが必要と考え、そのための重要で基本的な原則を農業生産活動の規範として取りまとめたものが「農業環境規範」です。

●点検シートと7つのポイント

環境と調和した農業生産活動を行っていく上での基本的な7つのポイントをまとめた点検シートを用い、農家の方が営農活動の自己点検に使用します。そして、点検シートに記載されている項目の取り組みが出来ていればチェック欄に印をつけ、点検した日付と名前を記入し、次回の点検（1年間）まで保管することになっています。7つのポイントとは、①土づくりの励行、②適切で効果的・効率的な施肥、③効果的・効率的で適正な防除、④廃棄物の適正な処理・利用、⑤エネルギーの節減、⑥新たな知見・情報の収集、及び⑦生産情報の保存です。

●適切で効果的・効率的な施肥

基本的には、都道府県の施肥基準、JAの栽培暦などで示している施肥量、施肥方法などに則した施肥を行うこととなっています。しかし、必ずしも全ての地域で全作物

の施肥量が示されていない場合があります。その場合には、次の取り組みのうちいずれか一つを実行することとなっています。

- ① 他の都道府県が示している基準や研究成果等を目安にした施肥を行う。
- ② 土壌診断の実施とその結果を活用した施肥を行う。
- ③ 残存肥料成分の流出を防止するためクリーニングクロープの作付けを行う。

また、その他の取り組み例として、①局所施肥や②肥効調節型肥料の利用などが推奨されています。

詳細については、農林水産省 HP (http://www.maff.go.jp/soshiki/nousan/nousan/kanpo/kankyo_kihan.pdf) に公開されています。

環境と調和のとれた農業生産活動規範 点検シート (作物の生産)

	チェック欄
土づくりの励行 1 土づくりは、環境と調和のとれた農業生産活動の基盤となる技術である。また、土づくりにおけるたい肥等の有機物の利用は、循環型社会の形成に資する観点からも重要である。このため、たい肥等の有機物の施用などによる土づくりを励行する。	<input type="checkbox"/>
適切で効果的・効率的な施肥 2 施肥は、作物に栄養を補給するために不可欠であるが、過剰に施用された肥料成分は環境に影響を及ぼす。このため、都道府県の施肥基準や土壌診断結果等に則して肥料成分の施用量、施用方法を適切にし、効果的・効率的な施肥を行う。	<input type="checkbox"/>
効果的・効率的で適正な防除 3 病害虫・雑草が発生しにくい栽培環境づくりに努めるとともに、発生予察情報等を活用し、被害が生じると判断される場合に、必要に応じて農業や他の防除手段を適切に組み合わせて、効果的・効率的な防除を励行する。また、農薬の使用、保管は関係法令に基づき適正に行う。	<input type="checkbox"/>
廃棄物の適正な処理・利用 4 循環型社会の形成に資するため、作物の生産に伴って発生する使用済みプラスチック等の廃棄物の処理は関係法令に基づき適正に行う。また、作物残さ等の有機物についても利用や適正な処理に努める。	<input type="checkbox"/>
エネルギーの節減 5 温室効果ガスである二酸化炭素の排出抑制や資源の有効利用等に資するため、ハウスの加温、穀類の乾燥など施設・機械等の使用や導入に際して、不必要・非効率的なエネルギー消費がないよう努める。	<input type="checkbox"/>
新たな知見・情報の収集 6 環境との調和を図るため、作物の生産に伴う環境影響などに関する新たな知見と適切な対処に必要な情報の収集に努める。	<input type="checkbox"/>
7 生産情報の保存 生産活動の内容が確認できるよう、肥料・農業の使用状況等の記録を保存する。	<input type="checkbox"/>

農林水産省：農業環境規範パンフレットより

Q4

農業での食の安全確保のために、どのような施策がとられていますか

食の安全性の確保には、生産から食卓までのいわゆるフードチェーン全体で取り組むことが必要です。農産物の生産はその最初の段階であり、ほ場段階で食の安全性を確保するためには、あとで農産物を分析するよりは農産物の栽培管理を適切に行うことが重要です。閉鎖された空間の工場と違い農業は気象条件、作物の種類によって大きく影響を受けるため、農家が自らの必要な農作業を選んで実施することが必要です。農林水産省では、農産物の安全性を確保するための取組の一つとして、生産段階での食の安全性を確保するために、「食品安全 GAP」という取り組みを行っています。

○GAP とは

GAP は、Good Agricultural Practice の略称で、「適正農業規範」と訳される場合もあります。食品安全、環境保全、労働安全、品質向上など様々な目的で、「適切な農業生産を実施すること」です。消費者の関心が一番高い食品安全を目的とすれば、食品安全 GAP になります。

農業生産の方法は、農産物や気象条件などの条件によって大きく異なります。したがって、GAP の項目や内容は、一律に決められるものではありません。様々な条件を考慮して取り組むことが基本です。

- ① 目的に応じた適正生産方法を決め、リストアップ
- ② リストを確認しながら、適切な生産方法で作業を実施
- ③ その都度、適正にできたかどうかの記録
- ④ 適切に実施できなかった原因を検討
- ⑤ 次の作業や次期作に向けて、実施内容や方法を見直し

①～⑤の活動を繰り返すことが GAP への取組です。

ヨーロッパでは、流通業者などが自主的に設立した欧州小売業組合（ユーレップ）がユーレップ GAP を作成しています。また、最近では、中国、タイなども輸出競争力を確保するために同レベルの GAP の策定・取り組みを積極的に進めています。

○食品安全のための GAP とは

「食品安全 GAP」は、消費者の関心が特に高い食品の安全性の確保を目的としています。まず、食品の安全性に悪い影響を与える危害要因（残留農薬、重金属、病原微

生物、異物混入など)とその影響をできるだけ抑える生産方法(水田周辺の状況確認、農薬の適正使用、水管理期間の延長、収穫機の清掃、生産資材の適切な管理、選果場の清掃・整頓など)をリストアップします。このリストに従って、確実に実施・記録し、より適切な生産方法に見直していきます。これを繰り返すことが「食品安全 GAP」の取り組みです。

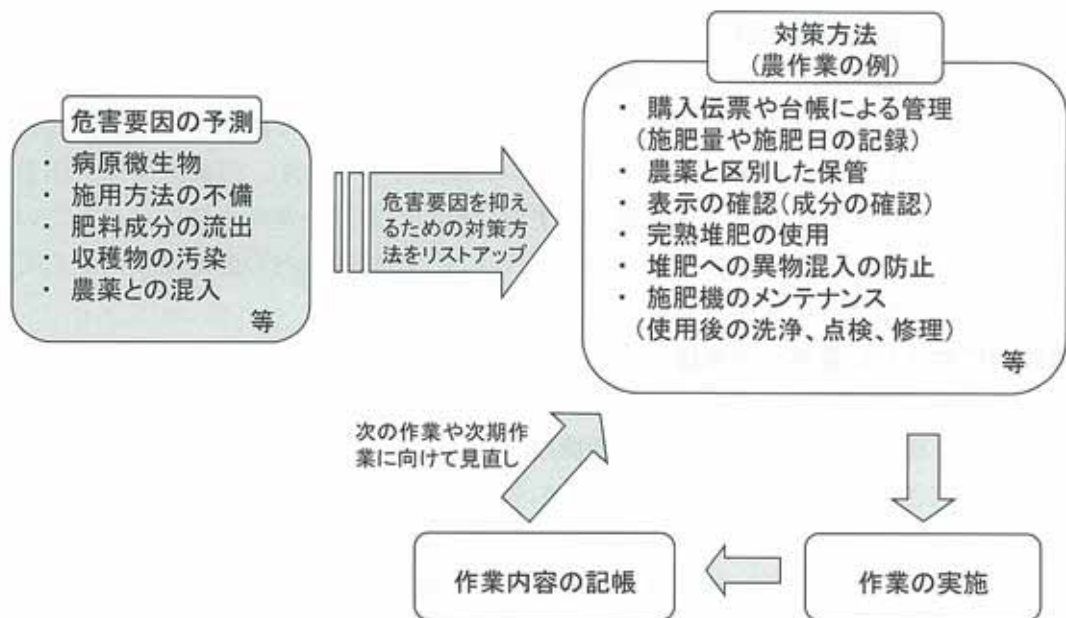
GAPは新しい考え方ですが、とくに難しいことではなく、内容は通常の農作業です。日頃行っている農作業を見直すことが第一歩です。まずできることから取り組み、GAPの考え方、取り組み方を練習しながら、改善していくことが必要です。このため、農林水産省では、食品の安全に対する影響が大きいと考えられるもの、生産者として取り組みやすいものを整理して、「入門 GAP」としてホームページに示しています。詳しくは、農林水産省消費・安全局HP

(http://www.maff.go.jp/syohi_anzen/gap/index.htm)に公開されています。

(参考)

肥料は農業生産に欠かせない重要な資材です。施肥を含む留意すべき対策方法(具体的な農作業)は下図のようにまとめることができます。

○ 食品安全 GAP における肥料による作業のチェックポイント例



Q5

環境保全を進めるために、どのような支援策がとられていますか

農家の高齢化や混住化などにより、農地や農業用水の適切な保全管理が困難になってきています。また、ゆとりや安らぎといった国民の価値観の変化への対応が必要になってきています。さらに、我が国の農業生産全体の在り方を環境保全を重視したものへの転換が求められています。このようなことから、国では、地域ぐるみで行うと効果の高い水路の清掃や草刈りなどの共同活動と、農業者ぐるみで行う先進的な営農活動を支援する「農地・水・環境保全向上対策」の導入を計画しています。

○農地・水・環境保全向上対策

平成18年度は、全国約600の地域で、共同活動への支援について、実験的な取組に対する助成（実験事業）を行い、平成19年度より環境にやさしい農業への支援も含めて本格的に実施される予定です。

●共同活動への支援

新しい助成を受けるには、まず「活動組織」をつくる必要があります。活動組織づくりは、対象地域をまとめることから始めます。地域の水路や農道などを守っていく共同活動に、もっとも取り組みやすいまとまりを、それぞれの地域の判断で設定します。そして、活動組織には、農業者だけでなく、それ以外の構成員が参加することが必要です。構成員となった人は、規約や活動計画に基づいて、地域の資源や環境を守る共同活動、たとえば水路の清掃、草刈り、生き物調査などに参加することになります。次に、それぞれの活動組織で共同活動の計画をつくります。活動計画は、国が示した活動指針を目安にしながら作成しますが、その内容が一定の水準に到達していることが、交付金の交付の条件になります。そして、活動組織内の農地面積に応じて、共同活動を支援する助成金が交付されます。

●環境にやさしい農業への支援

平成19年度からは、地域ぐるみでの資源を守る活動に対する支援とともに、化学肥料や化学合成農薬の大幅低減などの環境にやさしい先進的な営農活動に対する支援も新たに導入されます。支援を受けるためのステップと主なポイントは以下のとおりです。

まず、ステップ1では、対象地域を設定し、区域の農家がみんなで行う取組について合意します。

対象地区：保全向上活動の支援地域内であること

農家全体の取組：区域の農家全体で環境負荷を減らす取組を実践すること

ステップ2では、一定のまとまりを持った取組として、化学肥料や化学合成農薬の大幅低減に挑戦します。

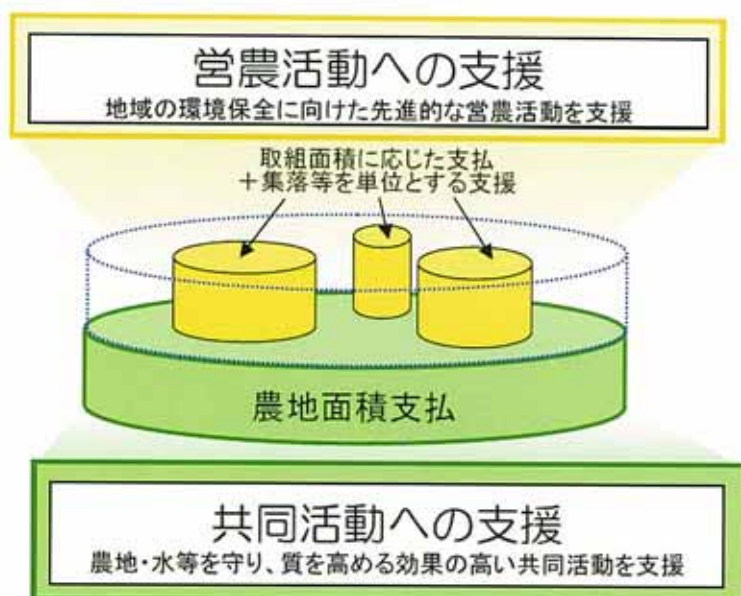
支援対象の取組：①化学肥料や化学合成農薬の使用を原則5割以上減らすこと

②エコファーマーの認定を受けること

③一定のまとまりを持った取組であること

詳細については、農林水産省 HP (http://www.maff.go.jp/nouti_mizu/index.html) に公開されています。但し、これは新しい施策であり、今後内容に変更が生じる可能性がありますので、ご注意下さい。

ここでは、化学肥料の使用量を5割以上減らすことが原則となっていますが、化学肥料は作物生産に必要な資材ですし、それ自体は環境に悪い影響を与えるものではありません。その使い過ぎが問題なので、有機質資材との併用や効率的な施肥技術の導入が必要とされています。



農林水産省：環境にやさしい農業を地域で進めよう～農地・水・環境保全向上対策の紹介～（リーフレット）より

第2部

土壌診断と栄養診断

Q1 土壌診断は何のために行うのですか

土壌診断は、作物が生育するために必要な土壌の物理性や化学性を調査・分析して、良好な栽培管理ができるように改善するために行います。

我が国の農耕地は、降雨により塩基類が流亡しやすく酸性化しやすいという特徴があります。また、我が国の農耕地では集約的な栽培が行われているため、リン酸やカリなどの養分富化が進行しており、不足だけではなく、土壌養分の過剰による養分間のバランスが乱れてきています。さらに、農業機械の影響で土が硬くなります。このような土壌の問題点を明らかにし、作物の栽培に適した土壌に改良するために土壌診断を行います。

土壌診断には、対策診断と予防診断があります。対策診断は作物生育の問題がみられたとき、その原因を明らかにするために行う診断ですが、予防診断は、ほ場の状態を知ることにより圃場間の格差を改善して作物生産の安定化に役立てるために行います。つまり、対策診断は「病気になったときに病院にゆく」ようなものであり、予防診断は「人間ドックで診断を受ける」ようなものです。

土壌診断というと化学分析が中心で、現地での観察や聴き取りが軽視されがちですが、過去の栽培歴、管理方法の聴き取りをしたり、土色や手で触れた感覚で、異常の原因やその程度がわかることもあります。特に、定期的に行う土壌診断では、室内で機械的に分析するケースが多く、重要な診断項目を見落とすことにもなりかねません。

土壌診断はおおよそ次の手順ですすめられます。

- ①資料の収集：診断の目的をはっきりさせるために、過去の事例や調査結果、資料などを収集して診断地域の概況を把握し、どこに問題があるかおおまかに把握します。
- ②現地での調査：診断の対象となる現場に出かけ、圃場の環境を調査し、対象作物の状態を観察し、栽培概要の聞き取りを行った上で土壌を観察します。
- ③試料の採取：問題が土壌に由来すると判断されれば、土壌分析を行うための土壌を採取します。圃場の中で生育の正常な所と異常な所があれば、両方を採取します。
- ④処方箋の作成：持ち帰った土壌を実験室で分析して、その分析値に基づき問題点を判断し、その対策を処方箋として作成します。
- ⑤現地指導：得られた結果を現地に持ち帰り、実際の改良対策の指導を行います。とくに土の物理性に問題があるときは、現地の実地指導により正しい改良をすることが必要です。

(参考文献) 藤原・安西・加藤(1996)：土壌診断の方法と活用，農文協

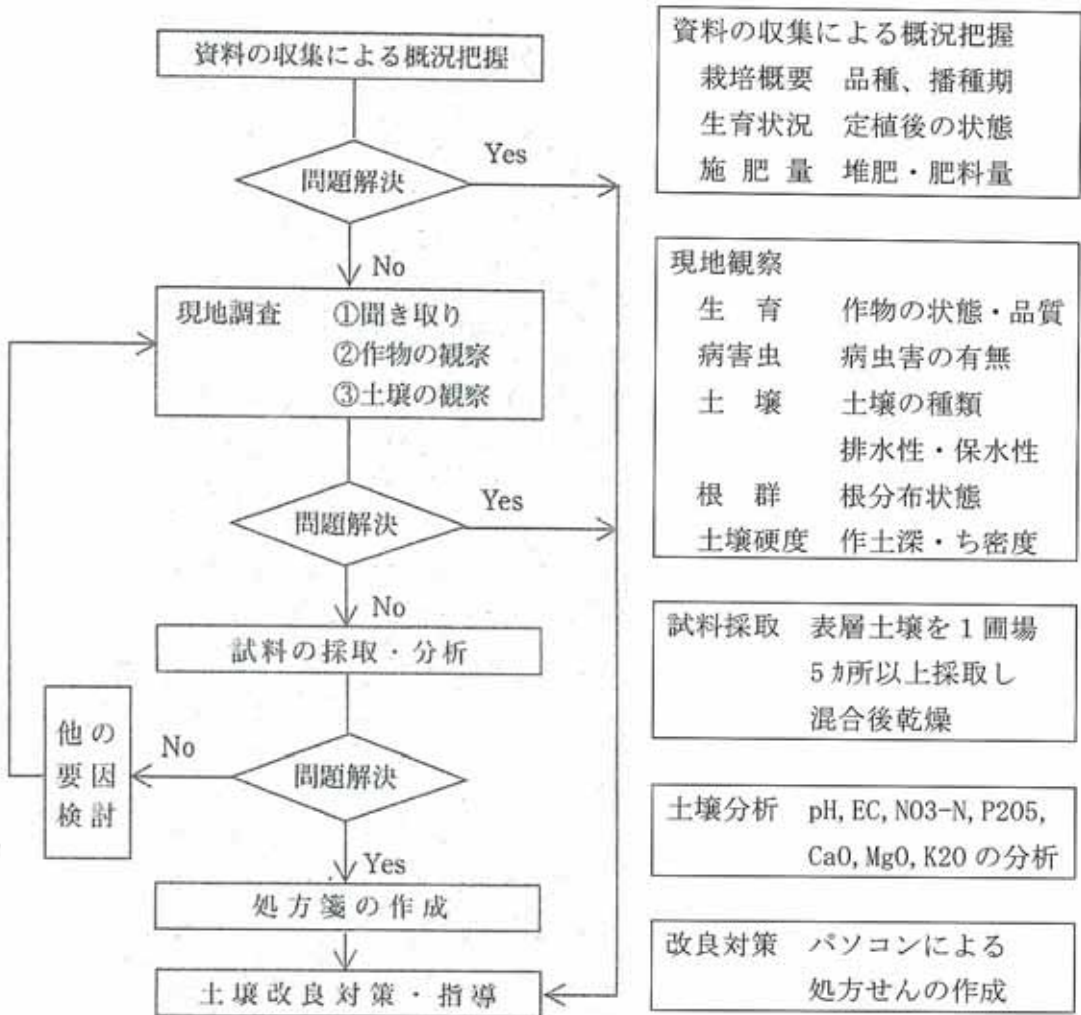


図 土壌診断の手順

Q2 土壌診断はどんな項目を調べるのですか

現場では土壌の硬さや水はけの良さのような物理的性質を調べ、実験室に持ち帰って肥料成分含量などの化学的性質を調査します。

土壌診断には土壌の性質をみる物理的診断と、養分をみる化学的診断があり、作物別にそれぞれに基準が設定されています。診断基準の例を表に示しました。

物理的な診断項目は、作土の厚さ、有効土層、三相分布、土壌の硬さ(ち密度)、仮比重、粗孔隙、有効水分保持能、透水性、地下水位などがあります。なかでも、根張りに関係する作土の厚さと土壌の硬さ(ち密度)が重要です。

化学的な診断項目は、pH、電気伝導度(EC)、陽イオン交換容量(CEC)、交換性塩基(石灰、苦土、カリ)含量とそのバランス、可給態リン酸、可給態ケイ酸、腐植などです。なかでもpHとECが簡便に測定できるのでよく使われますが、養分のバランスが重要になっている現在では、塩基成分を測定し、そのバランスについても調査します。

pH：土の酸性度を示す数字で、適正値は作物によって異なりますが、通常 6.0～6.5 の弱酸性が適しています。

EC：土壌中のイオン濃度です。一般に硝酸性窒素(NO₃-N)含量と相関が高く、窒素肥料の残存量のめやすとして利用されます。土壌の種類によっても異なりますが、通常 0.4 以下では窒素は標準量の施肥、1 以上では減肥する必要があります。

可給態リン酸(P205)：作物が根から吸収できるリン酸で、トルオグリン酸とも呼ばれます。適正域は 20～50mg/100g であり、10mg 以下ではリン酸資材の施用による改良対策が必要です。

CEC：土壌粒子が陽イオンを吸着できる力であり陽イオン交換容量ともいいます。土壌 100g あたりのミリグラム当量(meq)で表わし、大きいほど肥沃といえます。一般に、火山灰土 20～40meq、沖積土 10～30meq です。

塩基成分：石灰(CaO)、苦土(MgO)、カリ(K₂O) は陽イオンとして土壌を中和する役割があります。土壌に吸着された塩基を交換性塩基といい mg/100g で表示します。土壌診断ではさらに塩基飽和度に換算しますが、次式により計算します。

石灰飽和度=CaOmg/28/CEC*100

苦土飽和度=MgOmg/20/CEC*100

カリ飽和度=K₂Omg/47/CEC*100

一般に石灰飽和度 50%、苦土飽和度 20%、カリ飽和度 10%程度が適しています。

石灰苦土比：塩基成分のうち、石灰(CaO)と苦土(MgO)の比をいい、適正値は当量比で8以下です。

苦土カリ比：塩基成分のうち、苦土(MgO)とカリ(K₂O)の比率をいい、当量比で2以上が適正値です。苦土カリ比が低いと、作物は苦土欠乏を起こします。

(参考文献) 藤原・安西・加藤(1996)：土壌診断の方法と活用，農文協

表 診断基準の事例

項目(単位)	水田	露地畑	施設畑
作土の厚さ(cm)	15以上	20以上	20以上
有効根群域(cm)	60以上	60以上	60以上
根群域ち密度(mm)	24以下	22以下	22以下
pH(水1:2.5)	6.0~6.5	6.0~6.5	6.0~6.5
EC(dS/m, 水1:5)		0.3以下	0.4以下
可給態リン酸(mg/100g)	10~20	20~50	40~80
CEC(meq/100g)	12以上	15以上	15以上
塩基飽和度(%)	60~80	60~80	70~90
CaO飽和度(%)	40~50	40~50	50~60
MgO飽和度(%)	5~10	10~15	15~20
K ₂ O飽和度(%)	1~5	2~8	3~10
CaO/MgO当量比	8以下	6以下	6以下
MgO/K ₂ O当量比	2以上	2以上	2以上

(注)これは火山灰土壌の例であり、土壌の種類により異なる。

Q 3

土壌診断の結果は土づくり・施肥にどのように反映されるのですか

調査・分析結果をもとに、栽培する作物に適した管理をするための対策が行われます。

土壌診断の結果から土壌の健康状態を把握し、目的とする作物に適した土壌条件となるように対策をします。診断の指標となる「土壌診断基準」は、各地域で作物別に作成されています。土壌の分析結果から診断基準を参考にして土壌改良資材の量を計算するのは、かなり複雑で時間がかかるため、現在ではパソコンを活用して対策（処方箋）を作成するのが一般的です。

パソコンに土壌の分析結果を入力すると、該当する診断基準に対して pH、EC、リン酸、苦土、石灰、カリなどの項目について、それぞれの測定値が基準以下か？基準内か？基準以上か？を判断します。基準以下の時は不足成分の適正施用量を算出し、基準以上の時は過剰成分の減肥を指示するなど、それぞれの診断項目が適正範囲になるよう施肥管理の処方箋が作成されます。

パソコンを利用した処方箋の事例を表に示しました。入力した各項目について養分の過不足が表示され、土壌改良に必要な資材量や施肥上の注意が表示されます。現在では、診断結果を基にして基肥や追肥の量や望ましい肥料の種類を示してくれるソフトも開発されています。

パソコン利用の診断システムは、複雑な資材施用量の計算を効率化することにあります。現場での適用にあたって以下のことに留意する必要があります。

- ①作物の生育は、土壌の化学的性質だけではなく、作土の深さ、有効土層の深さ、透水性や通気性、土壌のち密度、地下水位の位置等の物理的要因や病害虫の発生状況等多くの要因が関与しています。これらの条件も考慮にいたった総合的な診断が必要です。
- ②処方箋は渡すだけでなく、農家にわかりやすく診断結果を説明します。施肥量や作物の生育状況を聞きながら、気象条件や土壌の特性とあわせて、分析結果のもつ意味を考え説明します。その結果、なぜ改良資材の施用が必要なのか？なぜ減肥が必要なのか？を農家に理解してもらうことが大切です。

（参考文献）関東土壌肥料専技会（1996）：現場の土づくり・施肥，JA 全農



図 土壌診断の流れ

圃場データ

圃場の種類 露地畑 作物名 ナス
 土壌の種類 腐植質黒ボク土

改良処方箋

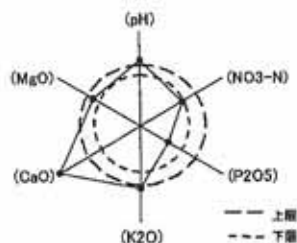
改良処方箋とコメント

リン酸資材	重焼リン	45 kg/10aを施用
石灰・苦土資材		
石灰資材	石灰はかなり多めです	
苦土資材	苦土は適正域内です	標準施肥して下さい
カリ資材	カリはやや多めです	基肥のカリを控えてください
窒素の残存	窒素の残存は無視できます	

分析データ

* 単位:mg/±100g

	分析値	(適正範囲)	判定
pH (H ₂ O)	6.3	(5.5 ~ 6.0)	やや高めです
EC (ms/cm)	0.87	(< 0.3)	高いです
NO ₃ -N	1.0*	(< 3.0)	適正です
リン酸 (P2O5)	12.6*	(20 ~ 50)	低いです
苦土カリ比	1.3	(1.1 ~ 3.2)	適正です
CEC (meq)	20.0		



	分析値	(適正範囲)	飽和度	(適正範囲)	判定
石灰 (CaO)	373*	(224 ~ 280)	66.6%	(40% ~ 50%)	高いです
苦土 (MgO)	48*	(40 ~ 60)	12.0%	(10% ~ 15%)	適正です
カリ (K ₂ O)	38*	(19 ~ 38)	4.0%	(2% ~ 4%)	やや高めです
塩基飽和度			82.6%	(55% ~ 65%)	高いです

図 パソコンによる処方せん作成の例 (神奈川県)

Q4 土壌診断はもっと簡単にできないのですか

土壌診断を正確に行うためには高価な分析機械が必要ですが、安価な試験紙や装置を使ってもできます。

土壌診断のための土壌分析は、圃場から採取した土を乾燥させ、破碎して均一な試料をつくり、そこから精密な天秤を用いて正確に測定した試料から定められた方法で目的養分を抽出し、高価な測定器を使って分析します。

これでは大変な設備投資が必要なため、もっと簡単に土壌診断をする方法が提案されています。その中のいくつかを紹介します。この中から、目的に適した方法を選択して、土壌診断を行うことができます。

(1) みどりくん (パイエルメディカル㈱)

もっと簡単な方法として試験紙だけですむ方法があります。その代表が東京農大で開発された「みどりくん」(写真1)です。しかし、この方法では、pH、硝酸性窒素、水溶性リン酸、水溶性のカリだけしか測定できません。

(2) ドクターソイル (富士平工業㈱)

ドクターソイルは、写真2に示したような手提げ式の木箱ケースにセットが入っており、現場で測定する装置です。この装置では、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、可給態リン酸、交換性塩基、鉄、マンガンなどが測定できます。分析手順は次のとおりです。

- ①ろ過器にろ紙をセットし、抽出容器に抽出試薬を一定量入れます。
- ②圃場から採取した生土を、計量容器で計りとり、抽出容器に入れます。
- ③抽出容器とろ過器をしっかりとめ込み、3分間よく振ります。
- ④上下を逆さまにして抽出容器の栓をとりそのまま濾過します。
- ⑤ろ液を一定量採り、試薬を加えてよく振ります。
- ⑥一定時間後に比色表と比べて数値を読みます。

(3) ZA パーソナル

もうすこし高度な装置としては、携帯・設置併用型総合分析器として「ZA パーソナル」(写真3)が全農と富士平工業㈱により開発されています。

この装置は土壌(生土、風乾土)、作物体、水耕培養液の分析が可能のため総合分析器と呼ばれています。測定には比色計を用いるため、精度は高くなります。主要な分析項目は下記に示したようにほとんどの分析が可能です。

土壌(生土・乾土)：pH、EC、硝酸性窒素、可給態リン酸、交換性加里、交換性石灰、交換性苦土、ケイ酸



写真1 みどりくん (バイエルメディカル社)



写真2 ドクターソイルのセット (富士平工業株)



写真3 ZAパーソナルのセット (富士平工業株)

Q5

土だけでなく、作物の栄養状態を診断することも必要ですか

葉色や葉柄の硝酸性窒素を測定して肥料の過不足を知る方法があります。

作物の栄養診断は、かつてはカラスケールや葉色計による葉色の測定が行われていましたが、現在では、イオンメーターや試験紙で簡易に硝酸性窒素を測定する方法が開発されたこともあって、葉柄中の硝酸性窒素濃度を測定して診断する方法が主流となっています。

作物栄養診断は、作物にとって最も重要な窒素の栄養状態を測定する方法です。これは、作物は主として硝酸の形で窒素を吸収した後、体内でアンモニアに還元した後、アミノ酸や蛋白を合成します。土壌の窒素の多少は作物体の硝酸含量に大きく影響します。このため、作物の適正な硝酸濃度を把握しておけば、作物の栄養状態が把握できることとなります。その方法は次の通りです。また、作物別の基準値を表に示しました。

- ①作物により採取する部位を定めます。
- ②葉柄から搾汁液を採取するときは、葉柄を2cm前後に切断してニンニク絞り器で絞り取ります。
- ③搾汁液は、試験紙(メルコクアント硝酸イオン試験紙など)やコンパクト硝酸イオンメーターを用いるのが便利です。

また、作物体の外観徴候による診断もすることができます。作物は要素の欠乏や過剰によって、その養分に特有な徴候が現れることから、外観を観察することで診断の手がかりとすることができます。ただし、このような外部的な徴候は作物の種類・品種・部位・生育時期などによって異なったり、複数の要素・要因がからむ場合もあるため、慎重に判断することが重要です。

下位の古い葉や組織に現れやすい要素
(作物体内を移動しやすい要素)

窒素、リン、カリウム、亜鉛、
マグネシウム、モリブデン

上位の新しい葉や組織に現れやすい要素
(作物体内を移動しにくい要素)

カルシウム、鉄、マンガン、
ホウ素、銅

なお硫黄は移動しやすい要素にもかかわらず、欠乏症状は、上位葉に現れやすいことが知られています。

(参考文献) 岡本昌広(2005)：農耕と園芸，2月号，p29～32

表 野菜類の栄養診断基準値（硝酸イオン含量）の例

作物名	測定部位	作型	収穫時期	測定時期	N03量(ppm)		
キュウリ	14～16節の本葉 または、その側 枝第1葉の葉柄 部	促成	2～6月	3～4月	3,500～5,000		
				5月	900～1,800		
				6月	500～1,500		
		半促成	3～6月	4月	3,500～5,000		
				5月	900～1,800		
				6月	500～1,500		
		抑制	9～11月	9～11月	3,500～5,000		
		トマト	ピンポン玉程度 の果房直下の本 葉の葉柄	促成	12～2月	12～2月	1,500～3,000
				半促成	5～7月	5～7月	1,000～2,000
長期採	2～7月			2月	4,000～5,000		
				3～4月	2,000～3,500		
				5～6月	500～1,500		
抑制	8～11月			8～9月	7,500～9,000		
				9月以降	5,000～6,000		
				メロン	果実直下の葉柄	半促成	7月
ナス	展開葉から3～ 5葉目の葉柄			露地	7～10月	7～8月 8月以降	3,500～5,000 2,500～3,500
イチゴ	展開葉から3葉 目の葉柄	促成	12～4月	11月	2,500～3,500		
				1月	1,500～2,500		
				2月	1,000～2,000		

(注)硝酸イオン(N03)で表示しているため、硝酸性窒素窒素(N03-N)でに換算するには
0.226 を乗じる。

第3部

環境と調和した土づくり

Q1 土づくりは何故必要なのですか

農業生産の基盤である土壌は、限りある大切な資源であり、上手に管理しないと失われやすい資源でもあるのです。作物を育む土の機能を将来にわたって利用し、食糧を安定的・持続的に生産していくためには、作物の生産に関与する土の能力を高め、それを維持する「土づくり」が必要なのです。

作物の生育には、光・水・空気・温度・養分などが必要であり、さらに有害要因がないことも必要です(図1)。土は、これらの6要因のうち、光を除く全てに関与しており、作物生産の基盤として重要であることを示しています。作物の生育にとって「良い土」は、水分・空気・養分などを適度に保持し、それを供給するとともに、外部から加えられる降雨・乾燥・温度変化などの影響を和らげる緩衝機能に優れています。作物の生産に関与する土の能力は、「地力」、「土壌肥沃度」あるいは「土壌生産力」と呼ばれ、物理的要因、化学的要因、生物的要因に分けて考えられます(表1)。

わが国初の本格的な土壌調査である「地力保全基本調査(1959~78年)」では、物理的及び化学的要因に基づき総合的に地力を評価するために、土壌生産力の可能性をⅠ~Ⅳ等級に区分しました(表2)。その結果、「かなり大きな阻害要因を有し問題のある土壌」とされるⅢ等級の面積割合が、水田の38.9%、畑地の63.4%に及びました。つまり、改善すべき問題点を元々抱えている土壌があり、土づくりの必要があった訳です。そして、「土づくり運動推進要綱(1975年)」が対策の基本方針として示され、その後、各都道府県で土づくり運動が活発に進められ、不良土壌の改良に大きな成果を挙げました。

しかし、比較的温暖で雨が多く急峻な地形のわが国では、土の有機物の分解や石灰・苦土などの塩基成分の流亡が起りやすく、地力が低下しがちです。したがって、土づくりも、一旦目標値を達成すれば完了ではなく、持続的に行う必要があります。

また、最近では、生産者の高齢化に起因する労働力の不足などもあって、土づくりの重要な手段である堆肥の施用量が水田を中心に減少し、地力の低下によると推定される輪作畑作物の収量低下が顕在化しつつあります。その一方、野菜畑などでは、植物質原料主体のかつての堆肥に比べて養分・塩分の高い家畜ふん堆肥が、充分量の化学肥料に上乗せして施用され、土の養分バランスの悪化や過剰養分による作物の障害や水系汚染が懸念されています。さらに、作業効率の重視による耕耘作土の浅層化も進んでいます。

このような状況に対応して、今後も、環境への影響にも留意しつつ、有機物の適正施用、適切な施肥、的確な耕耘などの方法で土づくりを進めていく必要があります(図2)。

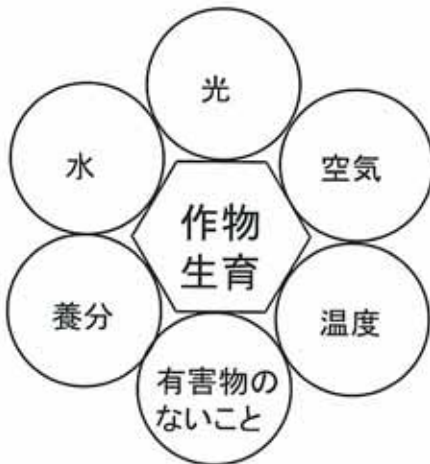


図1 作物生育を支える6要因

表1 地力を構成する要因と主な項目

地力の要因	主な項目
物理的要因	作土層・有効土層の厚さ、耕耘の難易、排水性・保水性、耐風食性・耐水食性など
化学的要因	養分保持力・固定力、養分供給力、pHなどの緩衝力、酸化還元電位、有害物質の有無など
生物的要因	有機物分解能、硝酸化成能、窒素固定能、病害虫に対する緩衝力など

表2 土壤生産力の分級基準

等級	基準
I	正当な収量をあげ、また正当な土壤管理を行う上に、土壤的にみてほとんどあるいはまったく制限因子あるいは阻害因子がなく、また土壤悪化の危険性もない良好な耕地とみなされる土地
II	正当な収量をあげ、また正当な土壤管理を行う上に、土壤的にみて若干の制限因子あるいは阻害因子があり、あるいはまた土壤悪化の危険性が多少存在する土地
III	正当な収量をあげ、また正当な土壤管理を行う上に、土壤的にみてかなり大きな制限因子または阻害因子があり、あるいは土壤悪化の危険性のかなり大きい土地
IV	正当な収量をあげ、また正当な土壤管理を行う上に、土壤的にみて、きわめて大きな制限要因あるいは阻害因子があり、あるいは土壤悪化の危険性がきわめて大きく、耕地として利用するにはきわめて困難と認められる土地



図2 土づくりの背景の変遷

Q2 土づくりは、どのように行うのですか

土づくりの手段としては、堆肥など有機物の施用、適正な施肥、的確な耕耘、除稈、客土、輪作、過剰な塩類の除去、排水対策などがあげられます。地力を構成する要因は多様であり、適する土づくりの手段が異なるので、土壌診断などによって改善すべき要因を把握し、効果的な手段をバランス良く選択することが重要です。

作土の厚さが不足している場合や、ち密度が高く土が硬い場合には、作物は十分な根を張れなくなります。また、適度な通気性と保水性は根の健康には重要ですし、作物の生育に好適な土の pH や土壌中の養分のバランスと量が維持されることも必要です。

地力増進指針（1-Q2参照）では、水田・畑・樹園地などの農地の利用形態別に、十分な収量・品質を得るために必要な土壌の性質の基本的な改善目標が設定されており、表1には、水田の例を示しました。また、各都道府県において、土壌の種類や主要な作物などの立地条件に対応して個別の基準値を設定している場合には、それを目標とすべきです。

土づくりによって良い土の条件を維持するには、作物の生育状況を把握するとともに、定期的に土壌診断を行い、改善目標（診断基準値）を達成するための対策を施します。表2に示したように、地力を構成する要因によって、それを維持するのに適した手段が異なるので、効果的な対策を選ぶことが重要です。どんなに一生懸命に堆肥や肥料を施用しても、作土が5cmしかない状態では、作物生育を確保することは難しくなります。こうした場合には、土壌の化学性の改善より、作土層の拡大などによって物理的阻害要因の改善を優先的に行う必要があります。ただし、作土層を拡大するため、むやみに深耕することで、水田では耕盤破碎による漏水や養分の溶脱などを起こさないよう注意します。また、耕耘を深く行うことで下層土が混ざるため、作土全体の地力低下を生じないよう堆肥や肥料などの施用が必要になることにも配慮すべきです。このように、地力を構成する各要因を総合的に捉えて土づくりを進める必要があります。

土づくりの効果は、土壌の種類や用いる手段の内容によっても異なります。例えば、堆肥など有機質資材は、殆どの地力要因の維持に有効ですが、その施用効果は、資材の種類や施用時期、土壌の質によって大きく異なるので注意が必要です。湿田では稲わらなどを施用すると、分解過程で強い還元状態となり、硫化水素を発生して茎数不足や秋落ち、根腐れなどによる減収を招く危険性も含んでいます。一方、砂質で透水性や排水の良い水田では、そうした障害も少なく、高い施用効果が得られます（表3）。

表1 水田における基本的な改善目標

土壌の性質	土壌の種類	
	灰色低地土、グライ土、黄色土、褐色低地土、灰色台地土、グライ台地土、褐色森林土	多量黒ボク土、泥炭土、黒泥土、黒ボクグライ土、黒ボク土
作土の厚さ	15cm以上	
すき床層のち密度	山中式硬度計で14mm以上24mm以下	
主要根群域の最大ち密度	山中式硬度計で24mm以下	
たん水透水性	日減水深で20mm以上30mm以下	
pH	6.0以上6.5以下(石灰質土壌では6.0以上8.0以下)	
陽イオン交換容量(CEC)	乾土100g当たり12meq(ミリグラム当量)以上(ただし、中粗粒質の土壌では8meq以上)	乾土100g当たり15meq以上
塩基状態	塩基飽和度	カルシウム(石灰)、マグネシウム(苦土)およびカリウム(加里)イオンがCECの70~90%を飽和すること
	塩基組成	カルシウム、マグネシウムおよびカリウム含有量の当量比が(65~75):(20~25):(2~10)であること
有効態リン酸含有量	乾土100g当たりP ₂ O ₅ として10mg以上	
有効態ケイ酸含有量	乾土100g当たりSiO ₂ として15mg以上	
可給態窒素含有量	乾土100g当たりNとして8mg以上20mg以下	
土壌有機物含有量	乾土100g当たり2g以上	—
遊離酸化鉄含有量	乾土100g当たり0.8g以上	

- 注1. 主要根群域は、地下30cmまでの土層とする。
 2. 日減水深は、水稲の生育段階によって10mm以上20mm以下で管理することが必要な時期がある。
 3. 陽イオン交換容量は、塩基置換容量と同義であり、本表の数字はpH7における測定値である。
 4. 有効態リン酸は、トルオーグ法による分析値である。
 5. 有効態ケイ酸は、pH4.0の酢酸-酢酸ナトリウム緩衝液により浸出されるケイ酸量である。
 6. 可給態窒素は、土壌を風乾後30℃の温度下、たん水密閉状態で4週間培養した場合の無機態窒素の生成量である。
 7. 土壌有機物含有量は、土壌中の炭素含有量に係数1.724を乗じて算出した推定値である。

表2 地力の要因と維持手段

地力の要因		維持手段						
		有機物(堆肥・緑肥・作物残渣など)	耕作	客土・深耕	水管理(たん水、かん水)	化学肥料	施肥法	緩効性肥料
化学性	養分供給量	○		○	○	○		○
	養分の緩効・持続的供給	○		○	○		○	○
	pH、酸化還元、塩類濃度に対する緩衝力	○		○	○		○	○
	有害物質の除去	○			○			
物理性	水分供給能、排水性、透水性	○		○	○			
	通気性	○		○	○			
	易耕性	○		○	○			
	耐食性(水食、風食)	○	○					
生物性	有機物分解、窒素固定等の生物活性の増大	○	○					
	有害生物活動の抑制	○	○					

(早野, 1976を一部改定)

表3 土壌の特徴と土づくりの対策(水田の例)

土壌の種類		土壌の特徴							改善対策									
		透水性	養分保持力	養分供給力				遊離酸化鉄	透水性		養分保持		養分供給力			含鉄資材		
				ケイ酸	リン酸	塩基類	遊離酸化鉄		明暗渠	床締め	客土	深耕	堆肥	わら	ケイ酸		リン酸	塩基類
低地土	細粒質	潤田	小	大	多	多~中	多	多	◎	×	△	○	◎	×	△	△	△	×
		乾田	中	大	多	多~中	多	多	△	×	×	◎	◎	○	△	△	△	×
	中粗粒質	潤田	小	中	多	多	多~中	中	◎	△	○	○	◎	×	◎	×	○	○
		乾田	大	中	中	多	多~中	中	△	○	○	◎	◎	○	◎	×	◎	◎
礫質	潤田	大	中	中	多~中	中	中~少	×	◎	◎	△	◎	◎	○	◎	◎	◎	
	乾田	大	中	中	多~中	中	中~少	×	◎	◎	△	◎	◎	○	◎	◎	◎	
台地土	細粒質	潤田	小	大	多	多~中	多	多	◎	×	×	○	◎	×	△	○	△	×
		乾田	中	大~中	多	中	多~中	多	×	×	×	◎	◎	○	△	○	○	×
中粗粒質	潤田	小	大~中	多~中	多~中	中~少	多	◎	△	△	△	◎	×	○	○	◎	△	
	乾田	小	大	多	多	多~中	中	◎	×	×	△	◎	×	△	○	○	○	
黒ボク土	細粒質	潤田	小	大	多	多	多~中	中	◎	×	×	△	◎	×	△	○	○	○
		乾田	中	大	多	多~少	多	多	×	△	×	◎	◎	○	△	◎	◎	×

対策必要度: ◎:大、○:中、△小、×無(マイナス効果も含む)

堆肥はすべての土壌で養分供給力が増すが、未熟なものの施用は注意が必要

(新潟県 土地改良事業と土壌調査より引用)

Q3 作物によって土づくりのポイントは違うのですか

水田では、作業能率を重視した耕耘により、年々作土層が浅くなる傾向が見られます。作土が浅いと、①根が伸びにくい、②倒伏しやすい、③養分過多になりやすいなどの生産力の阻害要因につながります。対策として、根の分布範囲を拡げる作土深の確保（15cm程度が目安）がポイントです。また、堆肥の施用は年々低下しています。有機物が少ないと、①土が硬くなる、②地力窒素が少ない、③養分が流れやすく、土壌微生物が増えにくくなります。このことは、輪作畑作物の収量の停滞となって顕在化しつつあります（図1）。稲わらのすき込みは貴重な有機物の施用ですが、土壌の乾湿の程度やすき込む時期に配慮が必要です。すき込みが遅れると、①田植後、酸素不足（還元状態）により、鉄やマンガンが溶け出すため根腐れが起こる、②ガスの発生により根の活力が低下する、③微生物が土壌中の窒素を横取りするので、初期生育が悪くなるなどマイナス面が多くなります。対策としては、稲わらが分解するには約6ヶ月かかるので、稲刈り後なるべく早くすき込みます。また、湿田の場合は半量にし、強湿田は施用しないなどの配慮も必要です。

普通畑は、元々酸性土壌やリン酸固定力の強い土壌に立地することが多いため、酸性改良、リン酸や塩基成分の富化とバランスの改善がポイントになります。また、大型機械の走行による土壌の圧密化を解消して有効土層を広げるため、堆肥等の有機物施用や深耕を必要とする場合も多くあります。

野菜畑では、作付け回数が多く養分収奪量も多いため多肥である上に、養分を豊富に含む家畜ふん堆肥などが施用されるため、特定養分の過剰と養分バランスの悪化が進行し、その傾向は施設野菜畑で顕著に認められます（表1）。そのため、生理障害の発生や、露地野菜畑を中心に窒素などの栄養塩類の溶脱に起因する環境負荷が懸念されています。したがって、土壌診断に基づく養分間の濃度とバランスの適正化、環境保全に配慮した堆肥施用などが重要なポイントになります。

果樹園土壌は、深耕による下層土の物理性改良と堆肥、石灰、リン酸施用による土壌改良が続けられた結果、現状の平均値では、おおむね適正值の範囲にあり、維持段階にあるといわれています。果樹でも栽培農家の高齢化が進み、容易に改植できる状況がありません。そのため、樹勢の維持・回復のための土づくりがポイントであり、樹幹の周囲に部分深耕と堆肥施用を組合せて施すことにより、細根が増えるなどの効果を得ています。また、野菜と同様に果樹でも窒素投入量の多い樹種があり、環境負荷の低減に配慮した土づくりを進める必要があります。

茶園では、窒素多肥のため、土壌の酸性化とそれに伴う石灰、苦土の不足やリン酸の肥効低下があります。茶樹は酸性に対する耐性が強いものの、pH 4 以下では矯正が必要です。過剰窒素による環境負荷を低減するためにも、有効土層・根域の拡大と根活性を向上する土づくりを行い、施用窒素の利用率を向上することによって、窒素の投入量を茶樹の吸収量に見合うように削減することが重要なポイントです。

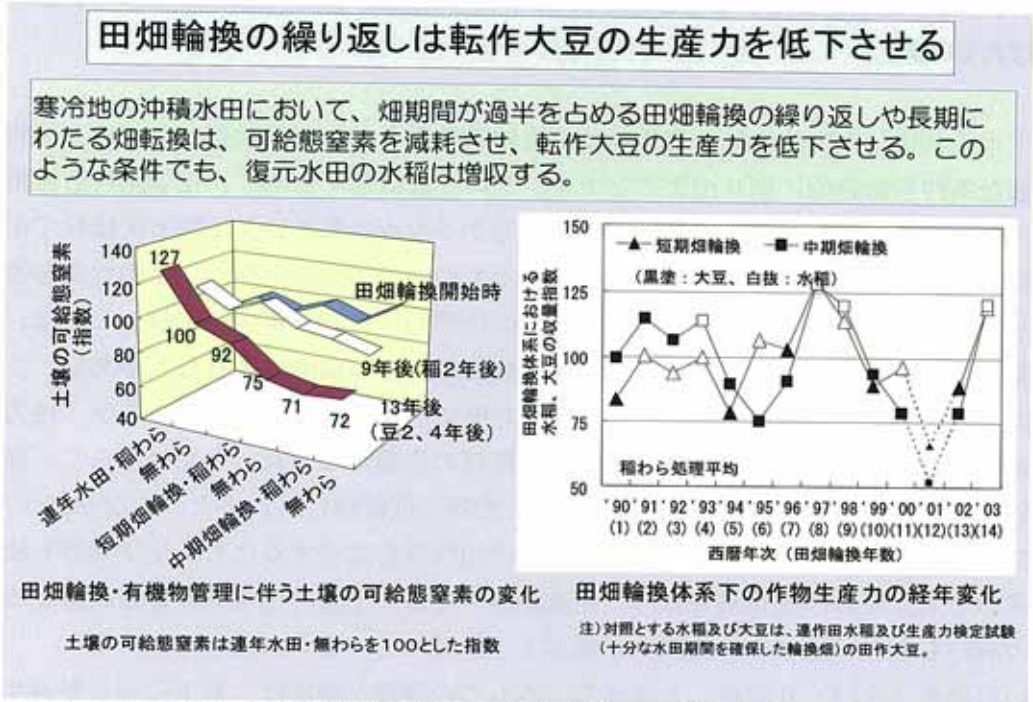


図1 田畑輪換における有機物施用に伴う土壌の可給態窒素と作物収量の変化 (東北農研成果情報、2004より)

表1 施設園芸畑と露地野菜畑の作土の化学性

		pH(H ₂ O)	EC (μ S/cm)	有効態リン酸 (mg/100g)	塩基飽和度(%)			
					Ca	Mg	K	合計
施設	軟弱野菜	6.5	0.92	207	112	27	12	151
	ナス	5.8	1.1	241	85	26	10	121
	トマト	6.5	0.84	133	101	28	6	135
	キュウリ	6.1	0.75	221	75	21	11	107
	イチゴ	6.4	0.27	111	76	21	8	105
	施設平均	6.2	0.73	174	86	23	9	117
	基準値例	6.0~6.5	>0.3~0.4	40~80	50~60	15~20	3~6(>10)	80
露地	平均	6.2	0.2	88	58	12	6	76
	基準値例	5.5~6.0	>0.2~0.3	20~50	40~50	10~15	2~4(>8)	60

谷本(1991)より作成、基準値例は神奈川県の設定値による

Q 4 土づくりに化学肥料を使うこともあるのですか

「土づくり」というと、すぐに堆肥や稲わらなどの有機物を土に施用することと考えられがちですが、化学肥料を使用する場合もあり、土づくりに効果的な化学肥料は「土づくり肥料」と呼ばれています。

土づくりは、土の物理的、化学的及び生物的性質をそれぞれ改善しながら、作物に好適な条件を総合的に創り出すことです。その手段は色々であり、化学肥料も使用されます。例えば、水田の土づくりに用いられるケイカルは鉱さいケイ酸石灰肥料です。肥料には、植物の栄養となる成分を供給するもののほかに、土壌の化学的性質を改善するために施用するものがあります。土壌の化学的性質を改善する肥料としては、石灰窒素、よう成リン肥、石灰質肥料、ケイ酸質肥料、腐植酸質肥料などがあり、これらはかつて土壌改良資材として普及してきた歴史があるものです。ところが、地力増進法（1984年、法律第34号）で土壌改良資材の定義がなされ、上記のうち、一部を除いて大部分が土壌改良資材から除外され、肥料に位置付けられるようになりました。したがって、土づくりにおいて、土壌の化学的性質を改善するために化学肥料も使われるのです。なお、JA全農が扱う「系統肥料」では、土壌の化学的性質を改善する機能の高いものは「土づくり肥料」と呼ぶようになっています（図1）。

いわゆる「土づくり肥料」とされているものの種類と機能は、表1に示した通りです。石灰窒素は、緩効性の窒素肥料ですが、過剰の石灰を含み、土壌pHの矯正効果や、わらなどの粗大な有機物の土壌中での分解を促進する効果があります。また、わが国のような比較的多雨の条件下では、塩基類（カルシウム、マグネシウム、カリウムなど）が洗われて失われるため、土壌は酸性化します。加えて施肥に起因する土壌の酸性化もあります。その結果、土壌中のアルミニウムなどの金属元素の害作用が現れ易くなるとともにリン酸が不溶化して不足気味になります。そのため、石灰質肥料の施用による土壌pHの矯正が有効になります。リン酸質肥料の場合は、石灰質肥料とともに施用することにより、わが国に多い黒ボク土などの強いリン酸固定力を弱める目的で、よう成リン肥や焼成リン肥などが用いられています。ケイ酸質肥料は、水稻の倒伏耐性や病害虫耐性の向上、受光態勢を良好にすることで光合成を向上するとともに、土壌中でアルミニウムなどに固定されて作物が利用できないリン酸を解放して、その肥効を向上する働きが期待されます。

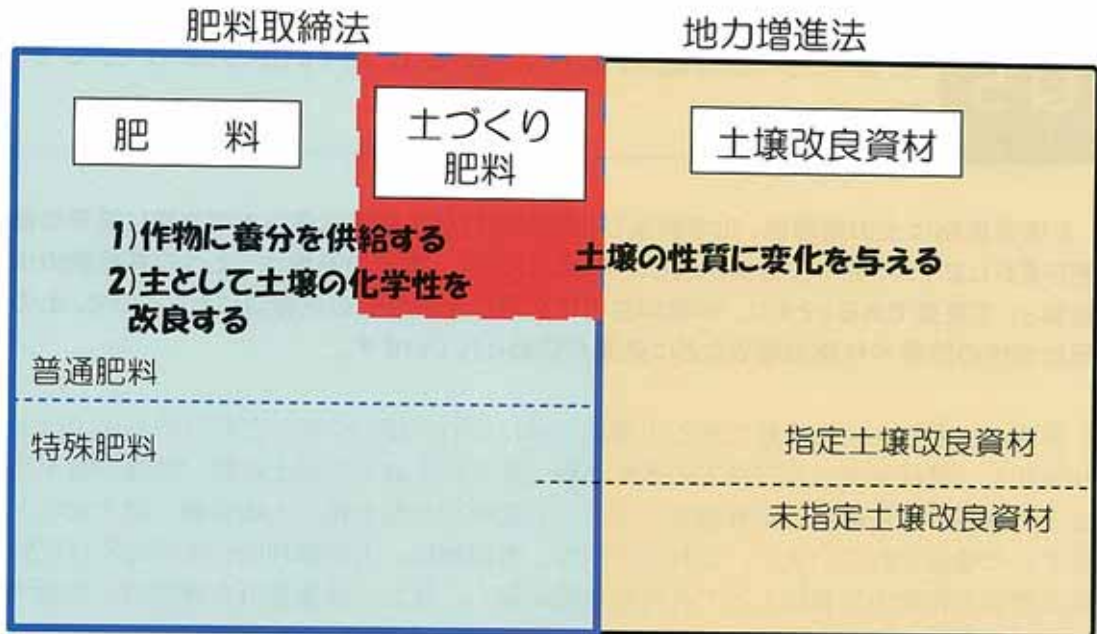


図1 土づくり肥料・資材の考え方 (JA全農、1986を改変)

表1 土づくり肥料の機能と分類

土づくり肥料の種類	主な機能
石灰質肥料、苦土質肥料	酸度矯正、塩基の補給
リン酸質肥料	リン酸固定の緩和、リン酸の補給
ケイ酸質肥料	ケイ酸の補給
石灰窒素	粗大有機物の分解促進

Q5 土づくりに堆肥の施用が重要とされるのはなぜですか

土壤有機物は土の物理的、化学的及び生物的な性質を良好に保つ上で非常に重要な役割を果たしますが、徐々に分解消耗します。これに対し、堆肥の施用は、土への有機物の供給源として重要であるとともに、作物の生育に必要な各種養分の供給源にもなるので、土の理化学性の改善や作物の増収などに効果が認められています。

作物の生産を支える基盤である土壤は、単に岩石が細かくなっただけのものではありません。母材となる岩石などの風化過程で新たに生成する粘土鉱物、植物や微生物などの遺体から供給される有機物、そして有機物の分解を担う土壤動物・微生物などによって構成されています。これらの中で、有機物は、土の物理的、化学的及び生物的な性質を作物の生育にとって良好な状態に保ち、また、各種養分を持続的に供給するなどの重要な役割を果たします。

わが国の森林や草地などの土壤では、多くの場合、落葉や落枝などによる有機物の還元量が分解量より多いため、土壤中の有機物含量は増えていきます。それに対して農耕地では、収穫物が搬出されるので有機物の土壤への還元量は限定されます。しかも、耕耘によって有機物の分解が促進されるので、土壤中の有機物が消耗され易いのです(図1)。そのため、人為的な有機物の補給が必要で、農業では古くから堆肥の施用により有機物を補ってきました。

収穫直後のわら類、作物残渣や家畜ふん尿は、微生物の栄養源となり易い低分子の糖、アミノ酸、脂肪酸などの易分解性有機物を多量に含んでいます。こうした有機物は新鮮有機物と呼ばれ、これを土壤に施用すると急激な微生物の増殖が起こります。その結果、酸素が消費され、土壤が還元化して根腐れを起こしたり、わらなどのように炭素含有率が高く窒素含有率が低い新鮮有機物では、微生物が増殖する際に土壤中の窒素を菌体中に取り込むため、作物が利用できる窒素が不足する「窒素飢餓」をもたらします。

新鮮有機物を適当な水分条件で堆積すると、まず低分子の糖、アミノ酸、脂肪酸などの易分解性有機物が消失し、この過程でフェノール化合物などの植物生育阻害物質も分解します。次いでヘミセルロース、セルロース、さらにリグニンが分解し、これらの過程で炭素は二酸化炭素として大気中に失われますが、窒素の相当部分は微生物に取り込まれて残存するため、炭素率(C/N比)は次第に低下し、土壤に施用しても急激な微生物の増殖や作物の窒素飢餓を生じない安定した堆肥化物となります。また、微生物の増殖に伴う発熱によって堆積物中の温度は60~70℃にも達するため、雑草種子や有害微生物が死滅します。さらに、切り返しによって十分に酸素を供給すれば、有機物の分解が促進されて悪臭物質の生成は抑制され、取扱い性も向上します(図2)。このようにして、取扱性、安全性、有効性を確保した良質な堆肥を、適量施用すれば、

土づくりに必要な多くの効果を期待できます（表1）。

表1 有機物施用の効果	
I.	植物養分としての効果（直接的効果）
1.	多量要素の給源
2.	微量要素の給源
3.	緩効的・持続的・累積的效果
4.	炭酸ガスの給源
5.	生育促進物質
II.	土の物理的・化学的性質の改善（間接的效果）
1.	土壌団粒の形成 孔隙分布、透水性、保水性、通気性 易耕性、耐食性の改善
2.	陽イオン交換容量の増大
3.	キレート作用 活性アルミナの抑制 リン酸の固定防止・有効化
4.	緩衝能の増大
III.	土の中の生物相とその活性の維持・増進（間接的效果）
1.	中小生物・微生物の富化・安定化
2.	物質循環能の増大
3.	生物的緩衝能の増強（有害微生物の突発的増殖）
4.	有害物質の分解・除去

（甲斐、1976）



図1 林地と耕地における有機物の蓄積と消耗

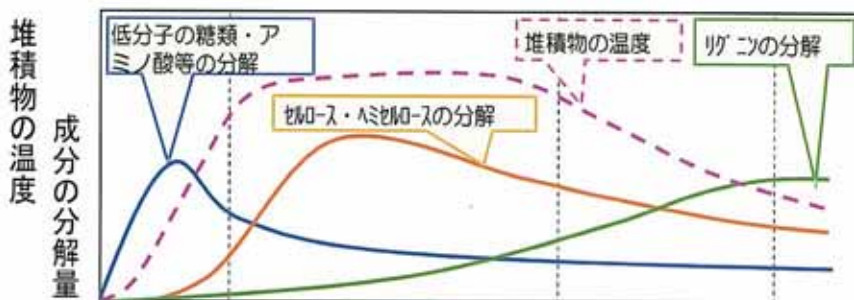


図2 堆肥化過程における成分の分解と堆積物の温度変化（西尾、1997）

第4部

環境と調和した肥料と施肥

Q1 化成肥料の特長はなんですか

肥料ひと粒のなかに窒素、リン酸、カリの三成分が、またはこのうち二成分が含まれる肥料を化成肥料といいます。化成肥料は、成分濃度によって普通化成と高度化成に分けられます。いずれも溶解性が高いため速効性であり、高濃度の肥料ほど、少ない撒布量で必要な施肥量をまかなうことができる便利な肥料です。

化成肥料は、肥料または肥料原料を使用して、これに化学的操作（化学的反応）を加えた肥料、あるいは2種類以上を混合し、造粒（1～4mmが多い）または成形したものです。わが国で使われている化学肥料の中で、最も流通量の多い肥料形態です。窒素・リン酸・カリ三成分の合計が30%未満の化成肥料を普通化成、30%以上を高度化成と呼んでいます。高度化成は窒素の形態が硫安系、尿素系、塩安系、硝安系などに分けられること、リン酸の全量あるいはその一部がリン安の形で含まれていることなどの特徴があります。リン安は土壌を中性に保ち、リン酸固定が軽減されること、含有アンモニアは土壌吸着され、流亡が少ないことが知られている。そのため、窒素、リン酸の作物による吸収・利用の高いことが一般的に知られています。

リン安は、アンモニアアルカリ性のうすいクエン酸液に溶ける可溶性または水溶性であり、溶解性が比較的高い肥料です。しかし、苦土の含まれる高度化成では、リン安が苦土リン安となり、溶解性のやや低いク溶性のリン酸（水に溶けにくい2%クエン酸に溶ける状態）に変わります。また、リン硝安カリや一部の尿素系高度化成も、リン酸はク溶性となります。このように、リン酸の溶解度の違いは、水溶性リン酸が最も速効性を示し、可溶性リン酸、ク溶性リン酸の順に遅効的となります。これの事実を踏まえて、気象条件や栽培条件に合わせて適切な肥料は選択できます。

一般に、高度化成は、硫酸や塩素などの副成分が少ないことから、土壌の酸性化が進みにくく、老朽化水田などに多く利用されています。なかには硫酸30%、塩素10%内外を含む硫加リン安やリン加安も存在しますが、三要素が高成分であるため、本肥料の施用量は相対的に少ないといえます。その結果、硫酸や塩素の土壌への投下量は、普通化成の2分の1以下に抑制することができます。高度化成のなかでも、尿素系ものは硫酸含量が少なく、また、リン硝安カリや硝加リン安など硝酸入りのものは、生理的中性肥料と呼ばれ、土壌をあまり酸性化しないことが知られています。

三要素を高濃度に含む高度化成は、うっかりすると必要以上の成分を過剰に施用しがちになりますので、成分量をきちんと計算して、たい肥などの有機物と併用し、適正な施肥を保つことが重要となります。

なお全農では、一定以上の有機物（有機物を20%、有機物に由来する窒素を1%以上）を加えた肥料を有機化成と呼んでいます。また、二成分系の化成肥料には、成分によってNK化成、PK化成などがあります。

主な高度化成と原料組成

種 類	原料組成
硫リン安系（硫加リン安など）	硫安、リン酸一アンモニア、塩加（硫加）
尿素硫リン安系	尿素、硫安、リン酸一アンモニア、塩加（硫加）
塩リン安系（塩加リン安など）	塩安、リン酸一アンモニア、塩加
苦土リン安系（リン加苦土安など）	硫安、苦土リン安、塩加（硫加）
リン加安系（リン加安、アンモホスカ、千代田化成など）	硫安、リン酸二アンモニア、塩加（硫加）
尿素リン加安系	尿素、硫安、リン酸二アンモニア、塩加（硫加）
硝リン加安系（硝リン加安、硝加リン安、ニトロリン加など）	硫安、硝安、リン酸二アンモニア、塩加（硫加）
リン硝安系（リン硝安カリ、加リン硝安など）	硝安、硝酸カリ、リン酸二アンモニア、リン酸二石灰
尿素系	尿素、硫安、リン酸二アンモニア、リン酸二石灰、塩加（硫加）
硝安系	硝リン加安系とほぼ同様
石灰窒素変成物系	グアニル尿素、ジシアンジアミド等のリン酸、硫酸塩とアンモニア、カリの複塩

注) 各タイプごとに、苦土、マンガン、ホウ素入り、有機入りのものがある。

(肥料便覧、農文協, 1997)

Q2 化学肥料には有害成分の規制があるのですか

肥料取締法の公定規格で定める肥料の有害成分は、硫青酸化物(チオシアン酸塩)、ひ素、スルファミン酸、亜硝酸、ピウレット性窒素、カドミウム、ニッケル、クロム、チタン、亜硫酸、水銀、鉛の合計 12 成分があり、それぞれ含有を許される最大量が規制されています。

多量要素や微量元素の有効な成分であっても、それが一定以上施用されると作物生育は阻害され、有害となります。しかし、公定規格で定める有害成分とは、慣行的な施肥量と施用法であっても、作物生育に有害となる成分であります。また、土壤環境の汚染を通じてそれが作物生産に悪影響を及ぼすような成分をいいます。さらに、有害成分は、肥料原料に由来する随伴成分または生産工程における化学反応で生産物として肥料中に混入するものをいい、人為的に添加される異物とは異なります。

有害成分の作物への障害は、作物によってその程度が異なります。本来、有害成分の規格は、厳密には作物の種類ごとに定めるものといえますが、便宜的に作物共通の規格となっています。したがって、有害成分の種類と最大量は、最も抵抗力の弱い作物を基準として決められています。また、土壤環境の汚染の原因となるものについては、肥料中の含有量、自然土壌中の含有量、肥料の施用量等を踏まえて、それぞれ相当の安全率を加味して規定されています。

現在、有害成分としては、硫青酸化物(チオシアン酸塩)、ひ素、スルファミン酸、亜硝酸、ピウレット性窒素、カドミウム、ニッケル、クロム、チタン、亜硫酸、水銀、鉛の合計 12 種類の成分について、含有を許される最大量が規制されています。

たとえば、肥料取締法で含有が許されるカドミウムの最大量は、化成肥料または配合肥料では窒素、リン酸、カリの各々の最も大きい主成分量の合計含有率 1%について、0.75ppm と決められています。仮に 14-14-14 の化成肥料を用いた場合、含有が許されるカドミウムの最大量は、42% (窒素 14%+リン酸 14%+カリ 14%) ×カドミウム 0.75ppm = 31.5ppm となります。

一方、混合有機質肥料のカドミウムの最大許容量は、窒素全量の含有率 1%につき 0.8ppm と決められています。仮に 6-1-1 の混合有機質肥料の場合、含有が許されるカドミウムの最大量は、窒素全量 6% ×カドミウム 0.8ppm = 4.8ppm となります。

農地に持ち込まれる肥料由来の有害成分は、その種類やその施用量によって異なりますが、カドミウムでは、土壤、河川、雨水などと比較してはるかに少ないことが知られています。しかし、より安全な作物を確保するためには、できるだけ有害成分の少ない肥料の選択も重要となります。

表1 汚泥肥料の有害成分の規制（肥料取締法）

有害成分	含有を許される有害成分の最大量
カドミウム (Cd)	5mg/kg 以下
ヒ素 (As)	50mg/kg 以下
鉛 (Pb)	100mg/kg 以下
クロム (Cr)	500mg/kg 以下
水銀 (Hg)	2mg/kg 以下
ニッケル (Ni)	300mg/kg 以下

表2 硫酸アンモニアの有害成分の規制（肥料取締法）

有害成分	含有を許される有害成分の最大量 (%) ; アンモニア性窒素の含有率 1.0%につき
硫青酸化物	0.01
ヒ素	0.004
スルファミン酸	0.01

表3 化成肥料の有害成分の規制（肥料取締法）

有害成分	含有を許される有害成分の最大量 (%) ; 窒素、リン酸またはカリのそれぞれの最も大きい主成分の合計量の含有率 1.0%につき
硫青酸化物	0.005
ヒ素	0.002
亜硝酸	0.02
ピウレット性窒素	0.01
スルファミン酸	0.005
カドミウム	0.000075
ニッケル	0.005
クロム	0.05
チタン	0.02
水銀	0.00005
鉛	0.003

Q3 過剰な施肥は環境にどのような影響を与えますか

肥料三要素のうち、環境に悪影響がもっとも出やすい成分は窒素といえます。硫安、尿素、化成肥料などに含まれる窒素は、施肥にともないその多くが作物に吸収あるいは土壤に吸着されます。しかし、吸収ないし吸着されない残りの窒素は土壤中で微生物作用により硝酸性窒素となり、それが地下に浸透し河川や地下水を汚染します。また一部の窒素は、一酸化二窒素などに形態変化し、地球温暖化に加担します。

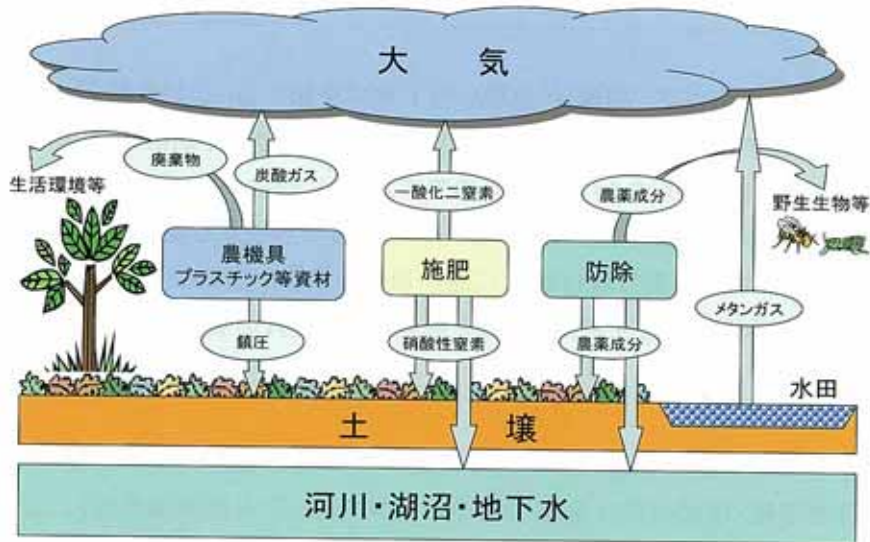
硫安、尿素などの窒素質肥料及び化成肥料に含まれる窒素は、畑ではおもに硝酸性窒素（硝酸態窒素）の形態で作物に吸収されます。土壤中に蓄積される有機性窒素も肥料同様、その吸収形態の主体が硝酸性窒素であることに相違ありません。なぜ、有機性窒素とかアンモニア性窒素ではなくて硝酸性窒素であるかといえば、それは、土壤中微生物作用（アンモニア化成、硝酸化成等）によって、有機性窒素からアンモニア性窒素へ、アンモニア性窒素から亜硝酸性窒素へ、亜硝酸性窒素から硝酸性窒素への転換がきわめて速いことによります。

硝酸性窒素はマイナスイオンで存在し、土壤にほとんど吸着されません。わが国では8月を除いて降水量が蒸発散量を上回るため、土壤浸透水の下方移動とともに地下水層に到達し、地下水を汚染します。たとえば、作物に吸収されないまたは収穫物としてもち出されないで、土壤溶液に溶けやすい窒素が、収穫後の土壤中に、10アール当たり8kg残存すると仮定します。また、平均降水量を1600mmとし、その2分の1が土壤中に浸透したとすると、このときの土壤浸透水の窒素（硝酸性窒素）濃度は、平均して10mg/lと算出されます。なお、わが国の地下水質の環境基準によれば、硝酸性窒素と亜硝酸性窒素の合計量は、10mg/l以下と定められています。

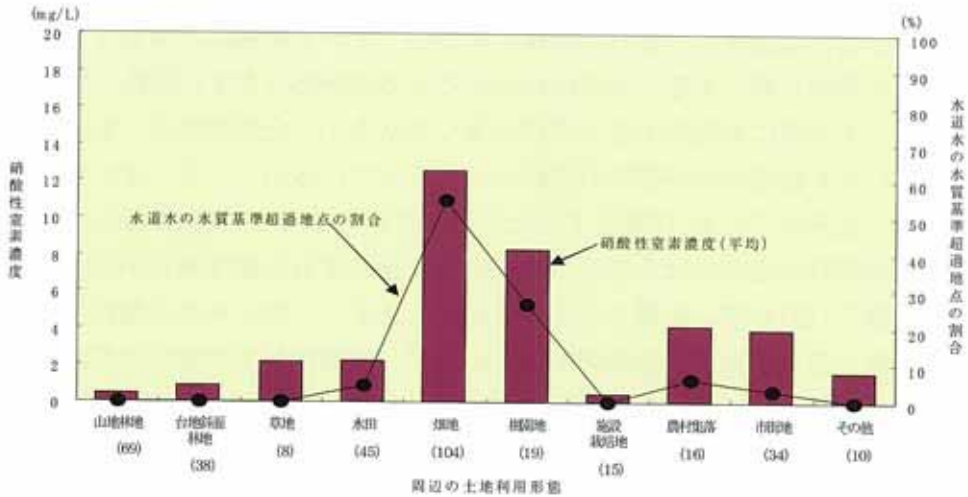
一方、二酸化炭素、メタンとともに地球温暖化に加担する一酸化二窒素（亜酸化窒素）は、土壤中での硝酸化成作用や脱窒作用の副産物として生成されます。農地での調査事例によると、一酸化二窒素の発生量は、窒素施肥量に応じて多くなり、土壤水分や温度の影響を受けることが知られています。

一酸化二窒素発生抑制技術としては、①土壤、作物診断に基づく適正施肥、②無機態窒素の過剰集積を抑制するための輪作作物の導入、③作物要求に見合った最適施肥、④持続的生産のための施肥基準の見直し、⑤作物生産におけるたい肥の再利用、⑥作物残さの再利用、⑦被覆肥料などの機能性肥料の活用、⑧肥料効率の高い施肥位置や葉面撒布の導入、⑨最適耕作のための水管理があげられます。

農業生産活動に伴う環境負荷



土地利用形態別の地下水の硝酸性窒素



資料：農業環境技術研究所「農村地域における地下水の水質に関する調査データ(1986～1990)」(1993年3月)

注：1) 全国26都道府県375地点の調査結果から、他の土地利用形態の影響を受けていると推定される水田等(17地点)を除外した358地点を集計
2) 「水道水の水質基準超過地点の割合」とは、土地利用形態別の調査地点のうち硝酸性窒素濃度が水道水の水質基準(10mg/L)を超過した地点が占める割合

3) 硝酸性窒素濃度の平均値は検出限界以下を0として算出

4) 括弧内は土地利用形態別調査地点数

Q4 環境と調和した施肥とはどのようなものですか

畑土壌から硝酸イオン(以下、硝酸)が溶脱し地下水に集積することが今問題になっています。肥料や有機資材を施用すると畑土壌では硝酸が生成しますが、硝酸は粘土に吸着されないで雨が多いと土壌から失われやすいのです。しかし植物が旺盛に生育していると植物は大量にそして急速に硝酸を吸収しますから、地下水に溶脱する量は少ないのです。植物による養分の吸収効率が高ければ環境に悪い影響をすることはありません。環境と調和した施肥とは、施肥時期、施肥位置、施肥量を最適にして養分の吸収効率を最も高くすることです。

植物は発芽し生長し始めた最初の段階ではあまり多量の養分を吸収しません。肥料は作業の都合で播種・定植の前に施用するのが通常です。そのため施用後はしばらく土壌中で植物養分(窒素・リン酸・カリウムなど)は高濃度に存在することになります。この間に多量の雨が降ると養分は下層に流され、植物の根が届かないところにまで動いてしまうことがあります。窒素は土壌中で動きやすい成分です。とくに畑土壌では硝酸に変化し(硝酸化成作用)、この形態では粘土に吸着されることがないので溶脱しやすいのです。溶脱した硝酸は地下水に集積し、富栄養化の原因となります。このような損失があることは施用した養分が無駄になるのですから経済的な損失ともなります。

窒素肥料の効率を高くするためにはいろいろな方法があります。施肥した後、播種・定植が遅れてその間に大雨があると溶脱が多くなります。全量基肥よりも分施のほうが効率が高いのも施肥成分が植物の吸収にマッチしているからです。雨の多い梅雨時に施肥するのを避けるため、作期をずらせるのもよい方法です。施肥位置も重要です。速効性の窒素肥料の場合にはあまり作物根に近く施肥すると濃度障害が起こりますので、肥料と種子(苗)の間に距離をおく必要があります。しかしあまり離れすぎると根が養分を吸収するのが遅れ施肥効率が低下します。被覆肥料では養分の溶出が遅いので濃度障害は起こりにくく、場合によっては種子(苗)と一緒に施用することができます。このような接触施肥により窒素の施肥効率が高くなることは水稻の全量移植箱施肥、あるいはメロン・トマトなどの野菜のポット内施肥などで実証されています(Q9参照)。

施肥量は硝酸の溶脱に大きな影響をします。右ページにはコムギの場合、窒素施肥をして収量を高めた時の硝酸の溶脱を調査したデンマークでの例を示しました。硝酸の溶脱は最大収量を越えて施肥すると多くなります。最大収量に達する前は植物によ

る吸収量が多いため溶脱は少ないのです。土壌からの硝酸の溶脱は施肥量が少なくても一定量はありますから、窒素の吸収量当たりの窒素溶脱量は最大収量の場合に最低になります。これは収量当たりの窒素溶脱量として考えても同様です。

最大収量が得られる以上に窒素肥料を施用すると硝酸の溶脱が急速に増加するとともに生産物の品質にも悪い影響が生じます。なによりも施用した肥料が無駄になるのです。なおこの図に示した窒素施肥量には化学肥料ばかりでなく家畜ふん堆肥やその他の有機資材からくる窒素もすべて含んでいます。このようなことはコムギばかりでなく他の作物の場合も同じです。土作りをして土壌の肥よく度を高めることはもちろん重要ですが、肥よく度の高い土壌では化学肥料を無施用でも硝酸の溶脱は増加することに注意が必要です。

肥料養分のうちリン酸は土壌中での移動性が低く、損失もあまりありません。リン酸は富栄養化の原因物質のひとつであり、環境への影響には要注意ですが、肥料からの損失量は通常はあまり大きくはないのです。むしろ家畜排せつ物、畜舎からの排水などに気をつける必要があります。カリウムは土壌中での移動性は窒素とリン酸の間であり、窒素のように環境への損失は大きなものではありません。またカリウムは放出されても環境への影響はあまり大きくはありません。河川・湖沼の水中にはもともとカリウムが多いので肥料から溶出したとしてもとくに影響することはないからです。

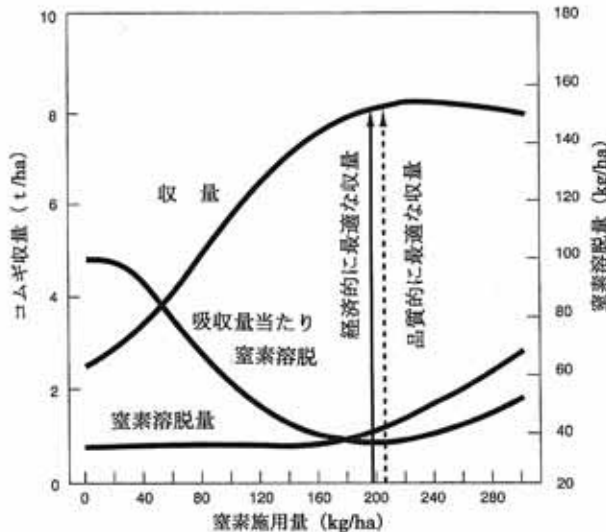


図 コムギ収量と硝酸塩の損失に及ぼす窒素施肥量の影響
(Kjellerup and Kofoed, 1983)

Q5 作物の適正施肥量はどのようにして決めるのですか

施肥は、作物が必要とする成分を必要とする時期に必要なだけ与えれば理想的といえます。これはいうことは簡単ですが、さまざまな環境条件で複雑に反応する作物の栄養生理をみれば、いかに難しいことであるかがわかります。そこで、施肥量は一般に、目標収量、養分吸収量、天然養分供給量、肥料養分の吸収率、有機物の養分量などを考慮して決めます。

古くから、農家では長年の経験や勘に頼って、栽培作物、圃場、気象の具合を総合的に判断し、施肥量を決定してきました。これを一般人が科学的に容易に理解できるようにしたのが、作物の養分吸収量から求めた必要成分量の考え方です。たとえば、野菜 100kg を生産するのに必要な成分量は表 1 に示すとおり、多くの試験例から算出され、平均値として表示されています。

表 1 野菜 100kg を生産するのに必要な成分量(kg)の目安

野菜	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
キュウリ	0.3	0.1	0.4	0.4	0.08
トマト	0.3	0.1	0.5	0.2	0.05
ナス	0.4	0.1	0.7	0.1	0.05
サヤエンドウ	1.6	0.6	1.1	—	—
サヤインゲン	1.0	0.5	1.0	—	—
イチゴ	0.6	0.2	0.8	0.5	0.2
夏キャベツ	0.5	0.2	0.7	0.3	0.07
ハクサイ	0.4	0.1	0.5	0.2	0.05
レタス	0.4	0.1	0.8	0.2	0.07
ホウレンソウ	0.5	0.2	0.4	0.1	0.2
カリフラワー	1.2	0.4	1.6	0.8	0.1
ネギ	0.2	0.05	0.3	0.2	0.02
タマネギ	0.1	0.06	0.2	0.1	0.03
早生ダイコン	0.2	0.06	0.2	0.1	0.02
カブ	0.4	0.2	1.0	—	—
ニンジン	0.8	0.4	1.7	0.6	0.08

なお、養分吸収量に種間差が認められる野菜は、いずれも根域に高濃度の養分を必要とする習性があるため、吸収量に一定の施肥倍率を乗じて施肥量を決めています。

なお、施肥倍率は土壌の種類によって異なります(表 2)。

施肥成分量(kg) = 作物吸収量 × 施肥倍率 - 土壌中の残存養分量

表2 土壌の種類と作物の吸肥力からみた施肥倍率

成分	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
作物吸肥力									
砂土	1.5	1.8	2.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.2	1.5
砂壤土	1.2	1.5	1.8	0.5~3	0.8~4	1~6	0.5	0.8	1.0
壤土	1.0	1.2	1.5	0.5~3	0.8~4	1~6	0.5	0.8	0.8
しょく壤土	0.8	1.0	1.2	0.5~3	0.8~4	1~6	0.5	0.5	0.8

注) A (強いもの): トマト、カボチャ、サツマイモ、ダイコン、ニンジン、アスパラガス、ソラマメ、インゲン、エンドウ

つぎに、水稻・コムギに対する施肥量の計算例を示します。

表3 水稻及びコムギの施肥量の計算例

作物	水稻			コムギ		
	玄米 600kg			玄麦 500kg		
目標収量 (A) kg/10a	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
成分						
収量 100kg を生産するのに必要な成分量(B) kg	2.41	0.87	1.97	2.98	1.20	2.40
目標収量を生産するのに必要な成分量(C) C=A×B/100	14.5	5.2	11.8	14.9	6.0	12.0
天然養分供給量(D)	7.0	3.4	7.3	5.0	2.2	5.9
補給すべき成分量 (E) E=C-D	7.5	1.8	4.5	9.9	3.8	6.1
肥料の利用率 (F) %	50	10	40	50	20	60
施肥すべき成分量 (G) G=E×100/F	15.0	18.0	11.2	19.8	19.0	10.2
肥料の種類	硫安	過石	塩加	尿素	ようりん	硫加
成分含量 (H) %	21	17	60	46	19	50
施肥量 (I) I=G×100×H	71.4	106	18.7	43.0	100	20.4

- 注) 1. D及びFは三要素試験で決める必要がある。
 2. たい肥等の有機質資材を施用する場合には、その成分量と肥効率を求め、Gから差し引く必要がある。
 3. 本計算法では、地力の減耗を考慮してない。

この場合、玄米、玄麦の必要な成分量は、土壌条件、品種、気象条件によって異なるので、補正が必要となります。天然養分供給量は、肥料の三要素試験から求められます。肥料の利用率は土壌の種類などによって若干の差がありますが、おおむねこの程度にみてよいでしょう。

Q6

堆肥など有機質肥料を使えば環境に影響を及ぼすことはないのですか

施用量によります。土壌中での分解が比較的遅い堆肥などでは、肥料的効果を確実にするためには施用量を多くする必要があります。そのため作物が収穫し終わったあとも分解が続き硝酸塩の溶脱が続くことがあります。土壌中で集積した有機物は土壌物理性の改善などの効果がありますが、同時に硝酸塩の溶脱の機会を増加させることも事実です。

ひとくちに有機質肥料と言ってもその内容は大きく異なります。普通肥料の公定規格で決められている有機質肥料は植物油かす、魚粉、骨粉など肥料成分が高いものばかりです。複合肥料（配合肥料や有機入り化成肥料など）の原料になっているのもこのような有機質肥料です。土壌中での分解も比較的速く効果も確実です。しかしこのような有機質肥料は生産量が限られ、また食用や飼料用としての用途があるために、それらと競合するので価格は高くなります。ダイズ油かす、ナタネ油かすなどはほとんどが輸入品ですから、有機農業という地元で作る循環可能な資材の理念からははずれます。輸入に依存した有機農業というのでは意味がありません。

普通肥料以外の有機質資材は成分の量、質により土壌中の分解性が大きく異なり、施用目的も違ってきます。表のように、窒素成分量が1~10%と多く、炭素-窒素比（C/N比、あるいは炭素率ということもある）が6~30の資材は窒素質資材に区分されます。土壌中での分解は比較的速く、窒素の効果が期待できます。汚泥類、家畜ふんなどが該当しますが、窒素の効果が出やすい反面、多量施用では地下水への硝酸塩の損失も大きくなりやすくなります。畑土壌で地下水汚染がみられるのは畜産地帯や畜舎の周辺が多いのです。

窒素成分量が0.5~1%、炭素-窒素比が30~120の資材には収穫残さ、ワラ類があり、繊維質資材に区分されます。土壌中での分解が遅い反面、土壌の物理性の改善効果が期待できます。ただし堆肥化しないと窒素飢餓がおき、作物が窒素不足となることがあります。

窒素成分量が0.5%以下、炭素-窒素比が150以上の資材には樹皮類、おがくずなどがあり木質資材と区分されます。土壌中での分解が遅いので窒素の効果はほとんど期待できませんが、土壌改良効果は高く、また持続します。比較的多量に施用しても地下水の硝酸塩の集積にはあまり影響しないと考えられます。

有機質肥料・資材の分類

種 類	C/N 比	N 含量 (%)	肥料または資材名
有機質肥料*	6~15	2~7	植物油かす、魚かす、骨粉など
窒素質資材	6~30	1~10	汚泥類、家畜ふん、都市ごみ、山野草など
繊維質資材	30~120	0.5~1	収穫残さ、イネ・ムギわら、もみがらなど
木質資材	150~1200	0.04~0.5	樹皮類、おがくず、枝など

* 普通肥料として公定規格が決められている肥料

骨粉などはリン酸資材として重要であるが、ここでは窒素のみで議論する。

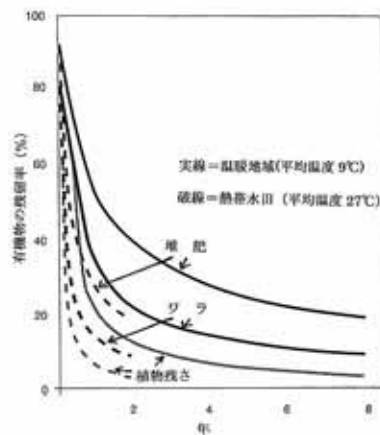


図 異なった有機物の土壌中における残留率と環境影響
(Janssen, 1993)。

実線は平均温度 9°C (温暖地域となっているが実際には寒冷地帯に相当) の畑。

破線は平均温度 27°C の熱帯水田。

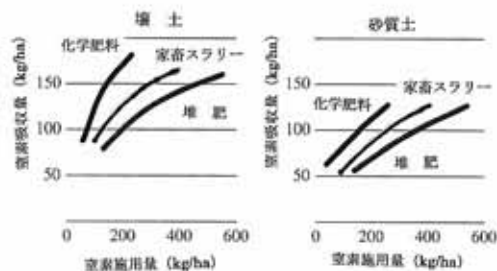


図 窒素施用量と窒素吸収量に及ぼす化学肥料、家畜スラリーおよび堆肥の比較。
(Kofod, 1985)。

Q7

環境に影響を及ぼさないために、堆肥の施用量はどう決めたらよいですか

有機物の土壌施用は土壌構造の発達、機能性の増大に加えて、養分の補給に大きく貢献します。とくに家畜ふんたい肥の適正施用量は、作物の生育・収量に大きな影響を及ぼす窒素成分に注目し、たい肥の含有窒素濃度、窒素の肥効率、土壌窒素濃度、窒素の施肥基準などを考慮して決定します。

家畜排泄物は、有機物資源として有効に利用されてきましたが、急激な規模拡大、生産者の高齢化と相まってその農業利用が困難な状況にあり、環境問題が顕在化しています。一方、資源循環型社会の構築、国民の環境意識が高揚するなかで、家畜排泄物の管理の適正化と、環境と調和した農業を確立するため、資源としての有効利用の促進が求められています。

最近の家畜ふんたい肥は、含有成分が高濃度化し、そのバラツキがおおきいことから、その平均的な濃度を的確に把握することが、施用量を決めるときの第1歩となります(表1、2)。つぎに、完全な生育を保障できる必要な窒素量を作物ごとにあるいは品種ごとに知る必要があります。これを知る手がかりとして、地域ごとの施肥基準が参考になります。さらに、たい肥の窒素の肥効率を調べます。これはたい肥中の窒素がどの程度有効かを化学肥料と比較したものです(表2)。以上の3項目だけでも施用量は決められますが、それだけでは不十分といえます。というのは、たい肥の連用により土壌に蓄積された窒素が、作物生育や環境負荷に少なからず影響を与えるからです。そのようなわけで、たい肥の施用量に一定の歯止めをかけておく必要があります。これがたい肥の代替可能率という考え方であり、必要な窒素量に占める家畜ふんたい肥窒素の割合を、牛ふんたい肥でおよそ30%、豚、鶏でおよそ60%に抑えようというひとつの目安があります。なお、土壌診断により土壌窒素量を求め、それに応じて施用量を正確に調節することもできます。

たい肥の適正施用量の求め方の一例を下記に示します

$$\text{たい肥施用量 (t/10a)} = \text{必要窒素量 (kg/10a)} \times \text{代替率 (\%)} / 100 \times 100 / \text{たい肥の窒素含有率 (\%)} \times 100 / \text{肥効率 (\%)} \times 1 / 1000$$

上記試算のなかで、たい肥の窒素含有率を乾物当たりの値で表示すると、たい肥の施用量は当然、乾物量で計算されたこととなります。したがって、たい肥は通常50~60%の水分を含むことから、現物たい肥(生のたい肥)でみると、その施用量は乾物量のおよそ2倍となります。また、10aあたり、必要窒素量を20kg、代替率を30%と仮定したとき、たい肥で代替できる窒素量は6kgとなり、残りの窒素14kgは化学肥料で補わなくてはなりません。なお、算出したたい肥中のリン酸、カリが施肥基準量を

超えた場合には、その量が基準値内に存在するようにたい肥の施用量を減じます。そのとき、不足が生じる成分は化学肥料で補い、施肥基準に示される三成分の量を確保します。

このように、環境保全型農業における適正施肥量の決定は従来とは異なり、まず、家畜ふんたい肥などの有機物の含有窒素量からその施用量を試算し、不足分の窒素は化学肥料で補足するという手順を踏むことになります。

表1 有機質資材の全炭素、全窒素及び炭素率

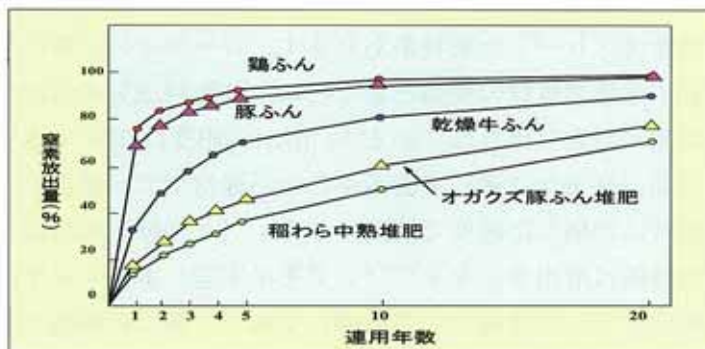
有機質資材	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N 比
鶏ふん	34.7	6.2	5.6
豚ふん	41.3	3.6	11
牛ふん	34.6	2.2	16
稲わらたい肥	27	1.7	15
麦わらたい肥	30	1.7	18
稲わら	38.0	0.49	78
麦わら	44.6	0.38	117
スギオガクズ	50.9	0.08	640

表2 家畜ふんたい肥等の含有成分とその肥効率 (%)

たい肥の種類	窒素 (N)	リン酸 (P2O5)	カリウム (K2O)
牛糞たい肥	1.4 (30)	1.2 (60)	2.6 (90)
牛液状きゅう肥	0.2 (55)	0.05 (60)	0.4 (95)
豚糞たい肥	1.8 (50)	1.7 (60)	0.7 (90)
乾燥鶏ふん	3.0 (70)	5.0 (70)	2.4 (90)

()内の数字は化学肥料の肥効を100とした場合の含有成分の肥効割合を示す。

堆肥連用に伴う窒素放出率の増加(志賀)



Q8

環境と調和した肥料にはどのようなものがありますか

化学肥料を速効性の肥料から緩効性に変えると土壌からの溶脱が少なくなり、また脱窒による亜酸化窒素などのガスの発生が少なくなる可能性があります。このような肥料には化学合成緩効性窒素肥料、被覆肥料、硝酸化成抑制剤入り肥料があります。また多量に発生して処分のやっかいな家畜ふん堆肥をペレット化し使いやすくした肥料もまた環境と調和した肥料になるでしょう。

化学肥料の形態を変えて速効性の肥料から緩効性の肥料にする方法にはいくつかの方法があります。大きく分けると化学的に窒素化合物の形態を変えた化学合成緩効性窒素肥料、速効性肥料の周囲を非透水性の被膜でコーティングし物理的に溶出を変えた被覆肥料（コート肥料）があります。また化学薬品を使って土壌中において窒素の形態変化をする微生物の活動を抑制することにより窒素肥料の効果を制御する微生物的な方法もあります。

化学合成緩効性窒素肥料は1960年代から開発されました。水に溶解しやすい窒素肥料を化学的に変化させて水に溶けにくい化合物にするか、あるいは土壌微生物が分解しにくい化合物を使っています。窒素含量が高い尿素にアルデヒド類を反応させて作ったものが多く、アルデヒドの種類によってウレアフォルム、IB、CDUなどが開発されました。また出発原料がやや違った緩効性窒素肥料にグアニル尿素、オキサミド、グリコールウリルなどがあります。多くは化成肥料に入れられ、粒径、硬度などを変えることによって分解の速度を調節し、作物の種類などによってそれぞれ施用効果が高くなるように工夫されています。

被覆肥料は粒状の速効性肥料をコーティングして作ります。被膜として樹脂を使った肥料と溶融硫黄をスプレーした肥料があります。コーティング膜の厚さ、均一さ、肥料の溶出を制御する添加資材の種類と量などにより肥料成分の溶出の速度、パターンが違った種々の製品が売り出されています。溶出の速度は25℃の水中で含有成分の80%が溶出する期間（日または週）で表示するのが通常です。溶出パターンには単純溶出（存在成分濃度に比例した速度で溶出）のタイプと初期一定期間（ラグ期間）は溶出せず、その後急速に溶出するタイプ（シグモイド型）があります。シグモイド曲線は生物の生長速度を表した曲線（S字曲線）であり、多くの植物の養分吸収速度もこの曲線となるので、被覆肥料の場合も植物による窒素吸収にマッチしやすいと考えられています。シグモイド型の溶出をする被覆肥料にはSという記号がつけられてい

ることがあります。

被覆肥料からの肥料養分の溶出速度は温度に影響されやすい性質があります。そのため夏に溶出する速度は早く冬には遅い性質があります。溶出期間と表示された日数（あるいは週）は25℃の場合の速度ですから、季節あるいは地域によっては表示したより遅れたりあるいは早くなったりしますので調節する必要があります。このような溶出を地域の条件に合わせて予測するソフトが開発されています。全農で開発した「施肥名人」は被覆肥料の溶出ばかりでなく堆肥、家畜ふんなどの分解速度も予測し、作物・地域に合わせて最適な肥料の配合比などを示してくれる優れたものです。

硝酸化成抑制剤は、土壤中でアンモニウムから硝酸への形態変化（硝酸化成作用）をする微生物の働きを抑える薬品であり、ジシアンジアミド、ST、AM、DCS などがあります。硝酸の生成が遅れ土壤からの溶出が抑えられますので地下水での硝酸の集積を抑制する効果があります。また窒素化合物が気体になって損失になる脱窒も抑制しますので温暖化効果ガスである亜酸化窒素の発生抑制効果も期待されています。ハウスで発生する酸性ガス障害も脱窒が過度に起こることが原因ですから硝酸化成抑制剤の使用は効果的であり、「ガストップ」という商品名の抑制剤もあります。

家畜ふん堆肥をペレット化した肥料も環境保全的な肥料に入るのでしょう。堆肥類は重要ですが、重く取り扱い性が悪いなどの欠点があり、また成分の比率も最適とはいえません。堆肥に化学肥料を補いペレット化することでこのような欠点を補おうと研究されていますが、今のところコストなどにまだ問題が残されています。

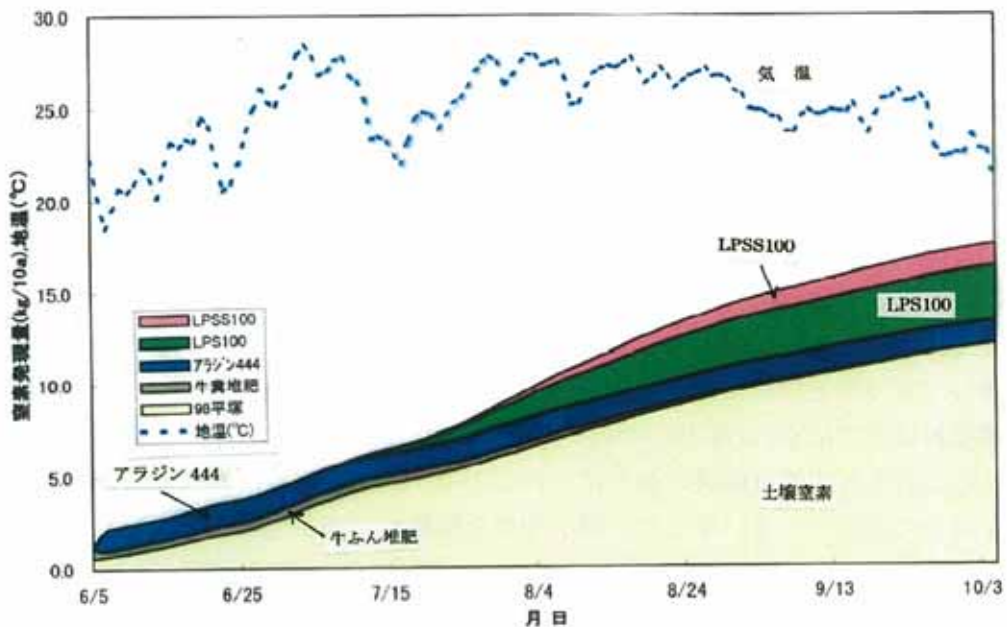


図 施肥名人を使った全量基肥体系での窒素発現の推定例（平塚、1998 の場合）

Q9

環境と調和した施肥技術にはどのようなものがありますか

土壤の一定位置に局所的に施肥したり、被覆肥料を育苗箱、ポットあるいはセルに植物が必要とする全量を一度に施用する技術によって施肥効率を飛躍的に向上させるとともに省力化が可能になっています。施肥時期、施肥位置、施肥量などの最適化とともに新しく開発された技術を活用することによって環境と調和した施肥が可能になります。

環境と調和した施肥技術はひとつの確立した技術体系ではありません。「化学肥料に替えて有機資材を」といっても、地域によって入手できる資材は異なりコストも違います。第一、環境に対する影響の大きさも地形、土壤、気象条件、あるいは作物の種類、栽培時期によって違いますから、環境と調和した施肥技術の導入の必要性もまた地域によって違っているはずです。地域の環境条件に合わせて施肥時期、施肥位置、施肥量などを最適化し、地域にある有機資材などを活用するなど、多様な技術（地域に特異的な技術）の導入がもっとも重要です。

側条施肥は植物に根の近くに施肥することにより施肥効率を高める技術です。しかしあまり植物根に近いと濃度障害が起こるので施肥位置が決められています。機械施肥の場合には施肥位置を一定にすることができますので、欧米の畑作農業では早くから側条施肥は普及しました。しかしわが国で注目されたのは水田における側条施肥でした。ペースト肥料の開発により多湿条件で作業をしなければならない水田においても可能になったのです。その後、施肥機械や肥料の物理性の改善などにより粒状肥料でも側条施肥が普及し、今ではペースト肥料を越えています。水田での側条施肥は肥料を土層に一定の深さに施用しますので脱窒は起きなく窒素の利用効率が高くなります。今では被覆肥料を組み合わせた施肥技術も開発されています。

施肥位置の改善は野菜でも行われています。全面マルチをした野菜畑で施肥位置をずらして2作分を一度に施肥する技術も開発されました。この場合には被覆肥料をうまく使って省力化と溶脱防止を図っています。

被覆肥料はすでにQ8に解説してあります。その特徴のひとつは、肥料養分の溶出が徐々に行われるため濃度障害が起きにくいことです。被覆肥料はこれまでの施肥位置の概念を完全に変えてしまいました。種子や根と接触して施肥することができるようになったのです。根の近くに施肥することによって肥料の利用率は大幅に向上しました。これを極端まですすめたのが接触施肥であり、水稲での育苗箱全量施肥、野菜などでのポット・セルへの全量施肥が開発されました。全量施肥では育苗期間はもとより、移

植後に必要となる肥料養分までもすべて育苗箱やポット・セルに一度に施用してしまい、被覆肥料の粒を根にからませたまま移植するという技術です。弁当を持たせて移植するということで「弁当ごえ」という人もいます。

下図は水稻の育苗箱施肥で窒素の利用率が驚異的に高くなった例を示しています。硫アンの表面施肥に比較して育苗箱施肥（接触施肥）では10倍近くも利用率が高くなりました。野菜のポット全量施肥でもすばらしい結果が出ています。下表はメロンの例ですが、トマト、キュウリ、セルリーなどでも成功しています。セルでの全量施肥はセルの容量が限られているのでまだ完全な技術とまではいえませんが、キャベツなどでよい結果が得られています。

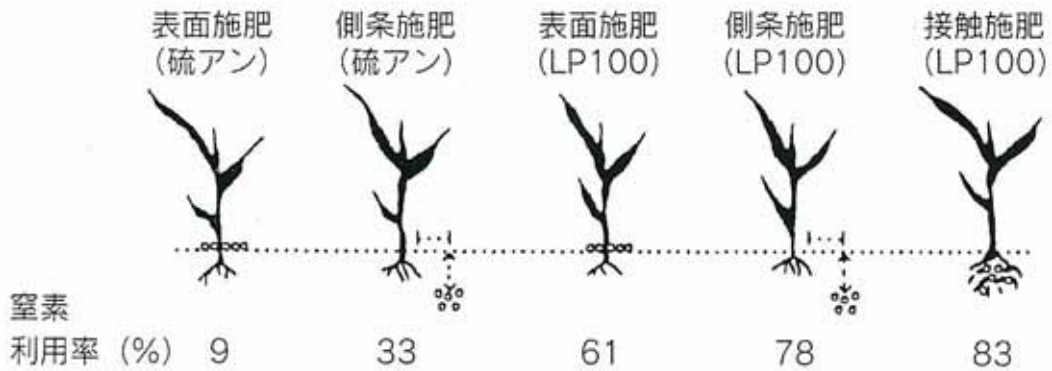


図 基肥窒素の形態と施肥位置が水稻の窒素利用率に及ぼす影響
(金田、1995)

表 アールスメロンに対する育苗ポット全量施肥の効果
(全農 営農・技術センター 肥料研究室、2000)

処理区	窒素肥料	窒素施肥量 (g/株)	果実重量 (g/個)	Bx 糖度
慣行分施	硝アン	6 + 4	1177	14.5
ポット施用	S80	8.0	1203	14.6
同上	同上	6.0	1180	14.6
同上	S70+S80(8+2)	8.0	1175	14.6
同上	同上	6.0	1177	13.9

Q10 環境中に養分を排出しない施肥技術があるのですか

栽培環境を養分的にクローズド・システムとすることができれば環境中に養分をまったく排出しないで施肥をすることができます。このような技術として養液栽培があり、とくに養液土耕技術が注目されています。この技術では灌水と施肥を同時に行うことができ、灌水量の調節によりまったく排水をださないことが可能です。肥料養分の利用効率が高く、また作業の自動化、コンピューター制御も可能になりますので省力効果も高いものがあります。

露地栽培では、多量の降雨があると水は土壌の下方に移動し、その際に養分も溶脱します。降雨を遮断して栽培する方法、すなわち施設栽培ではこの水分の下方への移動は基本的にありませんから、養分の溶脱もありません。実は施設栽培では塩類集積が問題になりますが、これは水の下方移動がなく（むしろ蒸発により上方移動が起こっている）、溶脱がないからです。ただこの塩類集積があるために、ときにビニルをとって雨にさらして「土壌を洗浄する」こともあるので、長期的にみると養分が環境に放出されることがあります。塩類の集積は主として肥料中の副成分（塩化物イオン、硫酸イオンなど）によるので、このような副成分の量を少なくした塩類集積回避型肥料（ノンストレス肥料）もありますが、これだけでは環境中に養分を排出しない肥料とはいえません。

灌水の量を制限し、水分の下方移動を起こさせないようにした養液栽培法があります。灌水チューブを使って点滴法で水を植物の近くのみには供給すると水の利用効率が高くなり、また植物の根の形を水が供給される部位に集中させるようにすることができます。この灌水の際に肥料養分を必要なだけ供給すると養分の溶脱による損失が起きないので利用効率を高くすることができます。

実はこの技術はイスラエルなどの乾燥地農業で発達しました。それを施設栽培に応用したのが灌水施肥あるいは養液土耕です。灌水はコンピューターで制御することにより一定時間、一定間隔で行い、水が過剰にならないようにし、養分はこの灌水の際に水に混合して行います。肥料は例えば一日一回だけ混合するなどの制御が簡単にできます。施肥量は植物の生育に合わせて量を最適になるように制御し、肥料としては副成分が少なく塩類が集積しないような養液栽培用の液肥を使っています。

養分の供給量の過不足は植物の栄養診断で可能です。生育期間中に随時、植物の栄養状態を診断するリアルタイム植物栄養診断技術が最近急速に進歩しています。植物の葉（間引きした植物やわき芽などを利用することもある）をとり、葉や葉柄の搾汁などの硝酸・リン・カリウムなどの濃度をその場で迅速に測定することが可能になっています。このリアルタイム診断と灌水施肥を組み合わせることによって、植物の生育に合わせた養分供給をすることができ、環境に養分を排出させない栽培が可能になり

ます。

灌水施肥では装置に費用がかかる難点があります。これについては被覆化成肥料を給水タンクに浸漬して徐々に溶出した養分を供給する工夫（宮崎総農試、2001）などが提案されています。

養液栽培では水耕技術も有力です。ただこれまでは養液を毎回使いきりとし、植物が吸収して濃度が低くなった養液は捨てるのが通常でした。これではクローズド・システムとはいえません。低下した養分を補充し養液を完全に循環させると環境に養分が排出しないですみますが、養分のバランスが崩れて分析に手間がかかるとか、養分を補正するための肥料の種類が多くなるなどの難点があります。病原菌がしだいに増加するので殺菌処理が必要になるかもしれません。しかしこのような問題点も技術的には克服できると思います。

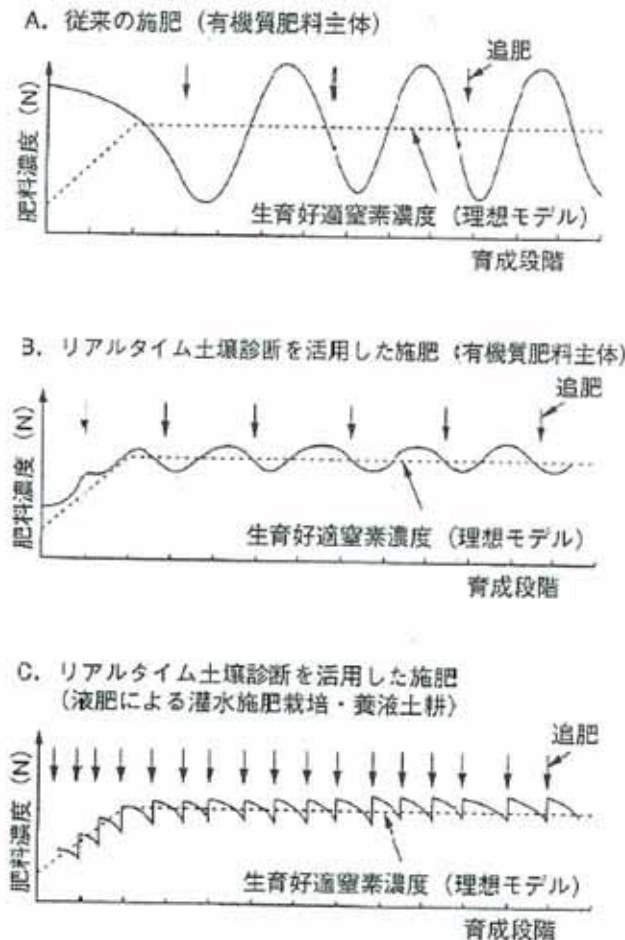


図 リアルタイム診断を活用した施肥の方法と肥効パターン
（愛知県農試・加藤）。

おわりに

環境問題は、通常の事業活動や日常生活が原因となっており、これを解決するためには、大量生産－消費－廃棄という社会から持続可能な社会に転換していくことが重要と考えられています。このことは農業にも当てはまり、新たに策定された「食料・農業・農村基本計画」では、改革の視点の一つとして、「環境保全を重視した施策の展開」が取り上げられています。そして、この施策を推進するために、「農林水産環境政策の基本方針」、「環境と調和のとれた農業生産活動規範（農業環境規範）」、「食品安全 GAP（適正農業規範）」、さらに環境保全を含む先進的な営農活動を進めるための新たな支援策「農地・水・環境保全向上対策」などが公表されています。

これらの施策はいずれも農林水産省ホームページに掲載されていますので、誰でも見ることができますが、掲載されている場所や内容がわかりにくいということがあるかもしれません。そこで、この冊子のなかで、これらの施策の概要について簡単にご紹介することとしました。

しかし、これら施策の内容を見ると、「化学肥料や化学合成農薬の大幅低減など環境にやさしい農業」とか「化学肥料や化学合成農薬の使用を原則5割以上減らすこと」などと書かれており、このまま素直に読めば、化学肥料は環境に悪いものと思われるのではないのでしょうか。化学肥料は作物生産に絶対必要な資材ですし、適切に使用すれば環境に悪い影響を与えるものではありません。化学肥料自体よりもその使いすぎが問題なので、効率的な施肥技術を用いることが必要と考えられます。

この冊子では、環境と調和した農業を進めるための施策の紹介に始まり、土の診断や作物の栄養診断がなぜ必要なのか、土や作物の診断を簡単に行うにはどうすればよいのか、土づくりはなぜ必要か、土づくりはどのように行えばよいのか、環境と調和した施肥とはどのようなものか、環境と調和した肥料にはどのようなものがあるか、環境と調和した施肥技術にはどのようなものがあるか、などの疑問に答える形で解説をしてきました。これにより、化学肥料を適切に使用するための様々な技術が開発されており、これらの技術を使えば化学肥料でも環境に負荷を与えないことなどがお解りいただけたかと思います。

本冊子が、土と化学肥料を正しく理解するための一助になれば幸いです。当協会では、この他にも化学肥料に関する資料をいくつか発行していますので、それらもご参照下さい。

環境と調和した施肥と土づくり

執筆委員

藤沼 善亮 農学博士

元・農林水産省 中国農業試験場 場長

越野 正義

元・農林水産省 農業環境技術研究所 資材動態部長

樋口 太重 農学博士

元・独立行政法人 農業環境技術研究所
化学環境部 重金属研究グループ長

藤原 俊六郎 農学博士

神奈川県農業技術センター 副所長兼企画調整部長

木村 武

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
中央農業総合研究センター 土壌肥料部 資材利用研究室長

原田 靖生 農学博士

元・独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
中央農業総合研究センター 土壌肥料部長

平成 18 年 6 月

編集・発行

日本肥料アンモニア協会

東京都中央区日本橋室町 3-1-6

磷酸倶楽部ビル

TEL. 03-3241-0101

FAX. 03-3241-0919

環境と調和した
施肥と土づくり



発行 日本肥料アンモニア協会
〒103-0022 東京都中央区日本橋室町3-1-6
 磷酸倶楽部ビル
TEL.03-3241-0101 FAX.03-3241-0919
ホームページ <http://www.jaf.gr.jp/>
E-mail : web_master@jaf.gr.jp